

INFLUENCIA DE LA COMPOSICIÓN FIBROSA Y LAS PROPIEDADES ESTRUCTURALES DEL PAPEL PRENSA EN LA DENSIDAD DE LA DE IMPRESIÓN Y LA CAPACIDAD DE SECADO.

N. Gómez^{1*}, C. Molleda¹, J.C Villar², R. Quiles² y P. Ferreira³

¹ Departamento de Ciencias Básicas Aplicadas a la Ingeniería Forestal; EUIT Forestal, Universidad Politécnica de Madrid. Ramiro de Maeztu s/n, 28040 – Madrid. España. Teléfono: (34) 91 3367656 Fax: (34) 91 5446025, e-mail: nuria@inia.es; e-mail: cristina.molleda@upm.es

² Laboratorios de Celulosa y Papel CIFOR-INIA. Ctra. de La Coruña Km 7,5. 28040 Madrid. España. Teléfono: (34) 91 3476781 Fax: (34) 91 3476761; villar@inia.es.

³ Chemical Engineering Department, University of Coimbra, Pólo II – R. Silvio Lima, 3030-790. Coimbra, Portugal; Tel: (351) 239798700 Fax: (351) 239798703, e-mail: paulo@eq.uc.pt

RESUMEN

En los últimos años, el papel prensa se fabrica mayoritariamente con fibra reciclada y las rotativas *coldset* se han convertido en unas instalaciones altamente tecnológicas. En esta nueva situación, los impresores son cada vez más exigentes con el papel que emplean.

La calidad de impresión en el papel prensa se evalúa mediante la densidad y la capacidad de secado. El objetivo de este trabajo es establecer cómo influyen la composición fibrosa y las características estructurales del papel en la calidad de impresión.

Se seleccionaron diversos papeles prensa, fabricados con fibra virgen y reciclada. Se determinaron las propiedades físicas del papel por métodos clásicos de laboratorio, la absorción de aceite mediante la medición de ángulos de contacto dinámicos y la estructura porosa empleando la porosimetría de intrusión de mercurio. Posteriormente los papeles se imprimieron en el equipo de laboratorio IGT con tinta negra y se evaluó la densidad óptica de la impresión y el repintado.

Los resultados de los ensayos clásicos de laboratorio no aportan información sobre el comportamiento del papel durante la impresión. Sin embargo, el tamaño de los poros superficiales y la absorción de aceite explican la densidad de la impresión y la capacidad de secado.

PALABRAS CLAVE: Absorción dinámica, Densidad de impresión, Energía superficial, Papel prensa, Porosidad.

THE INFLUENCE OF FIBROUS COMPOSITION AND STRUCTURAL PROPERTIES OF NEWSPAPER IN PRINTING DENSITY AND SET-OFF

SUMMARY

In recent years a new perspective has appeared in newspaper printing, mainly due to the extraordinary growth of newspaper production from recycled fibres and also to the high technology requirements of coldset press. In this new scenario, the printers are becoming more demanding in terms of newspaper quality.

The print quality in newspaper is mainly evaluated by standards of printing density and by the tendency of print failures, such as set-off, to occur.

This study aims at establishing how the fibrous composition and structural properties of newspaper influence the corresponding printing quality. Some market newspapers made from virgin and recycled fibres were selected. The paper properties were determined by the standard laboratory methods; the oil absorption was evaluated by measuring the dynamic contact angle; the pore structure and porosity were assessed by mercury intrusion porosimetry. Next, the papers were printed in an IGT printability

tester with black ink, and print density and set-off were determined.

The analysis of the results suggest that the paper structure characterized by the classic methods do not explain the printability of the paper, but the size of the surface pores and the absorption of oil explain the print density and set-off.

KEYWORDS: Newspaper, Print density, Surface energy, Dynamic absorption, Porosity.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años la tecnología de impresión ha avanzado vertiginosamente, las velocidades de las rotativas son cada vez mayores y el manipulado de los periódicos se realiza inmediatamente después de la impresión. En este nuevo escenario los impresores son cada vez más exigentes con el papel prensa, ya que las deficiencias de calidad suponen importantes pérdidas económicas; por tanto el papel prensa actual debe permitir la transferencia y la fijación de la tinta de una forma más rápida, manteniendo los mismos criterios de calidad de impresión.

Este parámetro es un concepto complejo que no puede expresarse con un simple término cuantitativo y en muchos casos está relacionado con factores subjetivos derivados del observador [1]. La densidad de la impresión es la variable colorimétrica más empleada para evaluar la calidad de impresión en el papel prensa y la capacidad de secado (repintado) constituye uno de los mayores problemas que impiden un aumento de la velocidad en las rotativas *coldset*.

El repintado se refiere a la facilidad con la que la tinta se fija sobre la superficie de un papel prensa convirtiéndose en una película sólida, seca y consolidada. Tanto la densidad de la impresión como el repintado dependen principalmente de la cantidad de tinta transferida al papel, que a su vez depende de las condiciones de la rotativa, de las propiedades de la tinta y del papel [2]. Thoyer y Lamy [3] en un estudio de IFRA¹ establecen que las propiedades del papel prensa que más influyen en el repintado son, por orden de importancia: la rugosidad y la capacidad de absorción, seguida por la densidad y el espesor y por último la humedad y la formación.

La composición fibrosa condiciona la formación de la hoja y por tanto la estructura interna del papel. Pero existen muy pocos trabajos sobre su influencia en las propiedades de impresión del papel prensa. Corson *et al.*, Brindley *et al.* y Aspler *et al.* [4-6] estudiaron la demanda de tinta en papeles prensa fabricados con distintas proporciones de fibras, llegando a la conclusión de que las fibras juveniles y flexibles disminuyen las necesidades de tinta para alcanzar una determinada densidad óptica y que un elevado porcentaje de finos puede generar problemas de secado. Sărelă [2] estudió la influencia del empleo de fibra reciclada en el repintado, observando que los papeles que contienen pasta destintada presentan valores más bajos que los fabricados con pasta mecánica. Los papeles prensa utilizados en España se fabrican mayoritariamente con fibra reciclada, por tanto es necesario conocer cómo se ve afectada la calidad de impresión por la presencia de fibra reciclada.

Durante la impresión *coldset*, una vez depositada la tinta sobre la superficie del papel prensa, ocurren dos fenómenos. En primer lugar la tinta rellena las oquedades superficiales y posteriormente los aceites fluyen al interior del papel quedando en superficie los pigmentos y las resinas. Las propiedades de absorción del papel dependen del tamaño y tipo de poros [7, 8]. Song *et al.* [9] y Abrams *et al.* [10] proponen el empleo de métodos dinámicos que evalúen la absorción de determinados líquidos sobre el papel, como fiel reflejo del comportamiento de la tinta en la impresión.

El principal objetivo de este estudio fue determinar cómo influyen la composición fibrosa y la estructura porosa en la densidad de impresión y la capacidad de secado del papel prensa,

1 IFRA: Organización Mundial de Investigación y Servicio para la Industria Periodística

determinando qué propiedades del papel son las que tienen mayor influencia en la calidad de impresión. Se pretende conseguir un mayor conocimiento sobre las relaciones tinta - papel en la impresión *coldset* en bobinas, para optimizar el comportamiento en rotativa de los papeles prensa.

PARTE EXPERIMENTAL

Se seleccionaron los siguientes papeles tipo prensa: dos papeles fabricados con fibra virgen, uno elaborado con una mezcla de pasta mecánica clásica y química (PMQ) y otro fabricado íntegramente con pasta termomecánica (PM); otros tres elaborados a partir de fibra reciclada: dos de ellos fabricado en una mesa tipo Foudrinier (PD y PDH) y otro en un formador vertical de doble tela o formador Gap (PDV) y, por último, un papel fabricado con una mezcla de fibra virgen y reciclada (PMD). El papel PDH y el PDV están fabricados con el mismo tipo de pasta pero en distinto tipo de formador.

En todos los papeles seleccionados se determinaron el gramaje (ISO 536:1997), el espesor y el volumen específico (ISO 534:2005). El contenido en material mineral del papel se determinó mediante incineración a 525 °C, según norma UNE 57050:2003 (Tabla 1).

Para evaluar la estructura porosa del papel se ha determinado la porosidad Bendtsen (UNE 57066-2:1986) y la porosidad Gurley (UNE 57066-3:2003). Asimismo se ha empleado la porosimetría de intrusión de mercurio para caracterizar la distribución y tamaños de poros en el papel. El ensayo se realizó en un Poresizer 9320 Micromeritic (porosímetro CEI instruments Pascal 140 / 240, equipado con la versión de software 1.03B-2).

Relacionado con la estructura porosa del papel, se determinó el ángulo de contacto dinámico del papel con un aceite de una tinta *coldset*. El objetivo del ensayo es determinar la variación con el tiempo del ángulo de contacto entre la gota de un líquido y la superficie del papel. Se empleó un medidor ángulos de contacto OCA 20, de Dataphysic y el líquido empleado fue un aceite mineral comercial componente de una tinta *coldset* suministrado por Sunchemical. Se realizaron 4 determinaciones por la misma cara del papel empleando un volumen de 7 µl. Los resultados se normalizaron, dando al ángulo de contacto y al volumen de la gota inicial el valor de 1, siendo el valor en cada instante la parte proporcional con respecto al inicial.

Se realizó un ajuste de regresión para el volumen normalizado (V_N) respecto al tiempo, para tratar de modelizar la dinámica de absorción de los diferentes papeles, puesto que tiene la misma evolución que el ángulo de contacto y resulta más fácil de interpretar, ya que refleja de forma intuitiva cómo es absorbido el aceite de la tinta por parte del papel.

Cada uno de los papeles se imprimió por la misma cara en un equipo de laboratorio IGT AC-2 con tinta negra de densidad óptica (Ref. 404.003.001 de IGT); se imprimieron una serie de probetas hasta obtener un total de 5 a la densidad comercial (1.3 ± 0.1). La cantidad de tinta, depositada sobre la superficie del papel, se determinó mediante pesada del disco impresor de aluminio antes y después de la impresión (W-50 IGT). La calidad de la impresión se ha evaluado mediante la ganancia de densidad alcanzada por cada papel después de imprimir una vez transcurridas 24 h. El densitómetro utilizado ha sido un modelo X-RITE 530.

El ensayo de repintado consiste en imprimir una probeta que, después de un determinado tiempo, se pone en contacto con un papel control (Ref. 10-12-69 de IGT). El valor de la densidad óptica de la mancha dejada por la impresión sobre el papel control es el resultado del ensayo. Los papeles se imprimieron en un equipo de laboratorio IGT A1 manual, con tinta negra estándar de densidad óptica (Ref. 404.003.001 de IGT) siguiendo las instrucciones (W-48 IGT). Se realizaron 8 repeticiones por la misma cara del papel y los tiempos de secado fueron 5 s, 30 s, y 60 s desde la impresión. La densidad óptica alcanzada en cada una de las manchas en el papel control se midieron con un X-RITE 530 transcurridas 24 h desde la impresión.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las propiedades de los papeles se recogen en la Tabla 1. Se puede observar que no existen diferencias importantes entre el espesor y el volumen específico de los papeles. Los papeles fabricados con un 100 % de pasta destintada y el papel PMQ tienen más de un 10% de cenizas; por el contrario, el papel PM y el PMD tienen un porcentaje de cenizas muy inferior (2.53 % y 8.88 % respectivamente).

Tabla 1. Propiedades de los papeles

Muestra	Gramaje (g/m ²)	Espesor (μm)	VE (cm ³ /g)	P. Bendtsen (ml/min)	P. Gurley (s)	Cenizas (%)	Poros (%)	Ø _{superficie} μm	Ø _{interno} μm
PMQ	48.8	74	1.52	286	46.7	10.6	52.63	12.70	2.27
PD	45.9	68	1.48	183	64.7	10.6	53.48	14.49	2,56
PMD	44.7	70	1.56	289	45.1	8.9	57.27	9.38	2,58
PM	48.4	75	1.42	247	56.0	2.5	50.39	9.01	2,58
PDV	44.0	67	1.53	398	31.0	14.1	55.69	17.24	3,02
PDH	44.5	65	1.46	240	68.0	11.9	56.23	14.46	2,58

VE – Volumen específico; Ø_{superficie} – diámetro de máxima frecuencia de poros da superficie; Ø_{interno} – diámetro de máxima frecuencia de poros internos.

Porosidad de los papeles.

Los papeles seleccionados presentan un amplio rango de variación de porosidad Bendtsen (de 183 a 398 ml/min). Además, todos tienen un porcentaje en volumen de poros comprendido entre el 50% y 57 % (Tabla 1), valores similares a los establecidos por Moura *et al* [11] para papeles de impresión y escritura.

En la Fig. 1 se observan claras diferencias en la frecuencia de distribución de poros en función del diámetro. Silvy *et al.* [12] establecieron que los poros superficiales son aquellos que presentan un diámetro superior a 10 μm, representando las oquedades y huecos que son fácilmente accesibles desde la superficie del papel, mientras que los poros de diámetro inferior a 10 μm son los internos de la estructura del papel. No obstante, también establecieron que el diámetro de separación entre poros internos y externos puede ser más pequeño y coincide con el punto de mínima frecuencia entre los dos máximos, hipótesis que ha sido verificada posteriormente [7, 11, 13].

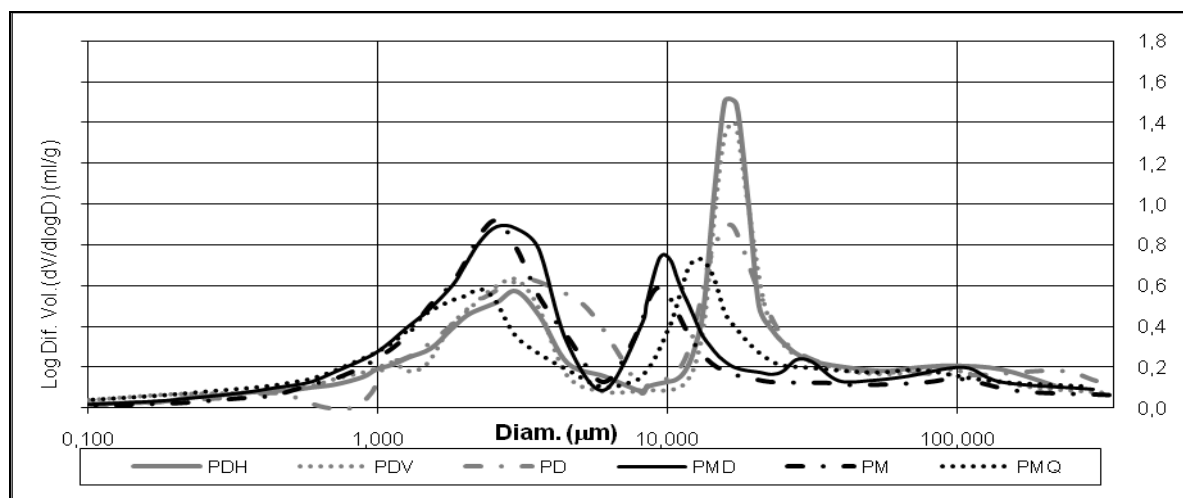


Figura 1. Frecuencia de distribución de poros es función del diámetro.

Analizando la zona de poros superficiales se observa que los papeles fabricados solo con fibra

destintada presentan el diámetro de máxima frecuencia ($\emptyset_{\text{superficie}}$) mayor que los papeles fabricados exclusivamente con fibra virgen o con mezcla de ambos tipos de pasta. Los papeles PDH y PDV, fabricados con el mismo tipo de pasta pero en distintos formadores, presentan una diferencia de 3 μm en el diámetro de máxima frecuencia de poros da superficie, $\emptyset_{\text{superficie}}$. Esto hace pensar que las variaciones de este parámetro se deban a procesos de alisado o encolado superficial más que a la composición fibrosa, ya que estos tratamientos de acabado del papel reducen el diámetro de los poros superficiales. [13, 14]

En la zona de poros internos, todos los papeles presentan el máximo de frecuencia ($\emptyset_{\text{interno}}$) entre 2 μm y 3 μm , a pesar de que existan diferencias en cuanto a la composición (tipo de fibras y porcentaje de cargas).

Otro resultado interesante ha sido la falta de relación entre la porosidad Bendtsen y Gurley y la porosidad total y los diámetros de máxima frecuencia ($\emptyset_{\text{superficie}}$ y $\emptyset_{\text{interno}}$). Esto es justificable porque los métodos clásicos de laboratorio son medidas indirectas, muy influenciadas por variables externas como la presión del aire, el sistema de sujeción y el diseño del equipo. Además, la circulación del aire dentro del papel está influenciada por la tortuosidad de los poros.

Absorción dinámica de aceite.

Los resultados mostraron que la variación del volumen normalizado es una función lineal de la raíz cuadrada del tiempo. En todos los casos los coeficientes de regresión fueron superiores a -0.90, salvo para el papel PMD que fue de -0.79 (Tabla 2). Se observa que las mayores pendientes las presentan los papeles procedentes de reciclado, lo que significa que la absorción es mucho más rápida en este tipo de papeles que en los fabricados con fibra virgen.

Tabla 2. Ecuaciones de correlación para el volumen normalizado (V_N)

Muestra	Ecuación de regresión	r	Muestra	Ecuación de regresión	r
PMQ	$\Delta V_N_{PMQ} = 0.955 - 0.145\sqrt{t}$ (1)	-0.99	PM	$\Delta V_N_{PM} = 0.947 - 0.135\sqrt{t}$ (4)	-0.96
PD	$\Delta V_N_{PD} = 0.966 - 0.171\sqrt{t}$ (2)	-0.95	PDV	$\Delta V_N_{PDV} = 0.931 - 0.158\sqrt{t}$ (5)	-0.92
PMD	$\Delta V_N_{PMD} = 0.73 - 0.082\sqrt{t}$ (3)	-0.79	PDH	$\Delta V_N_{PDH} = 0.944 - 0.47\sqrt{t}$ (6)	-0.70

Si se comparan las pendientes de las ecuaciones de regresión para el V_N con los resultados de la porosidad de los papeles, determinada por intrusión de mercurio, se observa que existe una correlación de éstas y el parámetro $\emptyset_{\text{superficie}}$. Es decir, cuanto menor es el valor de $\emptyset_{\text{superficie}}$, más tiempo permanece el aceite en la superficie del papel. Por tanto, su absorción está más condicionada por la estructura del papel que por la composición fibrosa.

Impresión y capacidad de secado.

En la Fig. 2 a) se observa que el papel prensa fabricado con 100 % de pasta termomecánica (PM) es el que menos tinta necesita para alcanzar la densidad comercial (1.54 g/m^2) seguido del PMD (2.00 g/m^2), del PMQ (2.03 g/m^2) y por el grupo de papeles reciclados. Esto significa que para conseguir la densidad comercial existen diferencias de consumo de tinta de hasta 1.50 g/m^2 en función del tipo de papel. Estas diferencias se traducen en considerables ahorros de tinta en función del tipo de papel seleccionado.

A priori puede parecer que la composición fibrosa del papel tiene influencia sobre la densidad de la impresión, ya que los papeles que tienen en su composición fibra virgen son los que menos tinta han consumido. Pero antes de formular esta hipótesis es necesario estudiar si es la propia estructura del papel la que condiciona este comportamiento.

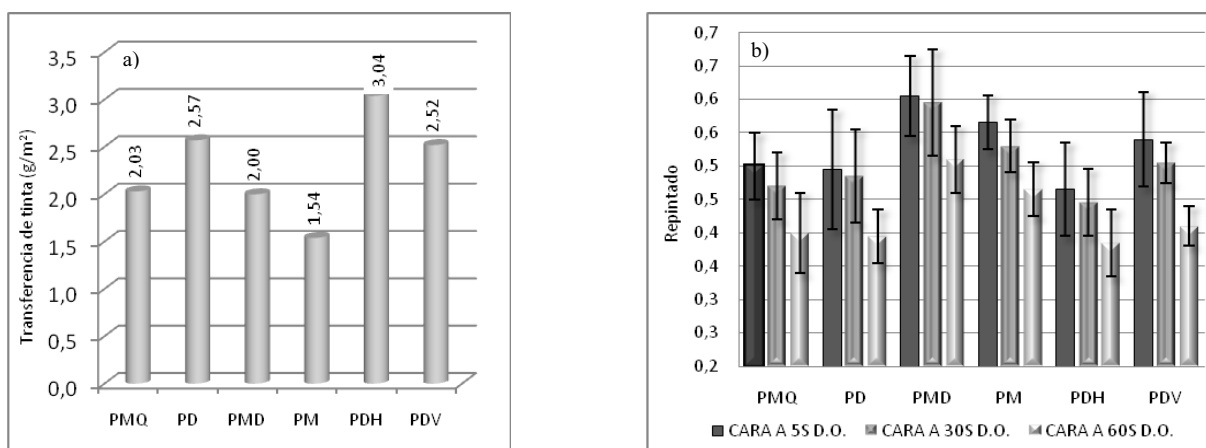


Figura 2. a) Transferencia de tinta para la densidad comercial (1.3 ± 0.1) y b) repintado de los diferentes papeles (5 s, 30 s y 60 s)

En la Fig. 2. b) no se encuentran diferencias significativas entre la densidad óptica de la mancha para los distintos tiempos de secado, ya que en la mayoría de los papeles la diferencia del valor para 5 s y 60 s es aproximadamente 0.1 puntos de densidad, del orden de la desviación típica obtenida en los resultados experimentales. Esto significa que, para este tipo de papeles, la absorción de la tinta se produce en los primeros instantes y que transcurridos éstos, la velocidad de fijación de la tinta es muy lenta.

Es muy conocido que la porosidad controla la absorción de líquidos por parte del papel [15], por lo que se ha estudiado la influencia del tamaño y la distribución de poros sobre la densidad de la impresión y sobre el repintando. El parámetro que mejor explica la densidad de la impresión es la dimensión de los poros superficiales cuantificada por el diámetro de máxima frecuencia ($\varnothing_{\text{superficie}}$), existiendo una relación lineal entre ellos, con un coeficiente de correlación de 0.95, Fig. 3. a).

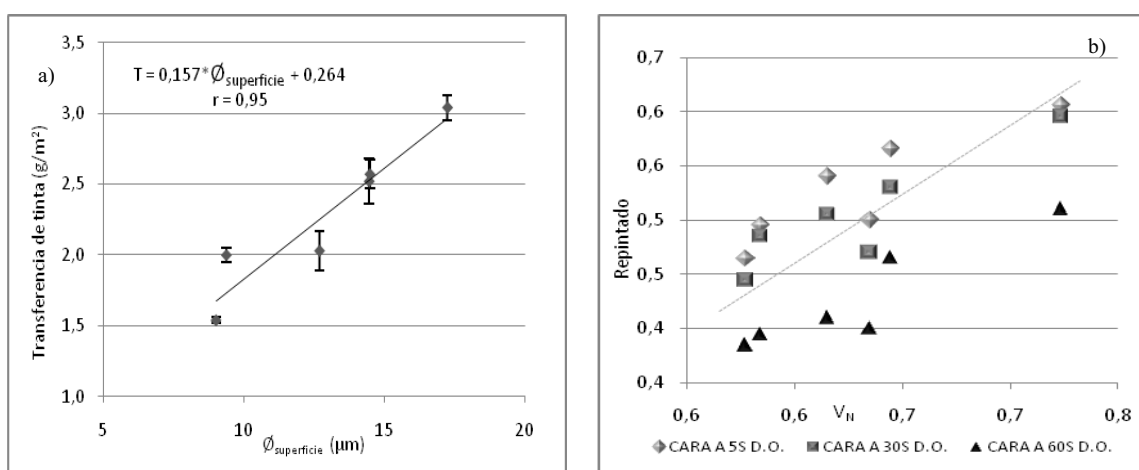


Figura 3. a) Densidad de la impresión versus $\varnothing_{\text{superficie}}$ y b) repintado versus volumen normalizado (V_N) 5 s, 30 s y 60 s.

No se ha encontrado relación directa del repintado con el porcentaje de poros totales, ni con la porosidad Gurley o Bendtsen. Esto puede explicarse porque, con estos parámetros, se están evaluando poros y cavidades que no son importantes en la absorción de la tinta, ya que en el mecanismo fijación de la tinta tienen mucha importancia las fuerzas capilares generadas por los poros de pequeño tamaño [16, 17].

También se ha observado que, a medida que disminuye el diámetro de los poros de la superficie $\varnothing_{\text{superficie}}$, aumenta el valor del repintado. Esto es debido a que un diámetro más pequeño retiene durante más tiempo la tinta en superficie retardando su absorción. No obstante, este resultado hay que interpretarlo con precaución, ya que en el experimento siempre se ha transferido la misma cantidad de tinta, mientras que para conseguir la densidad comercial los papeles de menor $\varnothing_{\text{superficie}}$ han necesitado menos tinta, y no se debe olvidar que el factor que más positivamente influye en el repintado es la cantidad de tinta transferida [2,16].

El repintado se relacionó con el volumen normalizado del aceite *coldset*. Para ello se tomó el V_N de la gota a los 5s y se correlacionó con el repintado a los 5 s 30 s y 60 s. En la Fig. 3.b) se puede observar que existe muy buena correlación entre estos dos parámetros, lo que significa que el volumen normalizado es el parámetro que mejor explica la capacidad de secado.

CONCLUSIONES

A la vista de los resultados obtenidos se puede afirmar que no se ha encontrado relación entre la composición fibrosa del papel prensa y la calidad de impresión. La estructura del papel, caracterizada mediante métodos clásicos de laboratorio, no aporta información sobre el comportamiento del papel prensa durante la impresión. Sin embargo, el estudio de la distribución de poros en función del diámetro y/o del volumen de absorción, identifican mejor las diferencias estructurales en el papel.

Se han encontrado diferencias de hasta 1.50 g/m^2 en la cantidad de tinta necesaria para conseguir la densidad comercial de impresión y el parámetro que mejor explica la demanda de tinta es el diámetro de poro de máxima frecuencia en superficie. Estos parámetros son fácilmente modificables en la fabricación y una disminución de los mismos conducirá a importantes ahorros en el consumo de tinta.

En la capacidad de secado del papel no se han encontrado diferencias significativas al aumentar el tiempo de secado, ya que en papeles prensa la fijación de la tinta transcurre en los primeros instantes de la impresión y es proporcional a la absorción de aceite por la hoja.

REFERENCIAS

1. P. Oittinen and H. Saarelma. Paper in Printing in Printing in Printing, Vol. 13, Papermaking Science and Technology. Capítulo 9; Fapet Oy. Finlandia. ISBN 952-5216-13-6. (1998).
2. S. Särelä. Uncoated paper surface for coldest web offset printing. Set-off studies. *Master's thesis*, Helsinki University. (2004)
3. B. Thoyer and B. Lamy. Runnability and printability of newsprint, IFRA special report 1. 16. pp: 24 (1997).
4. S.R. Corson, A.G. Flower, D.G. Morgan and J.D. Richardson). Paper structure and printability as controlled by the fibrous elements. *Tappi Journal*. **3** (6): 14-18 (2004).
5. C. Brindley, S. Corson, K. Juvonen and R. Wakelin. Effects of long fibre enhancement on radiate pine toplog newsprint. *Appita Journal*. **50** (5): 381-386 (1997).
6. J.S. Aspler., J.H. de Grâce and J.E. Dalphond. Newsprint contributions to rub-off of oil-based inks. *JPPS*. **17** (5): 149-155. (1991).
7. U. Mattila, K. Tahkola, S. Nieminen and M. Kleen Penetration and separation of coldset ink resin and oils in uncoated paper studied by chromatographic methods. *NPPRJ*. **18** (4): 413-420 (2003)
8. J.H Grâce. The print through propensity of newsprint. *JPPS*. **19** (5): 208-213. (1993).
9. H.N. Song, C. Jian, YW, Guo, M Hoc. Some dynamic evaluation of paper surfaces to predict their printability properties. Proc. 2° international papermaking and environment conference. Malaysia. A and B: 918-923. (2008).
10. L. Abrams, P. Capano, C. Favorite, R.W. Johnson. Using mercury porosimetry to characterize coating pore structure and its relation to coating optical performance. Proc. Tappi Coating Conference: 185-192. (1996).

11. P.J. Moura, P. Ferreira and M.M. Figueiredo. Mercury intrusion porosimetry – a valuable tool for the characterization of wood, pulp and paper. *Powder Technol.* **160** (2): 61–66. (2005).
12. J. Silvy, C. Pannier and J. Veyre,. Proc. 16th Eucepa Conference, Paris 1976
13. I. Moutinho, M. Figueiredo y P.J. Ferreira. Influência dos agentes de colagem superficial na estrutura do papel-uma análise química. III CIADICYP. Proc. España. ISBN: 84-7498-504-8: 377-383 (2004)
14. P Oliveira, S. Conceição, N. F. Santos, J. Velho and P. Ferreira. The influence of rheological modifiers on coated papers: a comparison between CMC and MHPC. III CIADICYP. Proc. España. ISBN: 84-7498-504-8: 354-358 (2004).
15. N.J. Dooley, A.R, Dickson, S.R. Corson, A.G. Flower. Moisture- induced of newsprint. The effects of calendaring, fibre processing and fibre dimensions. *Appita Journal.* **59** (3): 197-201 (2006)