

HISTORIA RECIENTE DEL PAPEL: CAMBIOS EN LA TECNOLOGÍA DE PRODUCCIÓN Y MANIPULACIÓN

Juan V. Teodoro Vidal. Químico.

Director del Museo Casa de la Moneda.

jteodoro@gmail.com

Resumen

En tiempos recientes hemos vivido cambios radicales en la fabricación de papel debido a la introducción de tecnologías nuevas, tanto en la composición como de medios de fabricación y manipulación. Los cambios se han producido muy rápidamente, en unas pocas generaciones. Propiedades físicas como resistencia, porosidad, propiedades ópticas; y otras intrínsecas, como la estabilidad frente al amarilleamiento y sensibilidad al ataque de microorganismos, se han visto afectadas. Algunos de los cambios son 'neutros' en lo que respecta a la durabilidad de los productos obtenidos, pero otros afectarán de forma notable en la esperanza de vida del papel y los objetos que lo emplean como soporte.

Palabras clave: tecnología, producción, cambio, calidad, durabilidad.

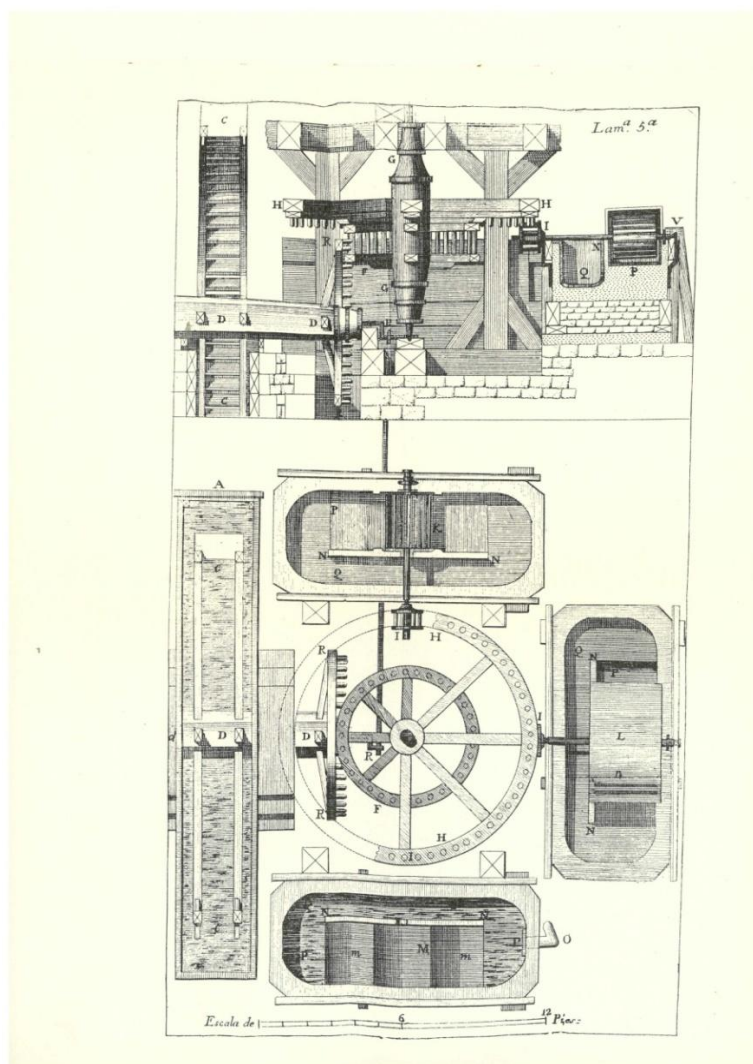
Abstract

Recently we have experienced radical changes in the manufacture of paper due to the introduction of new technologies, not only in the composition but also in the production procedures and manipulation. Changes happened in a short period of time, just some few generations. Physical properties like strength, porosity, optical properties; and some other intrinsic, like the yellowing stability, and sensibility to attacks performed by microorganisms, have been affected. Some of them are 'neutral' to the durability of derived products, but some other will affect clearly to the life cycle of the paper and the other objects that use paper as a raw material.

Keywords: technology, production, change, quality, durability.

1.- Evolución de la fabricación del papel

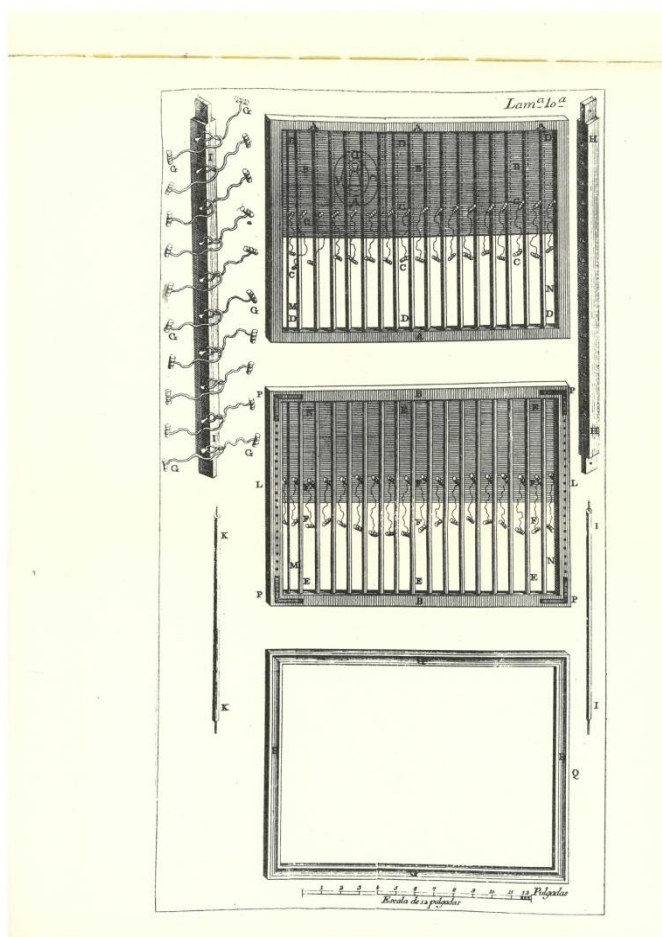
Durante siglos el papel se fabricó con técnicas artesanales: desempolvado, limpieza, desfibrado y refinado de la fibra procedente de trapos textiles, formación de la hoja a mano con la papilla de fibras en suspensión en formetas individuales, prensado de postetas, encolado por inmersión con cola animal en caliente, secado al aire, alisado hoja a hoja en prensa tipo batán. Aun así resulta admirable, la esmerada organización y optimización de los oficios y recursos que se desprende de los textos y figuras que se publicaron como parte de las obras de divulgación en la época de la Ilustración. Me gusta recordar en este punto el famoso libro del Marqués de la Lande, “Arte de hacer papel, según se practica en Francia, y Holanda, en la China, y en el Japón”, cuya traducción por D. Pedro Marín se publicó en Madrid en 1778, al que me remito para ilustrar muchos de los detalles que se mencionan en las siguientes descripciones sobre el modo de fabricar el papel en época de la incipiente industrialización y al que pertenecen la mayoría de las ilustraciones.



(Figura 1.- La Lande, Mr. de (1778)-Arte de hacer papel_L5-pilas)

También en lo que respecta a la normalización, en particular de tamaños y gramajes, la industria papelera ha sido pionera por motivos prácticos: conseguir un producto reproducible, que mantenga sus propiedades a lo largo de toda una publicación.

Los papeles hechos a mano solían tener una firma consistente en la huella de la filigrana incorporada a la formeta, con la que se identificaba el molino de fabricación. Esta filigrana era la forma más simple de marca de agua, pero permitía indicar el origen de la fabricación y era una manera sencilla de fidelizar a los clientes, que podían escoger entre los distintos fabricantes, a la vista de los resultados obtenidos con el papel de un determinado origen.



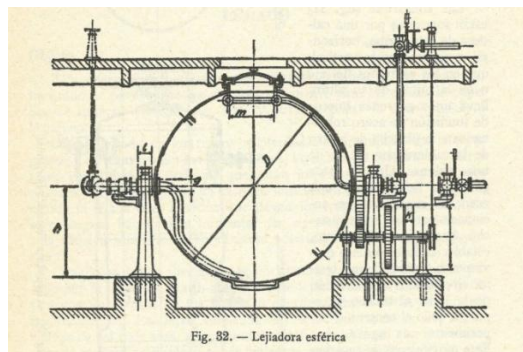
(Figura 2.- La Lande, Mr. de (1778)-Arte de hacer papel_L10-forma)

Un salto cualitativo fue sustituir la fabricación de la hoja a mano por la fabricación de la hoja en continuo, la máquina de mesa plana inventada en 1779 y posteriormente la máquina de forma redonda. Naturalmente no se quedaba ahí la cosa, puesto que era preciso proveer de un sistema de prensado, de secado y alisado también en continuo. La ingeniería fue consiguiendo diseños de las máquinas cada vez más eficaces, que fueran resolviendo los problemas de frecuentes roturas de las hojas, de su regulación y ampliando y adaptando la capacidad de refino de las pastas. Posteriormente, muchos procesos que se realizaban en pasos sucesivos, se fueron incorporando al proceso en continuo. Por ejemplo el encolado y el calandrado. Una máquina que hace muchas operaciones a la vez necesita que sus distintas partes trabajen al mismo ritmo, porque de lo contrario funciona al ritmo de la operación más lenta. La mejora permanente de la fabricación en continuo ha sido un proceso al principio muy

progresivo y lento, en el que se han ido sucediendo avances poco a poco conforme se encontraba un nuevo cuello de botella, pero que en el último medio siglo se ha acelerado de forma vertiginosa.

Naturalmente con la aparición de la fabricación en continuo se perdió la filigrana de los molinos. Surgieron alternativas, como la de incluir un rodillo desgotor que marca la hoja todavía muy húmeda sobre la mesa plana de formación, mediante unos relieves en la tela que lo cubre. Este rodillo habitualmente llamado dandy roll produce unas marcas de agua menos nítidas que las filigranas de los molinos, pero la marca siguió así identificando al fabricante. Además, en algunos casos se incluye un patrón de marcado que intentaba reproducir las huellas que en el papel hecho a mano dejaban los alambres, como una verja, dándose a este papel el nombre de papel verjurado. Mientras tanto en las fábricas de papel para ciertas aplicaciones especiales, como el papel de billetes, generalmente producido con forma redonda, se siguió manteniendo la tradición de la marca de agua. La marca de agua en forma redonda supera a la filigrana obtenida en el papel a mano, porque puede hincarse la tela con troqueles para que tenga relieve y reproduzca un retrato o un objeto con diferentes tonos o sombras que se forman en este caso por una variación en el espesor producido por la mayor o menor deposición de fibras. La marca de agua sombreada se constituyó en la principal garantía de autenticidad para los papeles de billetes, compitiendo en su eficacia con el sello en seco, obtenido este último 'imprimiendo' el papel con planchas con relieve, pero sin tinta.

Los trapos de las fibras textiles, habitualmente desechos de camisería, dejaron de ser suficientes para cubrir una demanda creciente de materia prima, con el auge de la fabricación en continuo que crecía en paralelo a la publicación masiva de libros y periódicos y con el uso también creciente del papel y derivados en los embalajes industriales y del papel como soporte del marketing o imagen de marca en la distribución y venta de mercancías. Se fueron desarrollando, con pruebas y mejoras permanentes, procesos de fabricación de fibras papeleras procedentes de otras fuentes, tanto de plantas de crecimiento anual, como de madera de distintos árboles. Las fibras procedentes de plantas de crecimiento anual, en general, se parecen más a las que procedían de los trapos. Entre otras cosas por tener menos ensuciantes o sustancias impregnantes.



(Figura 3.- Costa, Jorge (1962)-Manual del Fabricante de Papel-Lejiadora de bola)

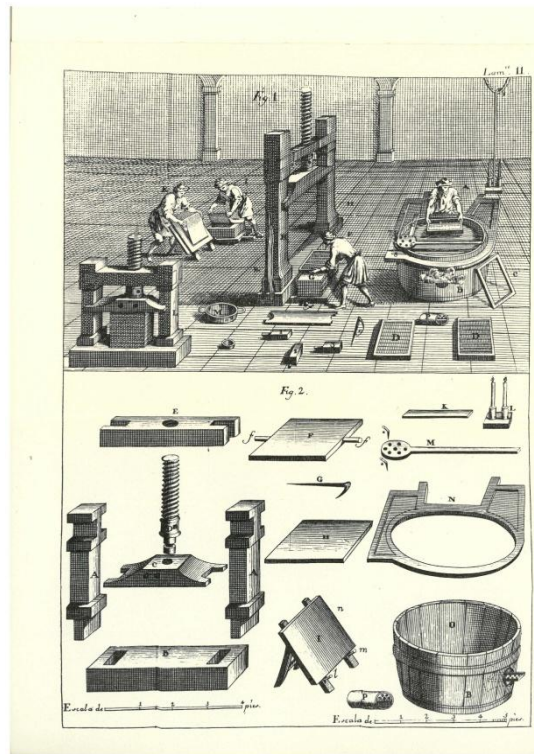
La madera apenas contiene la mitad de su peso en celulosa y el resto son sustancias, como lignina, almidón y polisacáridos, colorantes y aceites naturales, etc., que hay que remover en distinto grado según se desee obtener una fibra con mayor o menor contenido en celulosa. Los tratamientos para purificar la celulosa empezaron siendo muy alcalinos, con la consiguiente merma de fibras y fragilidad, ya que en medio alcalino no solo se disuelven la lignina y almidones, sino que también la celulosa se ataca. Se fueron luego produciendo grandes avances y cambios en los tratamientos de las pastas y así surgió toda una gama de tipos de pasta según su origen y proceso.

Las pastas de madera son típicamente de dos clases: de resinosas, como el pino, que producen papeles más resistentes, aunque menos opacos; o de frondosas, como el eucaliptus, el mayor componente en papeles para impresión y escritura, en los que la resistencia no es vital pero se requiere una mayor opacidad. La mayor división dentro de los tratamientos es el que da lugar a pastas mecánicas, con un alto contenido en lignina y un mayor rendimiento de celulosa obtenida respecto de la madera empleada, apta para papeles de embalaje en los que no es prioritaria la blancura de la hoja, y pastas químicas, blanqueadas o no, en las que el rendimiento es menor pero la pasta obtenida es de más calidad.

La creciente sensibilidad social ante procesos que afectan al medio ambiente ha hecho que estos nuevos procesos hayan tomado la orientación de minimizar y evitar, en la medida de lo posible, también el uso del cloro y otros compuestos nocivos. La fabricación de pasta, que era la primera parte en el proceso de fabricación del papel se fue segregando de éste, haciéndose independiente, de forma que una fábrica de pasta generalmente alimenta muchas fábricas de papel, y sus procesos han ido además modificándose continuamente en el sentido indicado de hacerse más amigable con el medio ambiente.

En un primer momento los suministros de fibras procedentes de trapos quedaron relegados al uso en papeles especiales que requerían las mayores prestaciones, como el papel moneda y los papeles de arte. La irrupción de las fibras sintéticas y las mezclas en la industria textil, hizo que también en estas calidades de papel resultara inadecuado seguir empleando fibra textil como fuente de suministro, por la contaminación que podían suponer, y las fábricas de papeles especiales pasaron a emplear suministro de algodón procedente de fases previas de tratamiento de la planta, antes de transformarlo en hilo, en lugar de desechos de ropa usada.

En cualquier caso la fibra textil, que era común antes de la Revolución Industrial, pasó a ser marginal en el momento actual. Siendo la fibra procedente de la madera obtenida de diversas formas la predominante, conforme se fueron introduciendo también medios de fabricación del papel en continuo, tras las invenciones de la mesa plana y luego de la forma redonda.

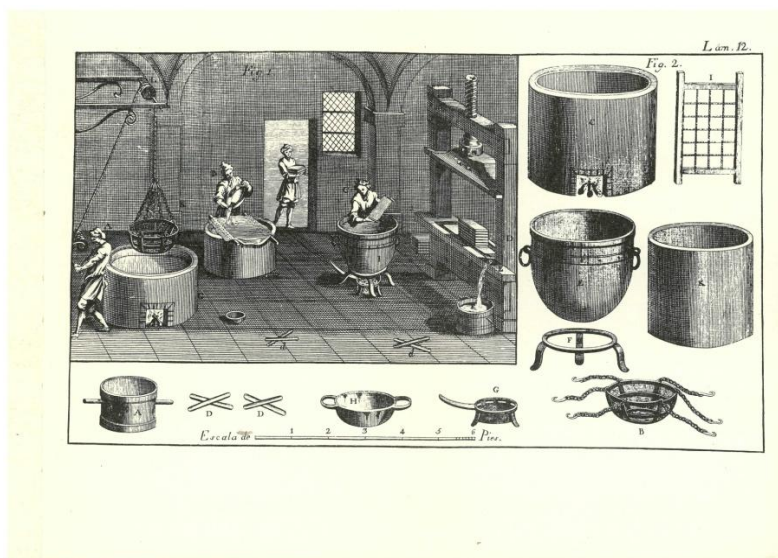


(Figura 4.- La Lande, Mr. de (1778)-Arte de hacer papel_L11-formacion)

Un proceso paralelo al de la sustitución de las fibras tradicionales por las basadas en pasta de madera y al de la sustitución de la fabricación hoja a hoja por el de la fabricación en continuo, ha sido la variación sustancial de la química relativa a la fabricación del papel en la fase de formación de la hoja. Básicamente el proceso clásico partía de fibras muy próximas a las vegetales nativas, en las que la química no jugaba prácticamente ningún rol, para transformarse en una fabricación completamente dependiente de reacciones químicas para eliminar las sustancias ajenas a la celulosa en el proceso de preparación de la pasta de celulosa a partir de la madera. El encolado clásico con gelatina o con almidón se podría entender como un proceso puramente físico mediante el que la cola produciría la oclusión de los huecos entre fibras, dando como resultado una masa compacta, que además se acabaría de compactar por efecto del prensado, pero los encolantes modernos se depositan por medio de reacciones químicas que ocurren en las tinas de pasta refinada, antes de alimentar la máquina de formación.

Con la fabricación en continuo se introducen progresivamente otros encolantes que funcionan de forma distinta. Por un lado se introdujeron los encolantes en masa a base de jabones de colofonia o resina de pino, que se precipitan en medio ácido conseguido por la adición a la masa de fibra de una disolución de sulfato de aluminio. La adición de los encolantes en masa se produce tras la fase de refino, en las tinas de espera de la pasta, donde ésta se encuentra en permanente movimiento y agitación esperando su turno para ir a la máquina de papel, con lo que no se precisa un proceso específico de encolado tras la formación de la hoja, y con ello se gana tiempo y se evitan problemas de uniformidad del producto y

por tanto, de calidad. Estos encolantes producen una hoja más porosa, necesaria para métodos de impresión también más rápidos y no se limitan a modificar las propiedades de absorción de agua de la hoja, sino que también mejoran bastante la retención de finos, colorantes y cargas. Solo que tienen el problema de producir efluentes, de la fábrica de papel, ácidos y estropean su durabilidad frente al envejecimiento derivado del paso del tiempo, debido a la acidez residual que queda en la masa del papel. Un papel fabricado con esta técnica suele tener un pH ácido aunque muy buenas propiedades de “carteo”, recordando remotamente lo que ocurre cuando se encola el papel con gelatina o si lleva un apresto de almidón importante.



(Figura 5.-La Lande, Mr. de (1778)-Arte de hacer papel_L12-encolado)

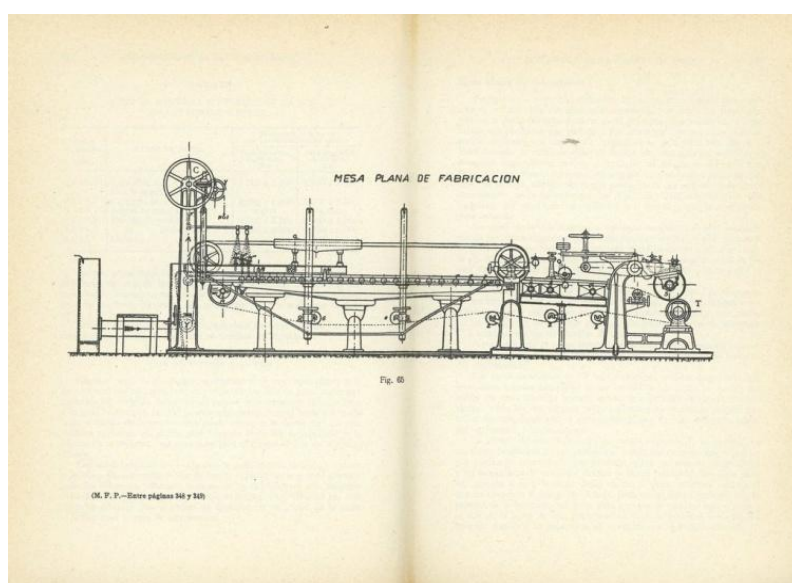
Los colorantes, incluido el azulete para dar una mayor sensación de blancura, se fueron desarrollando el siglo pasado, en una gama inmensa, aportando al papel la capacidad de tener el color deseado bajo demanda. Al tiempo que se ampliaba la gama, se mejoraba la retención, consiguiendo abaratar el coste y sobre todo evitar la contaminación de los efluentes. Además de colorantes que funcionan filtrando el color, como ocurre con los pigmentos tradicionales, se desarrollaron otros llamados blanqueantes ópticos que captan la radiación ultravioleta y emiten en la gama azul del espectro visible, con lo que consiguen una mejor experiencia de color blanco que los papeles teñidos con azulete. A estos productos que sacan partido de la fluorescencia para mejorar el aspecto del papel se les llama blanqueantes ópticos. Son muy efectivos en su labor, pero a su vez son sensibles al impacto de la luz, deteriorándose con facilidad y dando la apariencia más evidente de pérdida de blancura en el papel que ha estado más expuesto a la luz de día.

Con el tiempo los encolantes a base de resina fueron sustituidos a su vez en una segunda ‘revolución’ de la química papelera, por resinas de resistencia en húmedo a base de epíclorhidrina y encolantes sintéticos tipo dímeros de alquil ceteno, que conseguían prácticamente el mismo efecto pero manteniendo en el papel un pH neutro, compensando con la ausencia de acidez las prestaciones

decrecientes en resistencias mecánicas. Otros productos químicos, como el almidón en masa de la hoja aportaban un apresto más apetecible o mejoraban la retención de los finos.

En otro orden de cosas, el encolado 'superficial' en continuo de la máquina de papel, en la llamada 'size press' realizado típicamente con almidón, con o sin pigmentar, aportaba otras cualidades de apresto valiosas a la hora de imprimir en rotativa y de uniformizar la hoja, dando más libertad de formulación porque al incorporarse cuando la hoja de papel ya está formada, no interfiere con los iones presentes en la masa. Además permite si se requiere una dosificación muy fina de algunos aditivos interesantes que de esa forma se evita que se vayan en los efluentes.

La práctica de incorporar cargas minerales añadidas a la masa del papel antes de su formación se fue también imponiendo como forma de reducir costes, a la vez que se mejoraba la opacidad de la hoja sometida a las operaciones de calandrado. Caolín, talco, y otros minerales blancos eran la fuente de estas cargas. Esta materia, que no forma estructura y que además interfiere en las posibles uniones que se forman entre fibras interponiéndose en los puntos de contacto, modula ciertas propiedades ópticas y de porosidad, útiles en los papeles impresos, llegando a suponer una proporción apreciable, hasta como de un tercio, de la composición en ciertos papeles destinados a ser impresos en huecograbado, pero del orden del 10-15% en la masa de papeles para impresión en offset y escritura, con la consiguiente pérdida de propiedades mecánicas respecto de los papeles exentos de cargas.



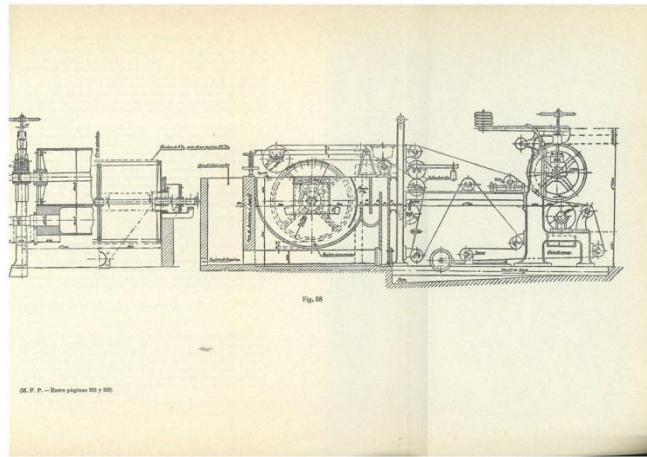
(Figura 6.- Costa, Jorge (1962)-Manual del Fabricante de Papel-Máquina plana)

Los papeles estucados y calandrados consisten en la aplicación, a modo de pintura, de una capa de cargas minerales en una o en ambas superficies de la hoja. Aunque la operación de estucado es una operación posterior, consigue combinar la resistencia obtenida en la capa básica con fibras que no necesitaban tener una blancura extrema, con el acabado perfecto para una impresión precisa, proporcionada por la capa pigmentada añadida. La variedad de ligantes empleados, naturales como el

almidón o la caseína, sintéticos como el alcohol de polivinilo, el estireno-butadieno (o látex) o bien combinaciones de ambos, la variedad de pigmentos a emplear, como el carbonato cálcico cuando se requiere gran blancura, acabado mate y una cierta porosidad o el caolín si lo que se busca es un gran efecto de brillo, combinado con la variedad de intensidades de calandrado, todo ello sumado a las infinitas opciones de soporte, hace que la cantidad de tipos distintos de papeles estucados cubra todas las necesidades imaginables. De nuevo, como en general las cargas minerales son más baratas que las fibras, añadir la operación de estucado al proceso no siempre supone un mayor coste para el fabricante. La mejora de los procesos químicos relacionados con la fabricación de celulosa, el tratamiento de los efluentes de la fábrica de papel, mediante decantación, filtración dinámica y recuperación de la mayor cantidad posible de agua, junto con el cubrimiento de las sequerías con campanas para la mejora de la eficiencia y recuperación del calor de los vahos, y otros muchos avances que se han ido introduciendo han hecho que la industria, al principio bastante molesta para su entorno, haya ido siendo cada vez más amigable con el medio ambiente. La eficiencia energética de las operaciones se ha impulsado a su vez por unos precios crecientes de la energía, junto con una mayor conciencia de responsabilidad social.

Las clases de papeles, históricamente en un principio blancos para imprimir, y pardos para otros usos, con prácticamente el mismo gramaje dentro de un intervalo, se especializan hasta el infinito para usos muy diversos. Desde el papel seda de 20-30 gramos por metro cuadrado de celulosa blanqueada, para timbrar o imprimir con la marca del comerciante, ideal para envolver fruta dedicada a la exportación, hasta el cartón de 1.000 gramos por metro cuadrado y más, hecho a base de fibra reciclada en máquinas redondas multicapa, hay toda una gama en medio. Papeles de colores diversos con fines decorativos o comerciales, cartulinas, papeles de embalaje, papeles engomados, papeles gofrados, papeles con diversas clases de marca de agua, papeles tissú para uso doméstico, incluso nonwovens o 'papeles' que dan un tacto de tejido, pero que se producen con técnicas que recuerdan a las de la fabricación del papel... El mundo del papel es suficientemente variado para que, aunque empleamos la misma palabra para definirlo, estemos ante una gama infinita de productos especializados.

Una sofisticación mayor del papel fabricado en continuo en las fábricas de papel de seguridad ha sido la incorporación al mismo de otros materiales, como los llamados hilos de seguridad, planchettes superficiales, fibrillas y otros elementos de difícil obtención, de forma que se han ido añadiendo elementos diversos, siendo cada uno de ellos un producto en sí mismo. Los hilos de seguridad se han ido a su vez haciendo más complejos, más anchos, aplicados de forma que se pueden ver como en 'ventanas' de la hoja y en ese caso pueden tener una superficie ópticamente variable, pueden incorporar características ocultas pero detectables a máquina, para hacer del billete o del documento un objeto de seguridad 'mecanizable'. Se han desarrollado también elementos de seguridad para su identificación táctil. Además el papel puede formar parte de otros productos complejos, como son los laminados multicapa, en los que cada capa aporta sus propiedades más ventajosas, siendo la del papel su idoneidad como soporte de impresión.



(Figura 7.- Costa, Jorge (1962)-Manual del Fabricante de Papel-Máquina redonda)

Podría afirmarse que el papel es un producto que ha tenido una larga evolución desde su invención muchos siglos atrás, con lo que se trata de un objeto versátil y complejo, que estamos acostumbrados a ver pero que en el fondo es bastante desconocido.

Los conceptos que se empleaban en la industria hace apenas 50 años, a la hora de formular y de fabricar el papel, han sufrido pues un cambio considerable, conforme se aumentaba la producción en las fábricas, pasando de velocidades 'humanas' del orden de 100 m/min con cajas de alimentación 'al aire' a velocidades inimaginables en el momento en que se inventaron las máquinas continuas, diez y veinte veces superiores y se iba complicando el proceso de fabricación con nuevas tecnologías. Un cambio tan notable de velocidad requiere operaciones realizadas en instalaciones de precisión, con fases de vacío, prensado, secado, alisado, mucho más enérgicas e irreversibles, que producen a su vez tensiones en la hoja que hay que disipar con procesos de acondicionamiento de la hoja en la propia línea de fabricación. Sometiendo al papel en ciclos controlados de histéresis se consigue estabilizar la hoja. Todas ellas son condiciones de mayor esfuerzo para las fibras, no presentes en la forma tradicional de fabricación de papel a mano. En paralelo, un cambio de la química tan notable incorpora al papel sustancias no siempre tan estables como la fibra de celulosa pura del papel clásico.

2.- La calidad

La introducción de conceptos como el de calidad, basada en parámetros que tenían que cumplir los papeles requeridos por los usuarios o clientes, tuvieron como resultado la paulatina adaptación de las formulaciones para el cumplimiento estricto de las propiedades exigidas. Paradójicamente esa adaptación para cumplir las especificaciones no ha supuesto una mejora general de las características, sino una reducción de las que se consideraban 'excesivas'. En la primera época que recuerdo como profesional del sector, el fabricante era el que fijaba sus objetivos de calidad, intentando distinguirse de la competencia por ofrecer un producto extraordinario, si tenía ocasión, por el empleo de sus propias fuentes de materias o de su tecnología. En el momento en que sólo se valora el cumplimiento de unos

pocos parámetros y no se tiene en cuenta aquello en lo que un producto excede lo necesario para un sistema de producción, el resultado es en efecto una mayor homogeneización, pero a costa de la durabilidad.

Se ha producido otra revolución silenciosa pero muy efectiva y relacionada con la instauración de la función de gestión de calidad y mejora de la gestión industrial en general, que consiste en que han desaparecido en la fabricación algunos oficios o trabajos (al tiempo que han surgido otros). Generalmente van desapareciendo los oficios que más tienen que ver con las operaciones manuales, al tiempo que se incrementa la necesidad de que el personal sea cualificado en la tecnología específica de fabricación. Antiguamente era típico tener una sala de escogido del papel, donde si era preciso se revisaba hoja a hoja toda la producción. La mejora de la limpieza de los circuitos, la incorporación de sensores en línea para la detección de defectos y la mejora de las máquinas de manipulación de la hoja, han ido reduciendo la necesidad de escogido paulatinamente, con todo lo que suponía de trasiego de materiales en la fábrica, de sobrecostos y de retrasos, hasta el punto en que resultaba más caro mantener el escogido que bajar un poco el precio del producto. Entre los oficios que han aparecido se encuentran todos los relacionados con la informatización de la fábrica de papel, como son los relativos al control del proceso, la detección de errores o defectos, el marcado y trazabilidad del producto desde el momento en que se puede individualizar, la gestión de recursos, la existencia de almacenes y la facturación, la contabilidad y gestión financiera. Puede decirse que debido a ello las decisiones en una fábrica de papel moderna se toman con un sistema mucho más centralizado donde la figura del director, que era el único que sabía de todo, desde los tratamientos de la materia prima, los procesos de producción y las gestiones administrativas, está ahora reforzado por un equipo que tiene a la vista un cúmulo de información en tiempo real.

3.- Durabilidad, restauración y prestaciones del papel

A la vista de la evolución histórica y para fijar en qué medida cada cambio ha estado afectando a la vida del papel y de los productos que con el mismo se fabrican, es conveniente echar un vistazo general a las causas de su degradación. Hay tres clases de factores que afectan a la vida útil del papel: mecánicos, químicos y biológicos. El simple uso del papel manipulándolo, doblándolo, sometiénolo a esfuerzos de tracción o de rasgado, son ejemplos de factores que producen agresiones mecánicas. La principal agresión química es el simple paso del tiempo que va dejando tras de sí el ataque al papel por parte del oxígeno del aire, que lo va oxidando lentamente, proceso acelerado por efecto de la temperatura alta. La humedad excesiva facilita la migración de materias hidrófilas y va mermando la capacidad de las resinas de resistencia en húmedo para retener resistencia. En cuanto al efecto de las bacterias, hongos, ácaros, hormigas, abejas, todos tenemos en mente el aspecto y malas condiciones en que puede quedar un papel tras sufrir una agresión biológica, cuya probabilidad aumenta también con el tiempo y con otros materiales en contacto con el papel, entre ellos de nuevo la humedad.



(Figura 8.- MCM1003208-EstampaSinRestaurar)

Los dos primeros, es decir la resistencia mecánica y la durabilidad química, según estudios realizados con máquinas que simulan el uso, y cámaras climáticas que reproducen el envejecimiento acelerado, en el contexto de buscar la forma de aumentar la vida de papeles sometidos a un gran estrés de uso, como son los papeles de billetes de banco, dependen del grado de polimerización de la celulosa. Las fibras vegetales de plantas como el algodón, son fibras en las que la cadena de celulosa tiene un grado de polimerización superior, ofreciendo su molécula pocos puntos de ataque por parte del oxígeno y logrando las mayores prestaciones físicas. Pero las pastas de madera necesitan procesos más enérgicos que tienden a producir fibra más degradada. Los factores biológicos, como son el ataque por hongos o por artrópodos, en principio son indiferentes del tipo de fibra que tenga el papel. Sin embargo una fibra más resistente también tiene más probabilidades de resistir porque es más difícil de degradar. Los 'enemigos' del 'buen' papel no están solo en la parte material del asunto. Influye también el concepto que se tenga de cómo debe ser el papel y cuál ha de ser su misión. En general, para cualquier clase de papel, todos estos factores han influido en las características del producto obtenido. Y, lo más llamativo es que todos ellos se han modificado en un tiempo relativamente corto, de una sola generación de papeleros, de la que soy testigo.

Se trata de un proceso imparable. En museos como el Museo Casa de la Moneda, con una colección de estampas y de libros antiguos muy valiosa, procedente de los siglos XVI y XVII, poco después de que la imprenta se popularice y se extienda, podemos disfrutar de piezas de papel fabricadas con materiales y

en condiciones ideales, con fibras de algodón o lino, encolados con gelatina, impresos en tórculo con planchas grabadas a buril y con tipos como los del invento de Gutenberg, que tienen unas propiedades extraordinarias y que han resistido el paso del tiempo sin excesivo deterioro. Naturalmente su uso y su manipulación en la época que servían de modelo o de ejemplo para los aprendices del oficio de grabador, les han ocasionado suciedad y a veces roturas. Pero la masa del papel se mantiene cohesionada y resistente a la oxidación natural que sucede a todas las materias orgánicas en presencia del oxígeno.

Estas piezas de papel 'clásico', resisten bastante bien los tratamientos necesarios para su rehabilitación, basados en el lavado con agua templada y jabones suaves, seguido de secado al aire y alisado por presión, que se citan a continuación:

PIEZAS DE PAPEL (ESTAMPAS Y DIBUJOS): En el papel las principales amenazas para su conservación son la naturaleza ácida del propio papel o de su soporte o envoltorio, la alta temperatura, la luz y el polvo. De forma que sistemáticamente se debe comprobar para cada pieza su pH superficial y el de su envoltura, y sustituir esta última si se requiere por una envoltura neutra, intercalando un papel entre lámina y lámina para que haga de 'barrera'.

MARCAS DE LÁPIZ, SUCIEDAD LOCALIZADA:

- Para casos muy localizados puede bastar un tratamiento con un abrasivo suave (goma de borrar blanda, sin fibra ni abrasivos inorgánicos, de forma que no se raye la superficie).

LAVADO DE UNA ESTAMPA. LIMPIEZA DEL POLVO Y MARCAS DE HUMEDAD:

- Cuando la pieza presente pH ácido, marcas de humedades y polvo, debe procederse a un lavado en un baño controlado con agua y un tenso-activo diluido al 1 % (tepol) y en caso de acidez residual en un segundo baño con un 2 % de hidróxido cálcico, sin someter la pieza a ningún esfuerzo físico de tensión y por un tiempo limitado, seguido de secado al aire entre hojas de papel secante para mantener la planeidad (que puede ayudarse sometiendo a una presión moderada la hoja mediante pesos planos, tras su secado).

DOBLE SOPORTE, FALSAS RESTAURACIONES, CONCRECIONES DE SUCIEDAD:

- Se elimina el segundo soporte, y las 'falsas restauraciones' que provocan tensiones en el papel, desprendiéndolas en el baño de la pieza; si hay alguna concreción pegada a la lámina se elimina antes con bisturí, bajo la lupa binocular, procurando no dañar las partes no contaminadas de la pieza

RECONSTRUCCIÓN DE SUSTRATO:

- Cuando la lámina presenta faltas de fibra en el sustrato, que puedan comprometer su conservación posterior, se procede a una restitución parcial de las fibras del sustrato, bien mediante la aplicación de una lámina neutra con adhesivo celulósico (CMC y derivados), bien mediante un tamiz reintegrador, que solo forma nueva superficie de papel allí donde hay falta del mismo en el objeto original. Posteriormente se oscurece la fibra añadida con acuarela o té, imitando el color del sustrato original. Este tipo de actuación se reserva para los casos en que de otra forma hay grave riesgo de que la duración de la pieza esté comprometida.

Basta con ver cualquier biblioteca particular o pública y nos daremos cuenta de que la conservación de las publicaciones allí atesoradas, con mejor a peor fortuna, ha evolucionado en el sentido de un deterioro más precoz y más profundo, incluso en ausencia de manipulación del papel. Las calidades que se fabrican en este momento cumplen la misión de ser útiles en los años inmediatamente siguientes a la fecha de utilización. No están pensadas para su almacenamiento y uso indefinido en el tiempo y amarillean con facilidad.

La informatización de la sociedad no ha resultado ser un enemigo directo del uso de papel. En una primera aproximación la informática ha traído más consumo de papel, por la mayor facilidad en obtener textos o imágenes para imprimir. Pero el concepto de que el original es en realidad un fichero de ordenador y que el impreso es una simple copia de un uso limitado, sí que ha hecho que el papel se resienta, pues ya no es tampoco desde el punto de vista del almacenamiento un medio de conservación del conocimiento. El papel ha pasado a ser solo un soporte temporal, que ha de ser barato para cumplir su misión de difusión y, en consecuencia, los procesos para su producción y utilización han de ser económicamente viables.



(Figura 9.- MCM1003208dr-EstampaRestaurada)

Por último, y de forma anecdótica, de igual forma que si miramos el motor de un coche moderno, sin quitar ni desmontar nada, resulta a veces difícil distinguir donde están sus distintas partes, en una fábrica moderna de papel, sin conocer el proceso, normalmente informatizado desde el principio hasta el final, no hay manera para un profano en la materia de distinguir la función de sus distintas partes.

La fabricación del papel se ha transformado en un proceso tecnificado completamente, en el que los márgenes para el error son casi nulos, en donde nada del espíritu que alentaba a los papeleros del siglo pasado ha pervivido, con la excepción de que el papel sigue estando hecho de fibras individuales, cada una de unas características propias. Se ha logrado que por una parte sea una miríada de productos y sin embargo cada uno de ellos es uniforme, predecible, estándar, fiable, aún a costa de que ya no será el instrumento único para la conservación de la cultura, sino un simple soporte temporal con ciclo de vida perfectamente conocido. Todo este cambio fulgurante y la multiplicación de los usos del papel se ha producido casi a ojos vista de los que hemos sido partícipes del fenómeno en una u otra faceta. Yo tuve la suerte de vivir en primera persona, los cambios en la composición fibrosa en los 70, siendo Jefe de Laboratorio; de conocer y producir la migración a otros pH de la masa en los 80, y de participar en la incorporación de elementos especiales a los papeles de seguridad en los 90, siendo Jefe de Servicio de I+D y Producción; de vivir el auge de calidad y las nuevas tecnologías en el 2000, al fin de siglo pasado, siendo Jefe de Servicio de Calidad; y finalmente a disfrutar de lo que habían producido todos mis antecesores en el presente siglo XXI, como director del Museo Casa de la Moneda.

BIBLIOGRAFÍA:

Browning, B. L. (1969); *Analysis of paper*; Marcel Dekker Inc, Nueva York

Costa, Jorge (1962): *Manual del Fabricante de Papel*; Ed. Bosch.

La Lande, Mr. de (1778): *Arte de hacer el papel según se practica en Francia y Holanda, en la China y en el Japón*; Ed. D. Pedro Marín.

Museo Casa de la Moneda, (2015): *Métodos Normales del Laboratorio de Restaruración*; Procedimientos internos.

Navarro Sagristá, Joaquín (1970): *Temas de la fabricación del papel*; Ed. Marfil.

Rodríguez Jiménez, Juan (1970): *Los controles en la fabricación del papel*; Ed. Blume.

Teodoro, J. (1983): *La reproducción del color en la industria papelera*; Jornadas conmemorativas del 25 aniversario de la Escuela Papelera de Tolosa, Guipuzcoa

Teodoro, J. (1988): *Specifications in Banknote Paper and Security Documents*; Congreso conmemorativo del 25 aniversario de la Nigerian Security Printing & Minting, Lagos

Teodoro, J. (1990): *The development of new banknote paper grades in the FNMT Paper Mill in Burgos*; Congreso de la Banknote Printers Conference, Roma.

Teodoro, J. (1994): *Experiments conducted in the FNMT on banknote paper soiling*; Paper Committee, Banknote Printers Conference, Helsinki.

Teodoro, J. (1996): *Correlations between refining properties*; Congreso de la Banknote Printers Conference, Amsterdam.

Teodoro, J. (1997): *The evolution of banknote paper in the '90s*; Paper Committee, Banknote Printers Conference, Roma.

Teodoro, J. (2012): *El papel, determinante de la vida de la estampa*; *Museos de Papel, un Congreso Internacional sobre Museos del Libro, el Papel y la Imprenta*, Madrid.