

**XXI Encontro Nacional da TECNICELPA / VI CIADICYP 2010  
12-15 Outubro 2010 - Lisboa, Portugal**

**EFEECTO DEL TIPO TINTA Y DE LAS PROPIEDADES DEL PAPEL ESTUCADO  
DE ALTA GAMA EN LA CALIDAD DE IMPRESIÓN.**

**E. Quintana, N. Gómez \*, J.C Villar, J. Miranda, R. Quiles.**

Laboratorios de celulosa y papel CIFOR-INIA. Ctra. de La Coruña Km 7,5. 28040Madrid. España  
Teléfono (34) 913476781 Fax: (34) 913476767  
nuria@inia.es

**SUMARIO**

En los últimos años, el gran desarrollo tecnológico experimentado por el sector de la impresión offset, unido a que cada vez los costes de producción son más ajustados, ha producido un aumento de la exigencia de la calidad del papel. La calidad de impresión de un papel estucado se evalúa mediante la densidad, las coordenadas colorimétricas y el brillo de la impresión.

El objetivo del estudio fue determinar la influencia de las propiedades del papel estucado y de la tinta sobre las propiedades que definen la calidad de la impresión. Para ello se seleccionaron ocho papeles estucados (5 brillantes y 3 mates) y se determinaron la rugosidad y la energía libre de superficie de los mismos. Posteriormente se imprimieron con cantidades crecientes de tinta en un IGT, con dos tintas de color negro y dos cian. Por último se determinaron la densidad, el brillo y las coordenadas CIELAB de la impresión.

La variación de densidad, brillo,  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$  de la impresión con la tinta transferida presenta tendencias similares en todos los papeles, existiendo diferencias en la impresión en función del tipo de tinta. Las propiedades de impresión dependen principalmente de la lisura Bekk y de la componente polar de la energía de superficie.

**PALABRAS CLAVE:** Brillo, Coordenadas CIELAB, Densidad de la impresión, Impresión Offset, Papeles Estucados.

**EFFECT OF INK GRADES AND ART COATED PAPERS PROPERTIES ON PRINT  
QUALITY**

**SUMMARY**

In the recent years, the offset printing industry has undergone an important technological development and the profits of the presses are less and less because of the economic crisis. The print quality of coated paper is mainly evaluated by the print density, CIE  $L^*$ ,  $a^*$  and  $b^*$  coordinates and print gloss.

The aim of this study is to evaluate the effect of the coated paper properties and the type of ink on print quality. In order to carry out this evaluation, eight commercial coated papers - five gloss and three matte finished- were selected. The roughness and the surface free energy were tested. Afterward, each paper sample was printed with increasing amounts of two cyan and two black inks, using an IGT printability tester. Finally, print density, gloss and CIE  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  coordinates were measured.

The print quality variation versus ink transferred showed a similar trend in every paper. The results revealed high correlation coefficients for print density and CIELAB coordinates. However, there were differences in print quality depending on the type of ink. The printability of paper depends on smoothness Bekk and polar component of the surface free energy.

**KEYWORDS:** Coated paper, CIELAB, Gloss, Offset, Print density.

## INTRODUCCIÓN

En España el sector de la impresión offset en hojas está estructurado mayoritariamente en pequeñas y medianas empresas, cuya supervivencia depende de aumentar la productividad manteniendo la calidad de impresión. En los papeles estucados de alta gama, la calidad de impresión es evaluada por parámetros que cuantifican la apariencia visual de la impresión, como la densidad, el brillo de la impresión y las coordenadas CIELab [1,2].

El resultado final de la impresión offset depende principalmente de la tinta, del papel y de las condiciones de la rotativa. La tinta está constituida principalmente por pigmentos coloreados dispersos en una mezcla de aceites y adhesivos, cuya proporción determina el comportamiento en rotativa y las denominadas relaciones tinta-papel [3]. La capacidad de impresión de un papel estucado de alto gramaje depende principalmente de sus características ópticas y superficiales. La naturaleza química de la superficie está relacionada con la tasa de adhesión tinta-papel [4,5] y la topografía superficial condiciona la ganancia de punto y el aumento de brillo [2,6].

La energía libre de superficie de un sólido está relacionada con los fenómenos de mojabilidad del mismo, es decir, con la capacidad que tiene un determinado líquido para esparcirse sobre una superficie. Moutinho *et al.* [7], Shen *et al.* [8] y Boudurtha *et al.* [9] observaron que la energía libre de superficie de un papel disminuye al aumentar el encolado y el estucado. Sin embargo existe poca información sobre la influencia de la energía de superficie en la calidad de impresión con tintas offset.

Algunos autores han reportado que a medida que aumenta la rugosidad de un papel estucado incrementa la demanda de tinta para alcanzar una determinada densidad óptica [2, 10]; pero no se han encontrado referencias de cómo la topografía del papel afecta a la eficiencia colorimétrica de la impresión (coordenadas CIELab). Es un hecho conocido que el brillo del papel y de la impresión son proporcionales a la lisura de la superficie. Ström [2] y Donigian [11] encontraron ganancias de brillo de un 30% cuando la rugosidad Parker Print Surface (PPS) disminuía 2  $\mu\text{m}$  en papeles estucados.

El principal objetivo de este trabajo fue evaluar la variación de la densidad, de las coordenada  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  y del brillo de la impresión en función de la cantidad de tinta transferida a papeles estucados de alta gama. Para lograr este propósito se establecieron modelos estadísticos y se estudiaron las diferencias de la calidad de impresión entre los papeles en función del tipo de tinta y del color (cian y negro). Por último se estudió la influencia de la rugosidad y de la energía libre de superficie del papel sobre la calidad de impresión.

## PARTE EXPERIMENTAL

Se han seleccionado 8 papeles offset estucados de alta gama de diferentes fabricantes. Los criterios de selección fueron el gramaje nominal ( $170 \text{ g/m}^2$ ) y el tipo de acabado (triple capa de estuco). De esta forma el estudio se centró en 5 papeles brillantes (P1-P5) y 3 mates (P6-P8), aunque el papel 7 tiene un gramaje diferente ( $150 \text{ g/m}^2$ ) y presenta una menor cantidad de estuco en superficie. Asimismo, se seleccionaron dos tintas cian (C) y dos tintas negras (N) de dos gamas comerciales para cuatricromía, que se denominarán gama A (GA) y gama B (GB).

En los papeles seleccionados se determinaron la siguientes características físico-mecánicas: gramaje (ISO 536:1997), espesor (ISO 534:2005), rugosidad PPS (ISO 791-4:2003) y lisura Bekk (ISO 5627:1984) y brillo del papel (ISO 8254-1:2003).

Un medidor de ángulos de contacto de Dataphysics fue empleado para determinar la energía libre de superficie de los papeles, determinándose el ángulo de contacto del papel con diferentes líquidos de prueba (agua, formamida, etilenglicol, 1,2 propanodiol y n-hexano); la energía libre de superficie se calculó con el método OWRK.

Posteriormente cada uno de los papeles se imprimió en un equipo de laboratorio IGT AC-2 con las tintas seleccionadas, aplicando sobre la superficie cantidades crecientes de tinta hasta conseguir probetas entre 0.2 y 2.0 de densidad; se realizaron un total de 20 ó 25 impresiones con diferentes dosis de tinta (W-50 IGT). Las condiciones de ensayo fueron las siguientes: todos los papeles se imprimieron por la misma cara del papel, la dirección del ensayo fue longitudinal, el disco impresor

fue de caucho (85° Shore), la presión de apriete entre el disco y el sector fue de 40 kg/cm y la velocidad de trabajo fue constante de 0.2 m/s. La cantidad de tinta transferida se determinó pesando el disco impresor antes y después de la impresión. Después de la impresión, la mancha impresa fue secada empleando una corriente de aire caliente suministrada por un secador; se midieron en cada probeta la densidad óptica y las coordenadas CIELab en un densitómetro X-RITE 530 tomando como referencia el papel, y el brillo de la impresión en un equipo HunterLab.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### *Propiedades de los papeles*

Los papeles brillantes presentan propiedades muy similares mientras que los mates son más diferentes entre ellos (Tabla 1). Los valores de la lisura Bekk en los papeles brillantes muestran diferencias significativas, mientras que los valores de PPS son todos semejantes. También se comprueba la correlación entre el brillo y la topografía superficial, ya que los papeles con la lisura Bekk más baja de cada tipo (P3 y P7) son los que menos brillo tienen [2, 11].

La mayoría de los papeles analizados tienen valores de energía libre de superficie comprendidos entre 20 mN/m y 30 mN/m (Tabla 1), salvo el P8 que presenta un valor mucho mayor (39.93 mN/m) semejante al de papeles sin recubrir superficialmente [7, 12].

**Tabla 1. Propiedades de los papeles.**

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
Brillo (%)	71.23	73.4	67.74	74.14	76.15	21.1	17.58	37.00
Gramaje (g/m <sup>2</sup> )	169.4	166.2	168.7	169.3	167.4	165.9	147.7	170.1
Espesor (mm)	0.124	0.128	0.134	0.13	0.128	0.149	0.148	0.14
PPS (μm)	0.63	0.76	0.71	0.75	0.84	1.33	2.49	1.35
Lisura Bekk (s)	1022	949	539	1273	1067	336	82	519
E. Superficie (mN/m)	26.26	31.67	29.66	27.3	30.76	20.02	24.72	39.93
C. Dispersiva (mN/m)	12.85	15.79	15.16	18.41	17.55	14.44	24.21	12.35
C. Polar (mN/m)	13.41	15.88	14.5	8.89	13.21	5.58	0.51	27.58
C. Polar / E. Superficie (%)	51.07	50.14	48.89	32.56	42.95	27.87	2.06	69.07

La relación entre la componente polar y la energía total nos indica la mojabilidad que tiene un papel; cuanto menor es la componente polar mayor es el ángulo de contacto con el agua. Esto significa que los papeles son más hidrófobos y, por tanto, más difícil será su mojado en los procesos de impresión offset [7, 12, 13]. Los papeles brillantes presentan un equilibrio intermedio en esta tasa, pero en los mates llama la atención la gran disparidad de valores. El papel 7 tiene un valor muy bajo (2.06%), posiblemente debido a la menor cantidad de estuco en su superficie, y el papel 8 tiene un valor muy elevado de esta tasa (70%), lo que hace pensar que la composición del estuco de este papel le proporciona un carácter más hidrófilo.

### *Relación entre la calidad de impresión y la transferencia de tinta.*

Se correlacionó la densidad (D), las coordenadas CIELAB (L\*, a\* y b\*) y el brillo (B) de la impresión con la transferencia de tinta (T). Las ecuaciones de ajuste encontradas, así como los coeficientes de regresión para cada papel y tipo de tinta seleccionada se muestran en las Tablas 2 y 3; es importante señalar que los coeficientes de correlación fueron superiores a 0.90. Se puede observar que, en los dos

colores estudiados, los modelos de regresión que mejor se ajustan son iguales para todos los papeles, independientemente de la gama de tinta elegida.

**Tabla 2. Coeficientes de correlación de las ecuaciones de ajuste entre propiedades impresión y transferencia de tinta (Color Cian).**

		P1		P2		P3		P4		P5		P6		P7		P8	
		GA	GB														
D	a	-0.3	0.1	-0.6	-0.5	-0.6	-0.4	-0.5	-0.7	-0.5	-0.5	-0.3	-0.3	-0.2	-0.5	-0.5	-0.1
	b	2.0	1.7	2.4	2.3	2.4	2.2	2.3	2.6	2.3	2.3	1.9	2.0	1.8	2.1	2.2	2.3
L*	a	83.6	76.1	88.4	86.1	91.2	88.8	89.7	91.3	90.0	88.3	86.2	79.0	81.1	87.4	87.7	87.0
	b	-31.9	-25.1	-39.8	-36.7	-41.3	-38.7	-40.1	-43.3	-40.3	-39.6	-32.7	-28.2	-29.7	-39.0	-37.2	-37.1
a*	a	-18.1	-29.8	-19.0	-20.1	-17.3	-18.5	-18.6	-15.9	-19.1	-19.3	-21.0	-26.2	-25.5	-18.1	-22.0	-22.3
	b	-47.8	-15.9	-43.1	-42.7	-49.1	-46.4	-43.3	-56.1	-41.1	-45.7	-29.0	-21.4	-17.8	-38.6	-29.8	-31.7
b*	c	32.0	11.8	27.6	29.1	31.2	29.4	27.0	38.1	25.3	31.6	16.2	13.2	10.5	22.1	17.8	20.0
	a	-23.8	-29.5	-13.0	-16.4	-10.1	-13.5	-12.2	-9.6	-14.0	-14.1	-17.7	-24.2	-23.6	-15.6	-15.7	-17.6
	b	-29.0	-27.0	-44.4	-41.0	-47.2	-44.4	-45.0	-51.0	-42.6	-44.6	-35.6	-29.9	-30.4	-39.8	-40.0	-38.8

$$D = a + b\sqrt{T} \quad (1) \quad L^* = a + b\sqrt{T} \quad (2) \quad a^* = a + bT + cT^2 \quad (3) \quad b^* = a + b\sqrt{T} \quad (4)$$

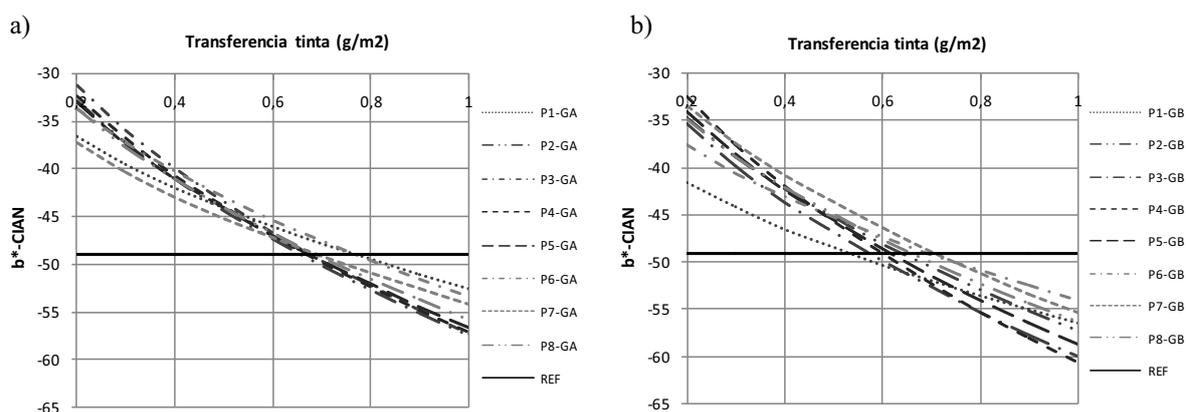
La evolución de la densidad y de la coordenada L\* (en ambos colores) y de la coordenada b\* (solo en la tinta cian) es proporcional a la raíz cuadrada de la transferencia de tinta; esto significa que para transferencias pequeñas (<1g/m<sup>2</sup>) los incrementos de estas variables son mayores que cuando se transfieren cantidades más altas. Sin embargo el valor de a\* y b\*, en la tinta negra, siempre sigue un polinomio de orden 2 en T.

**Tabla 3. Coeficientes de correlación de las ecuaciones de ajuste entre propiedades impresión y transferencia de tinta (Color Negro).**

		P1		P2		P3		P4		P5		P6		P7		P8	
		GA	GB	GA	GB	GA	GB	GA	GB	GA	GB	GA	GB	GA	GB	GA	GB
D	a	-0.8	-0.6	-0.6	-0.7	-0.3	-0.5	-0.6	0.6	-0.5	0.7	-0.6	-0.5	-0.1	-0.4	-0.5	-0.6
	b	3.0	2.8	2.5	2.9	2.1	2.5	2.6	2.7	2.4	2.8	2.2	2.4	1.7	2.2	2.3	2.6
L*	a	100.7	90.2	85.3	90.7	82.8	87.9	85.9	90.3	88.5	88.6	82.7	85.7	68.8	81.2	86.6	86.3
	b	-103.5	-89.2	-78.0	92.1	-73.6	-84.6	-78.2	-89.5	-80.1	-86.9	-68.8	-76.6	-51.9	-70.6	-75.3	-80.5
a*	a	-0.3	0.1	0.2	-0.4	0.7	0.3	-0.2	-0.1	0.3	-0.2	0.5	0.5	1.1	0.6	0.7	0.2
	b	5.6	5.2	5.8	6.5	4.3	4.5	6.5	4.9	5.0	5.5	3.7	3.2	1.9	2.5	3.2	4.0
b*	c	3.7	-3.6	-4.1	-4.7	-2.9	-3.1	-4.4	-3.1	-3.3	-3.9	-2.5	-2.2	-1.2	-0.2	-2.0	-2.8
	a	-3.4	-2.2	-0.9	-2.4	0.3	-0.7	-1.4	-1.7	-1.0	-1.4	-0.2	-0.4	0.9	0.3	0.1	0.8
	b	26.9	23.4	13.9	25.5	9.9	19.3	15.1	21.7	13.9	20.3	9.7	13.1	4.1	10.4	8.7	16.3
	c	-19.8	-17.9	-9.7	-20.6	-6.9	-14.9	-10.5	-16.5	-9.4	-15.8	-6.0	-8.9	-2.3	-6.9	-5.8	-12.1

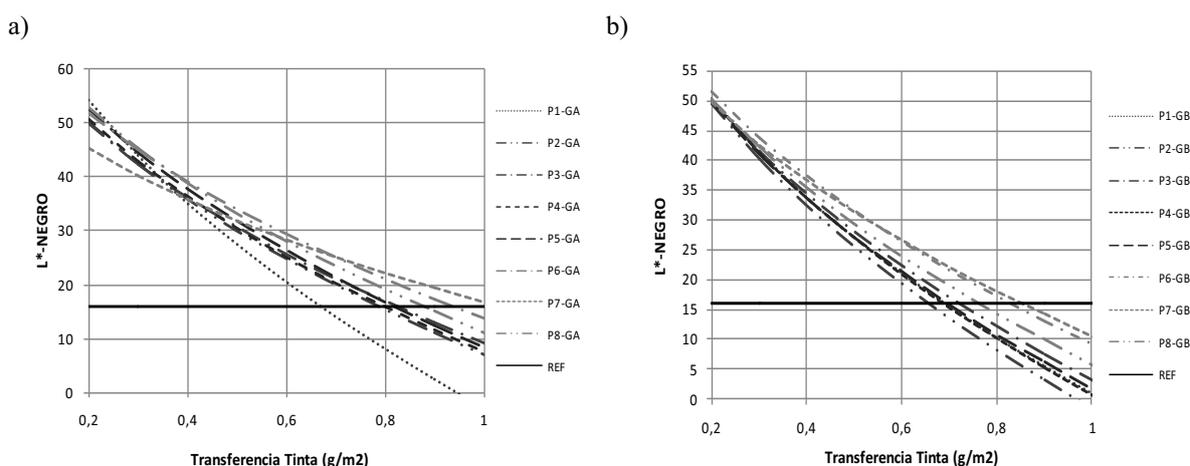
$$D = a + b\sqrt{T} \quad (1) \quad L^* = a + b\sqrt{T} \quad (2) \quad a^* = a + bT + cT^2 \quad (3) \quad b^* = a + bT + cT^2 \quad (4)$$

Al estudiar los modelos de regresión se observa que las mayores diferencias entre las dos gamas se han encontrado para la tinta cian en el valor de la coordenada  $b^*$ , Fig. 1a) y 1b), y en el valor de la densidad y la coordenada  $L^*$  para la tinta negra, Fig. 2a) y 2b), lo cual es lógico porque las diferencias deben aparecer en el eje colorimétrico donde la tinta es efectiva. La tinta azul presenta cambios significativos en la coordenada  $b^*$ , que oscila del color cian (valores negativos) al amarillo (valores positivos). En la tinta negra los cambios se verán en la densidad, relacionada con la intensidad colorimétrica de la mancha, y en la  $L^*$ , que varía de negro (valor 0) a blanco (valor 100). El resto de variables colorimétricas son semejantes en todos los papeles independientemente de la tinta elegida.



**Figura 1. Influencia de la transferencia de tinta en la coordenada colorimétrica  $b^*$  (Color Cian): a) Ecuaciones de regresión GA; b) Ecuaciones de regresión GB.**

En las Fig. 1 se observa que la gama B en el color cian es mucho más eficiente desde el punto de vista colorimétrico que la gama A, ya que para la misma transferencia de tinta ( $0.2 \text{ g/m}^2$ ) el valor de  $b^*$  es mucho más negativo. Por el contrario, para el color negro la gama A es mucho más eficiente (Fig. 2). Esto significa que para conseguir un determinado tono se va a necesitar más o menos tinta, en función de la gama elegida. También se observa que, para conseguir las coordenadas colorimétricas fijadas para las impresiones sólidas en la norma ISO 12647-2 (REF), la variabilidad en el consumo de tinta entre los diferentes papeles es menor en la GA (cian:  $0.7\text{-}0.8 \text{ g/m}^2$  y negro:  $0.8\text{-}1.0 \text{ g/m}^2$ ) que en la GB (cian:  $0.5\text{-}0.7 \text{ g/m}^2$  y negro:  $0.65\text{-}0.9 \text{ g/m}^2$ ).

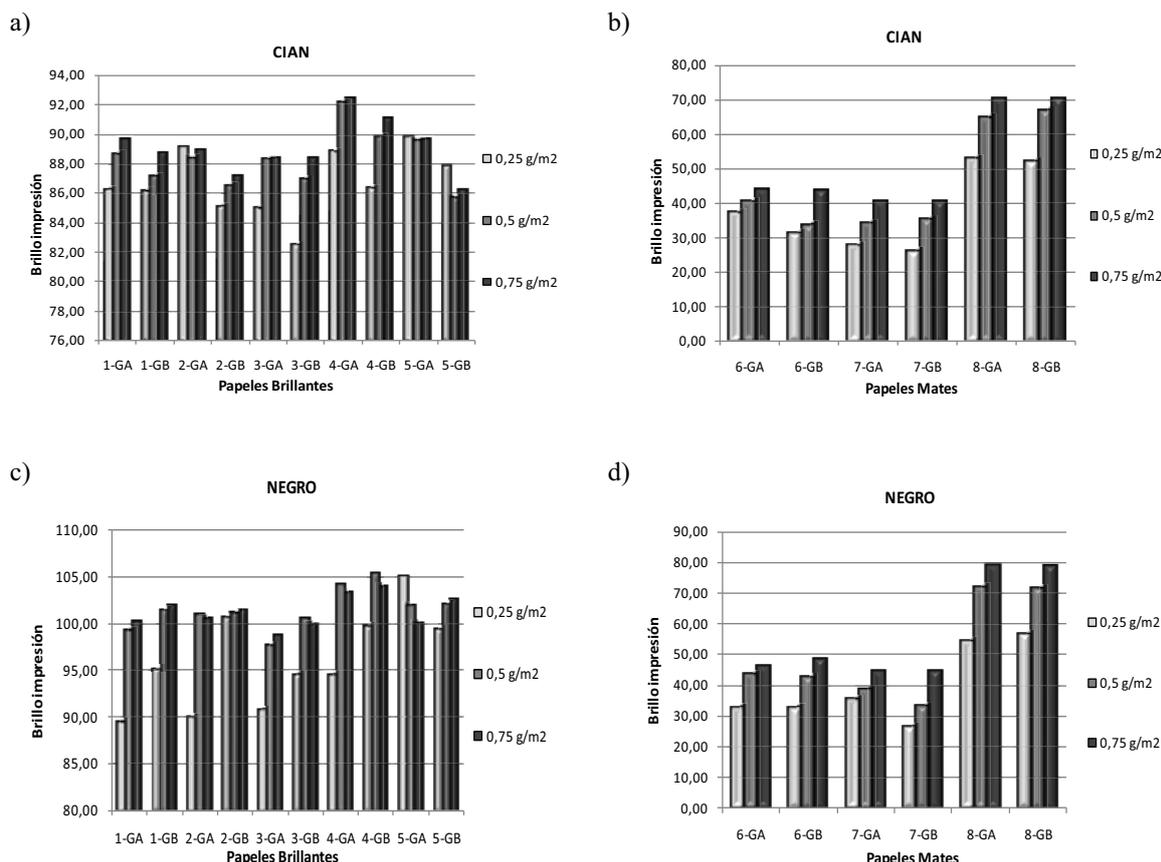


**Figura 2. Influencia de la transferencia de tinta en la coordenada colorimétrica  $L^*$  (Color Negro): a) Ecuaciones de regresión GA; b) Ecuaciones de regresión GB.**

La variabilidad en los resultados de la impresión entre los diferentes papeles analizados dentro de un mismo tipo de tinta (gama y color) es debida a las características del papel [3, 10, 13]; sin embargo el

que las diferencias sean más acentuadas en una gama u otra se debe a las propiedades de la tinta, por tanto en futuros trabajos sería interesante estudiar qué componentes de la tinta influyen en mayor medida en la repuesta colorimétrica.

No se ha encontrado una correlación entre el brillo de la impresión y la transferencia de tinta para todos los papeles analizados. De los datos experimentales se ha calculado el brillo medio de la impresión con unas transferencias de tinta de  $0.25 \text{ g/m}^2$ ,  $0.5 \text{ g/m}^2$  y  $0.75 \text{ g/m}^2$ , en un rango de  $\pm 0.05 \text{ g/m}^2$ .



**Figura 3. Comparativa del brillo de la impresión para distintas gamas y colores de tinta: a) Papeles brillantes impresos en color cian; b) Papeles mates impresos en color cian; c) Papeles brillantes impresos en color negro; d) Papeles mates impresos en color negro.**

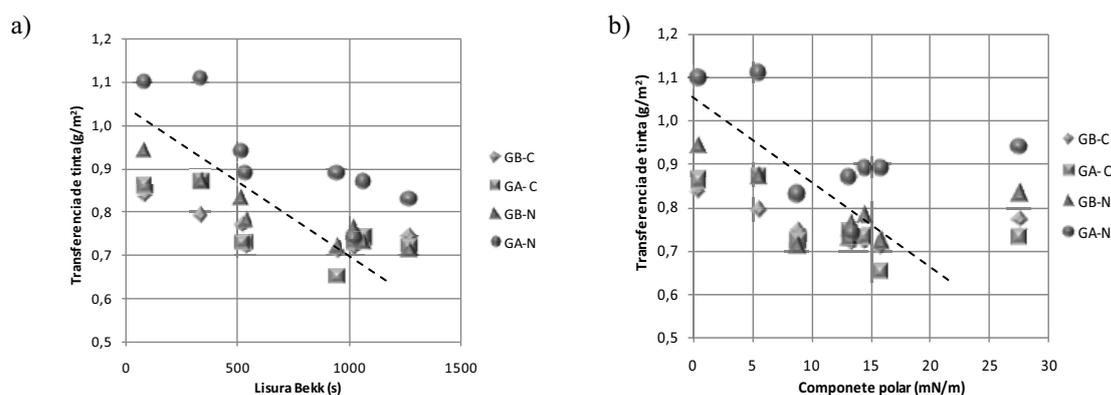
En la Fig. 3 se observa claramente que los papeles brillantes alcanzan un valor de brillo siempre mayor que los mates, y el valor conseguido es similar en todos ellos independientemente del color y la gama de tinta utilizada. También se observa que la tinta negra da lugar a impresiones más brillantes que la cian.

En los papeles brillantes el mayor incremento de brillo se produce con pequeñas transferencias de tinta y luego se mantiene prácticamente constante. Sin embargo, en los papeles mates el comportamiento es diferente; también el mayor incremento de brillo se produce con pequeñas cantidades de tinta, pero se observa un ligero aumento lineal con la transferencia de tinta. Destaca el papel 8, donde las ganancias de brillo son muy marcadas, lo cual posiblemente sea debido a que dicho papel tiene el valor más alto de lisura Bekk entre los mates (Tabla 1) [2].

### ***Relación de la calidad de impresión con las propiedades del papel***

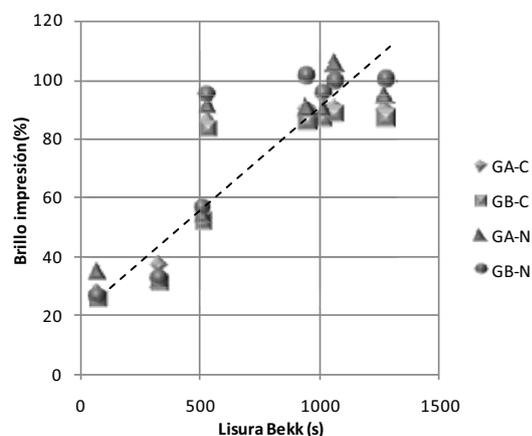
Para estudiar la relación entre la calidad de impresión y las propiedades del papel se calcularon los

valores medios de las coordenadas colorimétricas ( $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$ ) y del consumo de tinta en las probetas impresas a densidad comercial (negro:  $1.75 \pm 0.1$  y cian:  $1.45 \pm 0.1$ ). Se comprueba que el consumo de tinta depende linealmente de la lisura Bekk (Fig. 4a)). Además, aumentando en 1000 s. la lisura Bekk del papel se pueden obtener ahorros de  $0.20 \text{ g/m}^2$  de tinta para conseguir la misma densidad. Sin embargo, no se ha encontrado relación con la rugosidad PPS. Aunque otros autores [2, 14, 15] señalan este método como el más adecuado para caracterizar la topografía del papel estucado, todos los papeles brillantes presentan valores muy semejantes (Tabla 1).



**Figura 4. a) Relación entre la lisura Bekk y la transferencia de tinta y b) Relación entre componente polar de la energía de superficie y la transferencia de tinta.**

No se ha encontrado relación entre la energía libre de superficie y el consumo de tinta. Sin embargo, para la misma densidad, se ha observado que a medida que aumenta la componente polar de la misma disminuye el consumo de tinta (Fig. 4b)). Esta misma relación se ha encontrado con los valores de  $a^*$  y  $b^*$  en las tintas negras y con los valores  $a^*$  y  $L^*$  en las tintas cian, pero no se ha dado correlación en los ejes donde se evalúa el color de la tinta ( $L^*$  para la tinta negra y  $b^*$  para la cian). Esto se puede explicar porque la variabilidad de estas coordenadas es debida a la composición de la tinta y no a las características del papel, como ya se ha comentado. Por tanto, si se reduce la repelencia al agua de la superficie de la hoja, se mejora la capacidad de impresión del papel con tintas offset. Además, esta propiedad puede ser fácilmente modificable en la fabricación de papel, variando la composición de la salsa de estuco [7, 8, 12].



**Figura 5. Relación entre la lisura Bekk y el brillo de la impresión.**

No se debe olvidar que la impresión offset se basa en el uso conjunto de tinta y agua, y una excesiva mojabilidad del papel puede dar lugar a otros defectos de impresión como son la falta de uniformidad y la impresión fantasma [4, 5, 13]. En futuros trabajos se estudiará cómo afecta la energía libre de superficie a la calidad de impresión empleando tinta y soluciones de mojado.

Se han correlacionado las propiedades superficiales del papel y el brillo de la impresión para  $0,25 \text{ g/m}^2$  de tinta. Del análisis se obtuvo que la única variable con influencia en el brillo de la impresión es la lisura Bekk, independientemente del tipo de tinta o color seleccionado (Fig. 5). Esto significa que el brillo de la impresión en los papeles estucados de alta gama está principalmente condicionado por la topografía y no por la naturaleza química de la superficie.

## CONCLUSIONES

En los papeles estucados de alta gama, la densidad y los valores de las coordenadas CIELAB de la impresión sólida correlacionan muy bien con la cantidad de tinta transferida. Además, las ecuaciones de ajuste para las propiedades colorimétricas evaluadas en el eje de color donde la tinta es efectiva son modelos lineales de la raíz de la cantidad tinta transferida.

En las tintas estudiadas se han encontrado diferencias de comportamiento en las coordenadas CIELAB correspondientes al color de la tinta ( $b^*$  para el cian y  $L^*$  para el negro). El brillo de la impresión no depende de las propiedades de la tinta ni de la naturaleza química de la superficie del papel, siendo la rugosidad la variable que más condiciona esta propiedad.

Los parámetros del papel que mejor explican el consumo de tinta para conseguir una determinada densidad son la lisura Bekk y la componente polar de la energía libre de superficie, dos parámetros fácilmente modificables en la fabricación de papel, permitiendo producir papeles que consuman menos tinta en la impresión.

## REFERENCIAS

1. Sing, P. Printability of paper. *IPPTA Journal*. **20** (4): 79-87 (2008)
2. Ström, G. Englund, A. and Karathanasis, M. Effect of coating structures on print gloss after sheet-fed offset printing. *NPPRJ*. **18**: 108-115 (2003).
3. Ström, G. Interaction between offset ink and coated paper- A review of the present understanding. Proc. 13<sup>th</sup> Fundamental Research Symposium, Cambridge, September (2005).
4. Tåg, C.M., Pykönen M., Rosenholm J.B. y Beackfolk K. Wettability of model fountain solutions: The influence on topo-chemical and -physical properties of offset paper. *JCIS*. **330**: 428-436 (2009).
5. Etzler, F. M. Surface free energy of paper and inks: Printability issues. Papermakers Conference. Tappi proceeding: 383-394 (1995).
6. Oliveira, N.J. Evaluation of paper surface quality. Proc. 28<sup>th</sup> EUCEPA, Lisboa (Portugal) (2003).
7. Moutinho, I., Figueiredo, M., Ferreira P.J. Influência dos agentes de colagem superficial na estrutura do papel-Uma análise química. Proc III CIADICYP, Córdoba (España) (2004).
8. Shen, W., Filonanko, Y., Truong, Y., Parker, I.H. Contact angle measurement and surface energetics of sized and unsized paper. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects* **173**: 117-126 (2000).
9. Bodurtha, A., Matthews, G. P., Kettle, J.P. Influence of anisotropy on the dynamic wetting and permeation of paper coatings. *JCIS*. **283**: 171-189 (2004).
10. Kajanto, I.M. Correlation Between Local Amount of Ink and Local Print Density. *JPPS* **17** (5): J178-J184 (1991).
11. Donigian, D., W., Ishley, J., N., and Wise, K., J. Coating pore structure and offset printed gloss. *TAPPI Journal* **80** (5):165-172 (1997).
12. Oliveira, P., Conceição, S., Santos, N.F, Velho, J., Ferreira, P. The influence of rheological modifiers on coated papers: a comparison between CMC and MHPC. Proc. III CIADICYP, Córdoba (España) (2004).
13. Wei, Gu., Douglas, W., Bousfield and Carl P. Tripp. The role of surface hydrophobicity in offset ink setting. *NPPRJ* **22** (1) (2007).
14. Parker, J.R. Development and Applications of a Novel Roughness Tester. *TAPPI Journal* **54** (6): 943 –949. (1971).
15. Mangin, P. J. and De Grace, J. H. An analysis of the accuracy of measuring paper roughness with the Parker Print Surf. Proc. International Printing Graphics Arts/Testing Conf. Atlanta, 125, *TAPPI PRESS*. (1984).