

# Evaluación del destello y del granulado en pinturas de automóviles mediante un sistema gonio-hiperespectral basado en LEDs

Francisco J. Burgos-Fernández<sup>1\*</sup>, Meritxell Vilaseca<sup>1</sup>, Esther Perales<sup>2</sup>, Francisco M. Martínez-Verdú<sup>2</sup>, y Jaume Pujol<sup>1</sup>

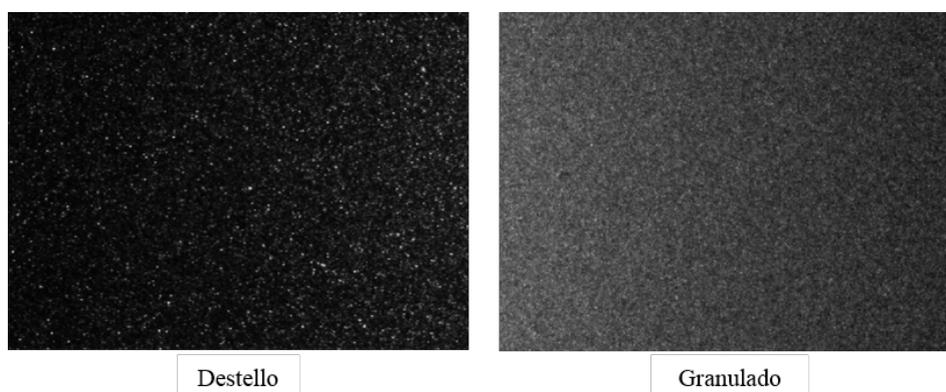
<sup>1</sup>*Centro de Desarrollo de Sensores, Instrumentación y Sistemas, Universidad Politécnica de Cataluña. Rambla de Sant Nebridi 10, 08222, Terrassa, España*

<sup>2</sup>*Departamento de Óptica, Farmacología y Anatomía, Universidad de Alicante. Carretera de San Vicente del Raspeig s/n, 03690, Alicante, España*

<http://www.cd6.upc.edu> <http://web.ua.es/gvc>

## 1. Introducción

La apariencia de los objetos es una característica cuya complejidad ha incrementado tras el paso del tiempo a causa de la aparición de nuevos pigmentos. Los parámetros de color y brillo resultan insuficientes en algunos casos que requieren una caracterización más precisa, necesitando descriptores tales como el destello y el granulado (Fig. 1) [1, 2]. Un ejemplo de estos pigmentos son los llamados gonio-cromáticos, gonio-aparentes o de efecto, los cuales exhiben variaciones en su aspecto en función de los ángulos de iluminación y observación [3, 4]. Estos se dividen en pigmentos metalizados (variaciones de luminosidad) y perlados (variaciones de tono y cromata).



**Figura 1:** Ejemplos de destello (izquierda) y granulado (derecha).

Este tipo de pigmentos ha despertado un gran interés en numerosos sectores de la industria, como por ejemplo en la cosmética y la automovilística, dando lugar a la aparición de nuevas líneas de investigación centradas en el estudio y caracterización de la apariencia de estas pinturas. Como resultado, desde hace algunos años existen en el mercado espectrofotómetros que permiten evaluar el color en diferentes geometrías (X-Rite MA98<sup>®</sup>, Datacolor FX-10<sup>®</sup>) así como también el destello y el granulado (BYK-mac<sup>®</sup>).

A pesar de que estos dispositivos ofrecen información colorimétrica muy precisa, solo analizan una región muy reducida de la muestra. Este hecho puede suponer una limitación considerable cuando se examinan materiales cuya apariencia varía por toda la muestra según cómo se iluminan u observan. Con el objetivo de vencer esta limitación, proponemos un sistema gonio-hiperespectral de imagen basado en LEDs que garantiza la evaluación colorimétrica y de la textura (destello y granulado) en un área extensa con información píxel a píxel. Después de demostrar su validez en el análisis del color [5], se presentan las correlaciones de destello y granulado entre los valores proporcionados por el sistema propuesto y los

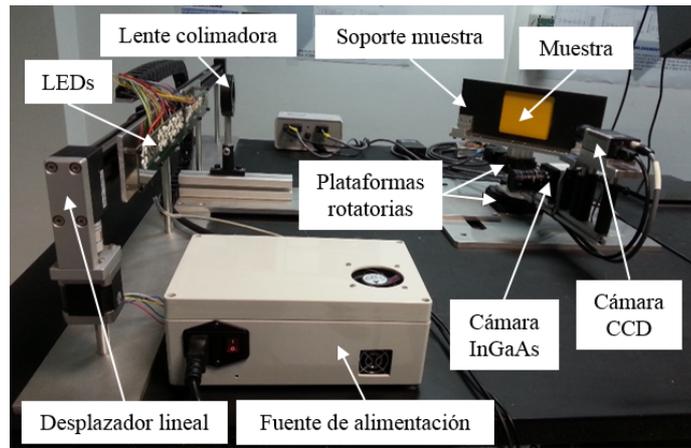
---

\* e-mail: francisco.javier.burgos@cd6.upc.edu

generados por el gonio-espectrofotómetro BYK-mac<sup>®</sup>, el único dispositivo comercial que proporciona estos parámetros.

## 2. Material y Método

El sistema propuesto (Fig. 2) consta de dos plataformas rotatorias motorizadas que permiten variar los ángulos de iluminación y observación, una cámara CCD con sensibilidad mejorada en el UV (200nm – 1000nm), una cámara InGaAs (900nm – 1700nm) y una fuente de luz LED formada por 28 canales espectrales (370nm – 1300nm) y uno blanco para el análisis específico de la textura. Este dispositivo se utilizó para el análisis de un conjunto de muestras compuesto por cinco metalizadas, cinco perlas y cinco sólidas (apariencia constante). Las regiones evaluadas fueron de 23mm x 23mm (similar a la empleada por el BYK-mac<sup>®</sup>) y 50mm x 37mm (máximo campo visual de la cámara CCD).



**Figura 2:** Sistema gonio-hiperespectral basado en LEDs.

El destello se analizó en 10 geometrías distintas y bajo todos los canales espectrales, pero en este trabajo solo se muestran los resultados de la evaluación con el canal blanco y en las geometrías comunes con el BYK-mac<sup>®</sup>. En éstas, la observación tiene lugar desde la dirección normal a la muestra mientras que la iluminación se da en tres ángulos distintos: 15°, 45° y 75° con respecto a la normal. Según los estándares de la CIE (Commission Internationale de l'Éclairage), corresponderían a las geometrías de 15°x:0°, 45°x:0° y 75°x:0°. En todas se empleó luz direccional para poner en evidencia su destello. Por otro lado, el granulado requiere el uso de luz difusa y el ángulo de observación no es relevante, de modo que a consecuencia de las características estructurales del sistema, este se midió a 12,5° respecto a la normal (d:12,5°). La luz difusa se consiguió interponiendo un difusor entre los LEDs y la muestra.

Para el cálculo del parámetro de destello, primero se estableció un umbral mediante el método del triángulo [6] para detectar y aislar las microrregiones brillantes del resto de la imagen. Después se generaron tres índices:  $D_A$ ,  $D_C$  y  $D_Q$ , área, contraste y cantidad de destello, respectivamente.  $D_A$  es el promedio del área en píxeles de todas las microrregiones mencionadas,  $D_C$  es el contraste promedio calculado según el contraste de Weber (Ec. (1)) entre las microrregiones y su alrededor y  $D_Q$  es el factor de cantidad del destello, que se obtiene como el cociente entre el número de píxeles por encima del umbral y el número total de píxeles de la imagen.

$$W_C = \frac{L_E - L_F}{L_F} \quad (1)$$

$L_E$  es la luminancia del estímulo (microrregiones brillantes) y  $L_F$  corresponde a la luminancia del fondo. En este caso, en lugar de trabajar con valores de luminancia se emplearon valores de reflectancia con la intención de hacer extensible este método al infrarrojo.

El granulado se cuantificó por medio de las propiedades estadísticas del histograma de cada imagen, concretamente, a través del estudio de la energía (Ec. (2)). Este es un descriptor de la uniformidad de la imagen cuyos valores pueden oscilar entre 0 y 1, siendo máximo para una imagen constante.

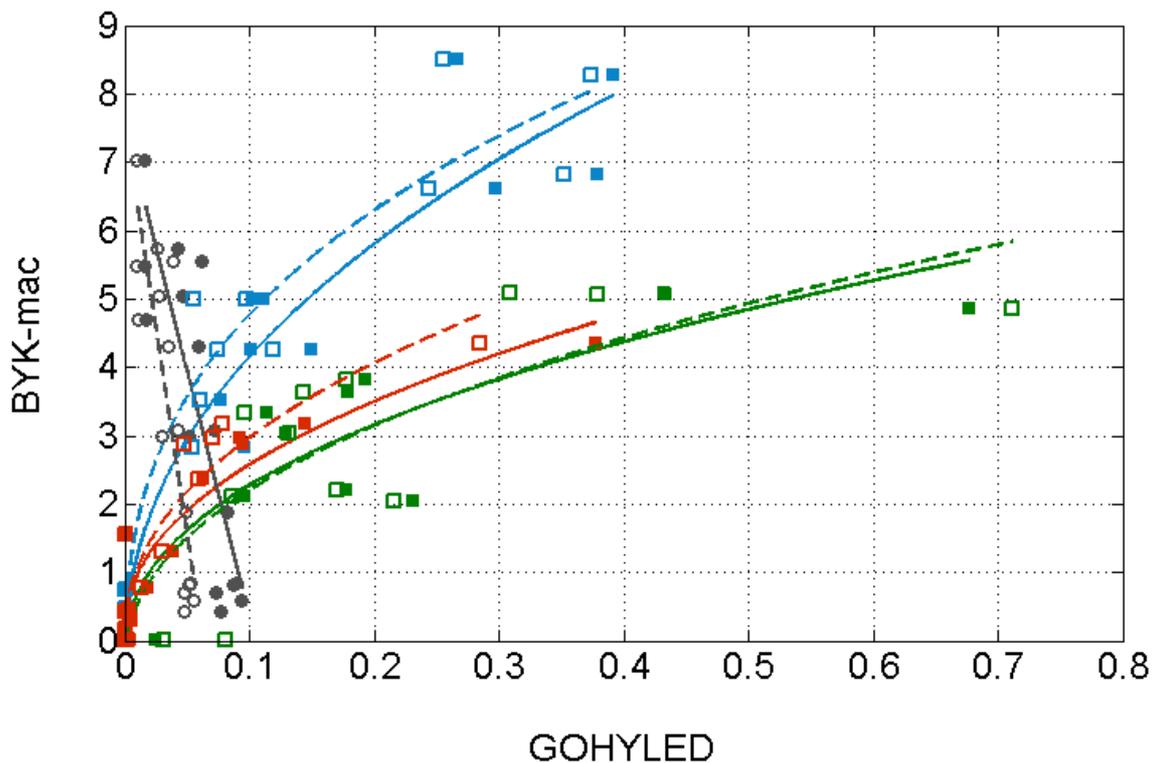
$$En = \sum_i^N P_i^2 \quad (2)$$

$P_i$  es el valor del elemento  $i$  del histograma y  $N$  es el número de niveles en que se divide el histograma.

Los valores de destello determinados según el método descrito se ajustaron a los proporcionados por el BYK-mac<sup>®</sup> mediante una función de potencia ( $y = a \cdot x^b + c$ ). En esta,  $x$  representó al producto de los índices  $D_A$ ,  $D_C$  y  $D_Q$ . Sin embargo, el granulado se ajustó linealmente ( $y = a \cdot x + b$ ), donde  $x$  fue directamente el valor de la energía.

### 3. Resultados y Discusión

En la Fig. 3 se encuentran representados los valores de destello y granulado de las dos regiones analizadas con el sistema gonio-hiperespectral presentado (GOHYLED) y el gonio-espectrofotómetro BYK-mac<sup>®</sup>, junto con sus correspondientes curvas de ajuste. El granulado destaca por su comportamiento inverso respecto a los resultados del BYK-mac<sup>®</sup>. Este fenómeno se debe a la cuantificación de la uniformidad a través del parámetro de la energía, cuyos valores aumentan cuanto más constante es la imagen, mientras que los del BYK-mac<sup>®</sup> disminuyen con la uniformidad. A pesar de ello, tanto los valores de destello como los de granulado de ambas regiones se encontraron muy cercanos los unos de los otros.



**Figura 3:** Valores de destello y granulado del sistema gonio-hiperespectral (GOHYLED) y el gonio-espectrofotómetro BYK-mac<sup>®</sup>. Los marcadores rellenos y las líneas sólidas corresponden a la región de 23mm x 23mm y los marcadores vacíos y las líneas discontinuas corresponden a la región de 50mm x 37mm. Se encuentran representados los datos para las geometrías de destello de 15°x:0° (azul), 45°x:0° (verde) y 75°x:0° (rojo) y de granulado d:12,5° (gris).

La Tabla 1 muestra los coeficientes de determinación ( $R^2$ ) resultantes de los ajustes entre el sistema gonio-hiperespectral y el gonio-espectrofotómetro BYK-mac<sup>®</sup> para ambas regiones de medida. En general, los resultados revelaron una buena correlación, llegando a ser excelente en algunas geometrías ( $R^2 > 0,9$ ). El ajuste del destello disminuyó en aquellas en que la adquisición se produjo en una posición más alejada del reflejo especular, por lo tanto, las más oscuras (45°x:0° y 75°x:0°). Por el mismo motivo, el ajuste del granulado fue menor, ya que pese y a que la captura se realizó próxima al reflejo especular, el uso del

difusor provocó una reducción significativa de la iluminación de la muestra. El comportamiento descrito es muy similar en las dos regiones, permitiendo maximizar el uso del campo visual de la cámara sin que los valores de estos dos parámetros disminuyan y examinar así una mayor área de la muestra.

PARÁMETROS	Región de 23mm x 23mm				Región de 50mm x 37mm			
	15°x:0°	45°x:0°	75°x:0°	d:12,5°	15°x:0°	45°x:0°	75°x:0°	d:12,5°
DESTELLO	0,9347	0,8744	0,8884	-	0,9415	0,7516	0,8520	-
GRANULADO	-	-	-	0,7242	-	-	-	0,7370

**Tabla 1:** Coeficientes de determinación ( $R^2$ ) para los parámetros de destello y granulado.

#### 4. Conclusiones

Se ha presentado un sistema gonio-hiperespectral de imagen basado en LEDs para la evaluación del destello y el granulado en pinturas de automóviles. Este sistema ha demostrado una cuantificación precisa de ambos parámetros, muy similar a la ofrecida por el gonio-espectrofotómetro comercial BYK-mac, actualmente el único del mercado que proporciona estos parámetros y, por lo tanto, el instrumento de referencia en la industria.

El trabajo futuro se centrará en la introducción de más muestras en la estadística y la implementación de estos dos parámetros a nivel espectral, tanto en el rango visible del espectro electromagnético como en el infrarrojo. Además, se estudiará el uso de este dispositivo para el análisis del moteado, otro fenómeno también relacionado con las pinturas de automóvil. Este aparece como consecuencia de una aplicación incorrecta de la pintura, dando lugar a la generación de capas a distintas profundidades. En consecuencia, el análisis de estas en el rango infrarrojo puede ser muy revelador.

**Agradecimientos:** Al Ministerio de Ciencia e Innovación por la concesión del proyecto DPI2011-30090-C02 y a la Unión Europea. Francisco J. Burgos agradece también a la Generalitat de Catalunya la concesión de una beca predoctoral de formación de investigadores.

#### Bibliografía

- [1] ASTM Std. E284-13b, *Standard Terminology of Appearance* (2013).
- [2] E. Kirchner, J. Ravi, “Predicting and Measuring the perceived Texture of Car Paints”, *Proceedings of the 3<sup>rd</sup> International Conference on Appearance*, pp. 25-28 (2012).
- [3] F.J. Maile, G. Pfaff, P. Reynders, “Effect pigments – past, present and future”, *Prog. Org. Coat.*, **54**(3), pp. 150-163 (2005).
- [4] G. Pfaff, *Special Effect Pigments* (Vincentz Network, Hannover, 2008).
- [5] F. J. Burgos-Fernández, M. Vilaseca, E. Perales, E. Chorro, F. M. Martínez-Verdú, J. Fernández-Dorado, J. L. Alvarez-Muñoz, J. Pujol, “LED-based gonio-hyperspectral system for the analysis of automotive paintings”, *Proceedings of the AIC2015 Tokyo – Midterm Meeting of the International Colour Association*, pp.1272-1277 (2015)
- [6] G. W. Zack, W. E. Rogers, S. A. Latt, “Automatic measurement of sister chromatid exchange frequency”, *J. Histochem. Cytochem.*, **25**(7), pp. 741-753 (1977).