



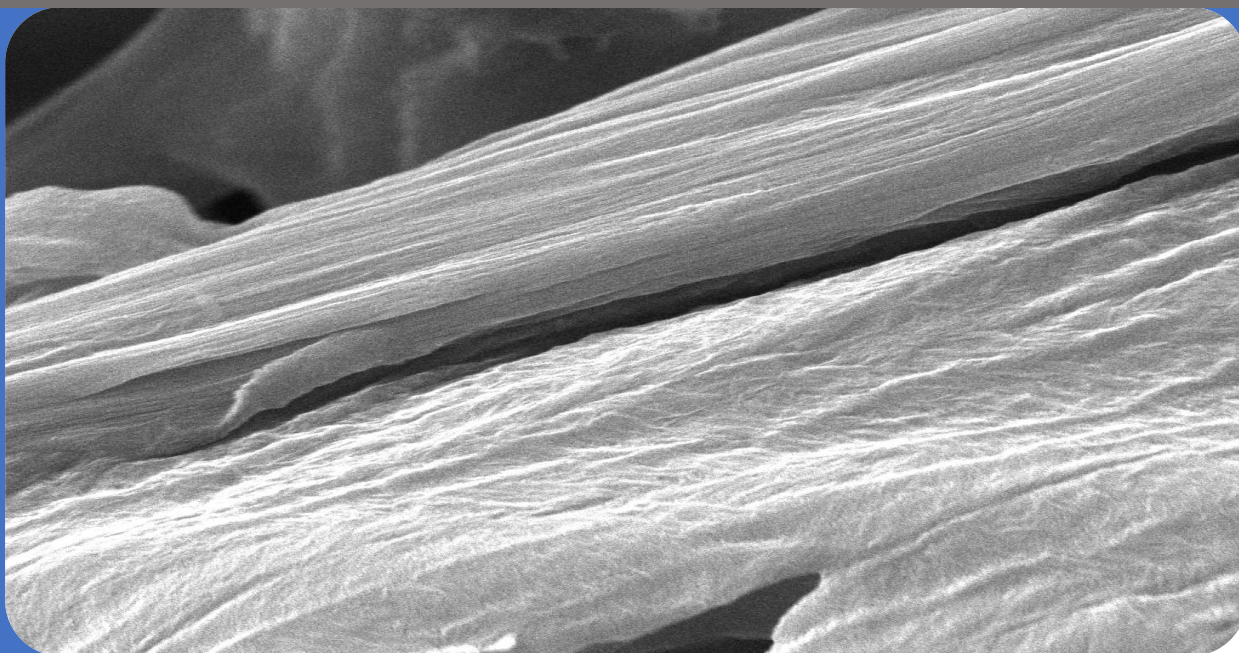
Universidad Zaragoza

FACULTAD DE CIENCIAS

DEPARTAMENTO DE QUÍMICA ANALÍTICA

ANEXOS. Desarrollo de test enzimático para la determinación de aminas biógenas

“Development of enzymatic test to the determination of biogenic amines”



Pablo Cebrián Aznárez
Directores: Javier Galbán Bernal

Isabel Sanz Vicente

Grupo de Biosensores Analíticos (GBA)

Curso 2018/2019

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por el MINECO de España (proyecto CTQ2016-76846R) y DGA-FEDER (Grupo E25_17R)

En primer lugar, quiero dar las gracias a mis tutores, Isabel y Javier, por la dedicación y formación que han invertido en mí y en este trabajo, por la libertad permitida a la hora de desarrollar e investigar las ideas que me han surgido para este trabajo y sobre todo por la confianza depositada en mí.

De igual manera agradecer a Susana De Marcos Ruiz, Ángel Lopez Molinero y Josefina Pérez Arantegui por todas las ideas y facilidades aportadas durante la realización del trabajo, así como a mis compañer@s de laboratorio.

Mención especial a mi familia, por su apoyo incondicional y por todo el ánimo que me han dado para sacar adelante trabajos como este y muchos tantos otros.

Por último, agradecer a Oscar Castejón Musulén su implicación indirecta en este trabajo aportando en más de una ocasión una perspectiva diferente a los problemas que han ido apareciendo en este trabajo.

A tod@s vosotr@s, muchas gracias.

Glosario

AB – Aminoácidos Biogénicos

AGU - Anhidroglucopiranososa

CI –Caja de Iluminación/ Dispositivo para las medidas de color

DAO – Enzima Diaminoxidasa

GBA – Grupo de Investigación de Biosensores Analíticos

GW- Grays World

HRP – Enzima Peroxidasa

NC – Nanocelulosa

MCC – Celulosa Microcristalina

SEM – Scanning Electron Microscopy/Microscopio electrónico de barrido

TMB – 3,3',5,5'-Tetramethylbenzidine/
3,3',5,5'-Tetrametil Benzidina

%wt – Porcentaje en peso

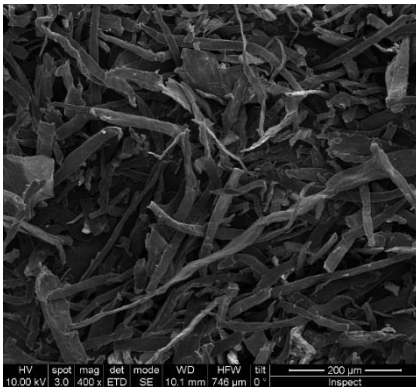
Indice

ANEXO I – SEM de Celulosa Microcristalina y Nanocelulosa.....	1
ANEXO II – SEM de ocho muestras de NC con distintos tratamientos de ácido sulfúrico y tiempos de reacción.....	3
ANEXO III – SEM de dos muestras antes y después de los procesos de sonicación/disgregación	7
ANEXO IV – SEM de una misma muestra de NC disgregada para la medida de 24 fibras de NC.....	9
ANEXO V – Transformación matemática entre distintos espacios de color. De RGB a XYZ y de XYZ a CIE Lab. De CIE Lab a XYZ y de XYZ a RGB.....	10
ANEXO VI – Caracterización de los colores de las plantillas para las Cajas de Iluminación	14
ANEXO VII – Estudio de color y homogeneidad lumínica en los distintos modelos de Caja de Iluminación	16
ANEXO VIII – Caracterización de 13 colores distintos de una Carta de Colores RAL ® ...	31
ANEXO IX – Iluminantes y su curva de distribución de potencia espectral.....	33
ANEXO X – Valores RGB, Lab y ΔE_{2000} para las medidas de 13 colores RAL bajo distintas fuentes lumínicas.....	34
ANEXO XI – Valores RGB, Lab y ΔE_{2000} para las medidas de 13 colores RAL bajo distintos teléfonos móviles	38
ANEXO XII – Fotografías de los distintos estudios llevados a cabo sobre soportes sólidos basados en Nanocelulosa	44

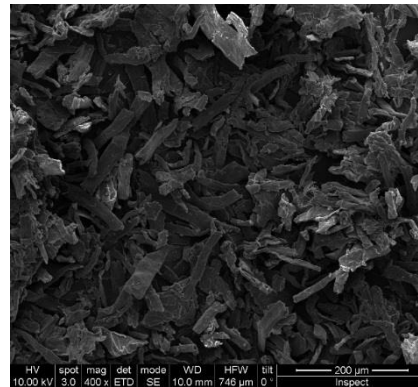
ANEXO I – SEM de Celulosa Microcristalina y Nanocelulosa.

Se tomaron varias imágenes, con distintas escalas, de Celulosa Microcristalina (MCC) MN 20 μm sin tratamiento con ácido sulfúrico y de Nanocelulosa (NC) tratada con ácido sulfúrico al 60% y tiempo de reacción de una hora mediante un Microscopio electrónico de barrido de emisión de campo. La preparación y toma de las imágenes fue realizada por las técnicas del Laboratorio de Microscopías Avanzadas de la Universidad de Zaragoza. La muestra de NC se nombrará según: NC seguido la concentración de sulfúrico utilizada en subíndice, guión y la cantidad de horas de reacción”. Por ejemplo, una muestra con 60% de sulfúrico sometida a una reacción de 2 horas se expresará como NC_{60-2} .

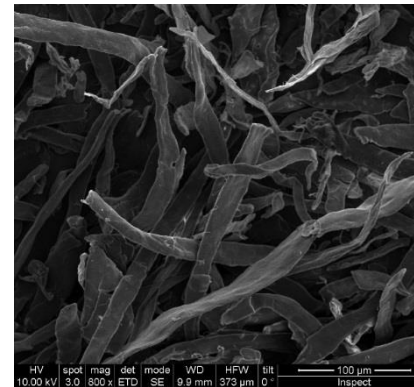
Comparación de MCC y NC_{60-1} 09/04/19



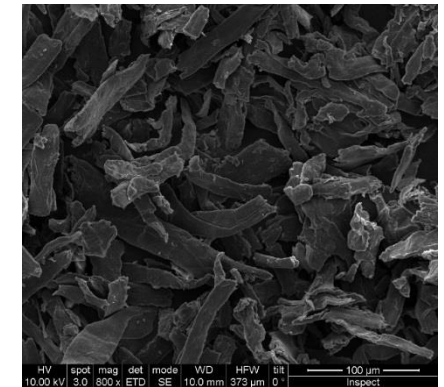
MCC Sin tratar con escala de 200 μm



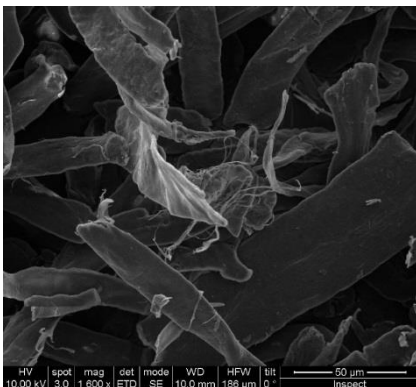
NC_{60-1} con escala de 200 μm



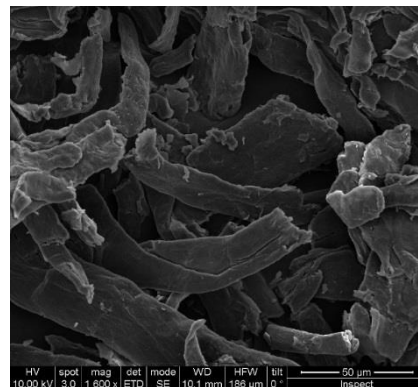
MCC Sin tratar con escala de 100 μm



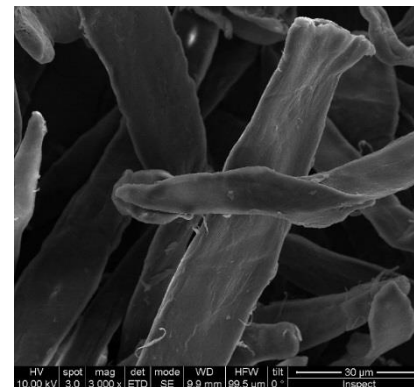
NC_{60-1} con escala de 100 μm



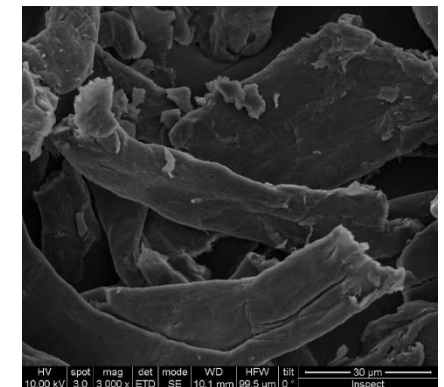
MCC Sin tratar con escala de 50 μm



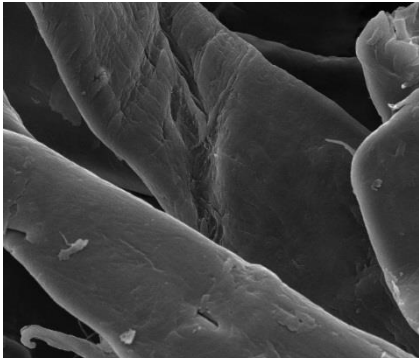
NC_{60-1} con escala de 50 μm



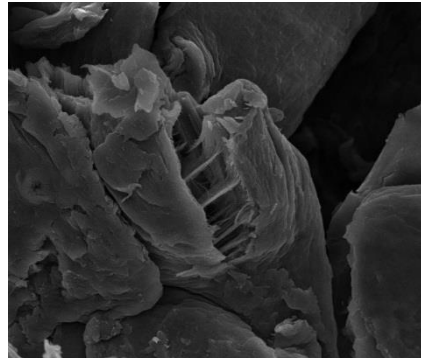
MCC Sin tratar con escala de 30 μm



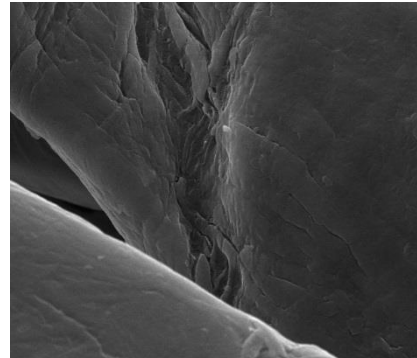
NC_{60-1} con escala de 30 μm



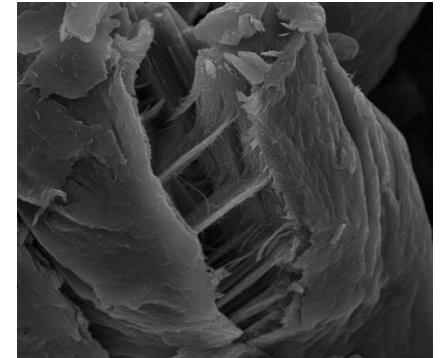
MCC Sin tratar con escala de 10 μm



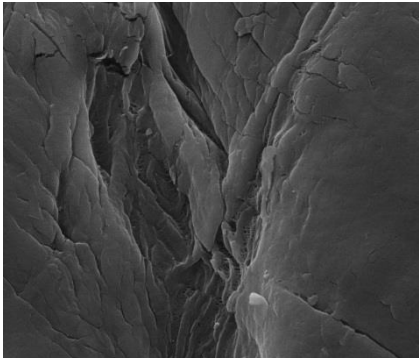
NC₆₀₋₁ con escala de 10 μm



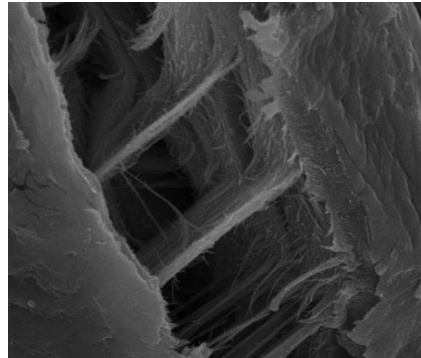
MCC Sin tratar con escala de 5 μm



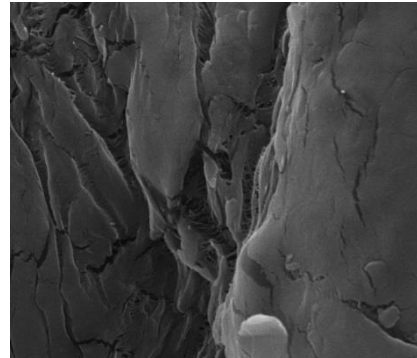
NC₆₀₋₁ con escala de 5 μm



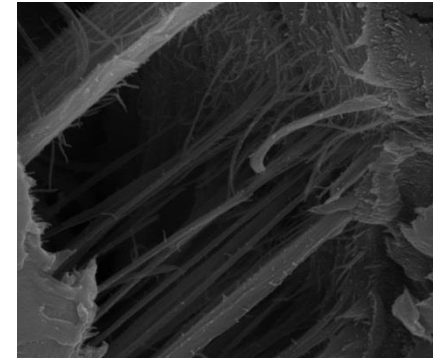
MCC Sin tratar con escala de 3 μm



NC₆₀₋₁ con escala de 3 μm



MCC Sin tratar con escala de 1 μm

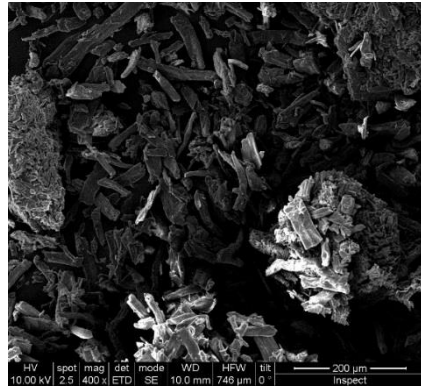


NC₆₀₋₁ con escala de 1 μm

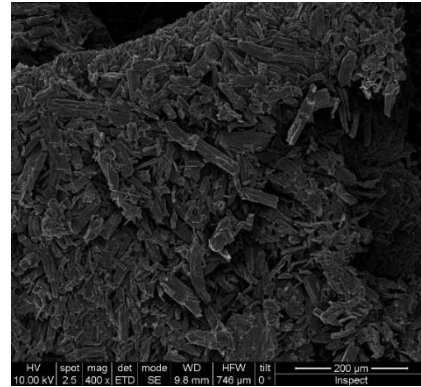
ANEXO II – SEM de ocho muestras de NC con distintos tratamientos de ácido sulfúrico y tiempos de reacción.

Se tomaron varias imágenes, con distintas escalas, de ocho muestras de NC bajo distintas condiciones de tratamiento con ácido sulfúrico y tiempos de reacción mediante un Microscopio electrónico de barrido de emisión de campo. La preparación y toma de las imágenes fue realizada por las técnicas del Laboratorio de Microscopías Avanzadas de la Universidad de Zaragoza. Estas muestras se nombrarán según el criterio especificado el ANEXO I.

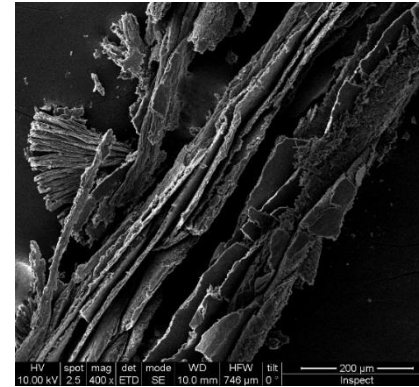
Comparación de Nanocelulosas 15/04/19



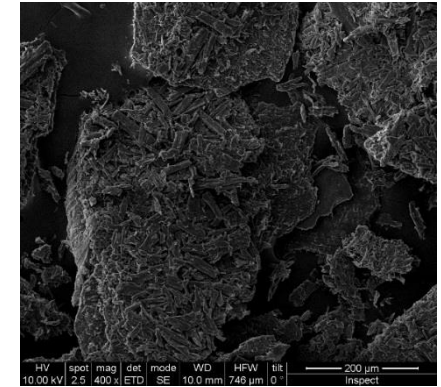
NC₆₀-1 con escala de 200 µm



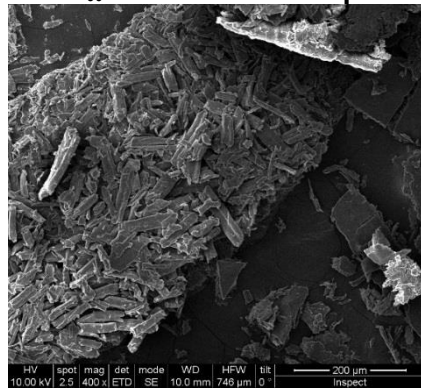
NC₆₀-2 con escala de 200 µm



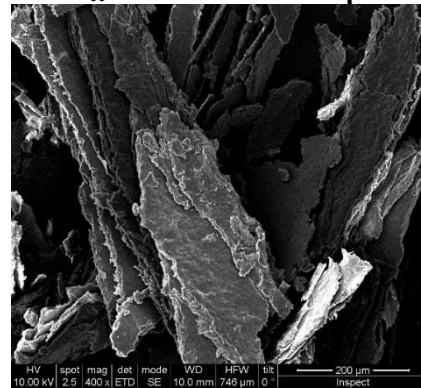
NC₆₀-3 con escala de 200 µm



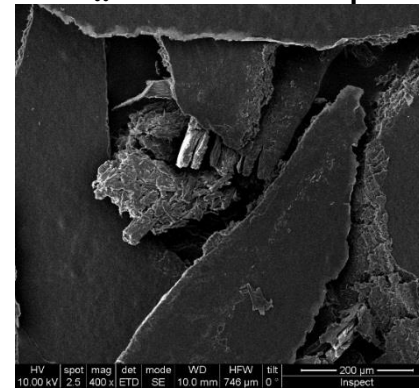
NC₆₀-4 con escala de 200 µm



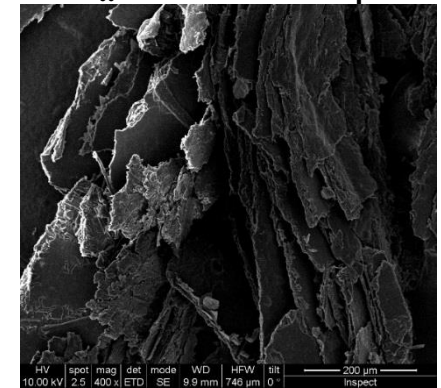
NC₇₀-1 con escala de 200 µm



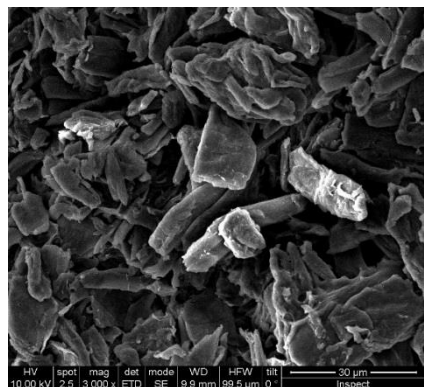
NC₇₀-2 con escala de 200 µm



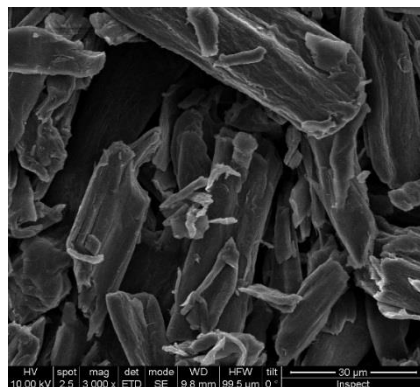
NC₇₀-3 con escala de 200 µm



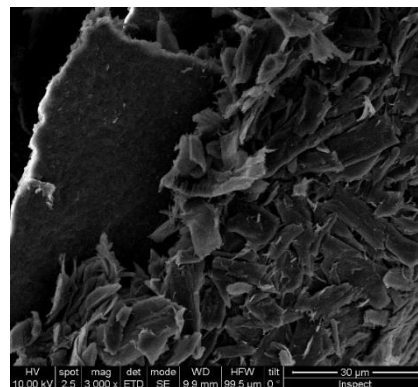
NC₇₀-4 con escala de 200 µm



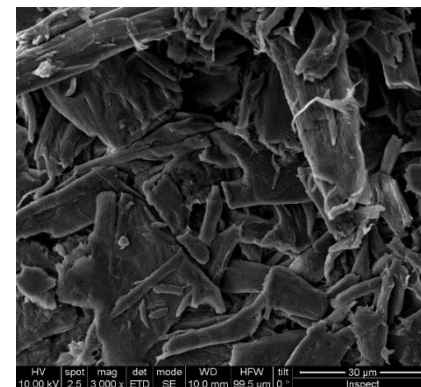
NC₆₀-1 con escala de 30 μm



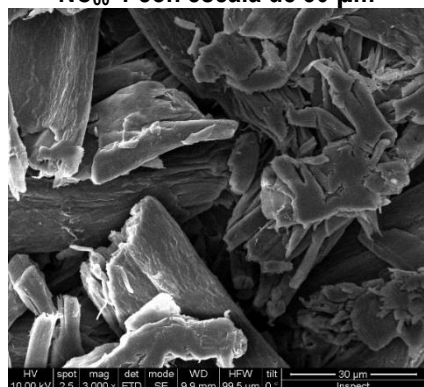
NC₆₀-2 con escala de 30 μm



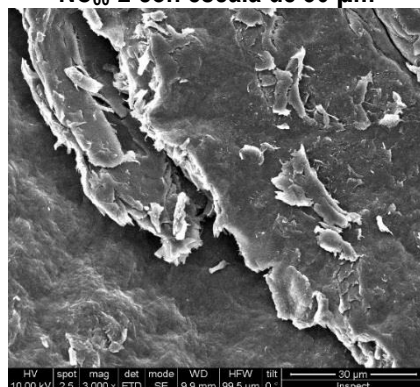
NC₆₀-3 con escala de 30 μm



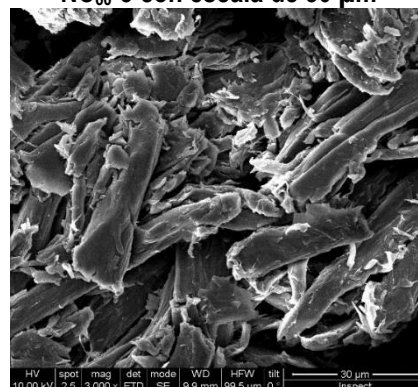
NC₆₀-4 con escala de 30 μm



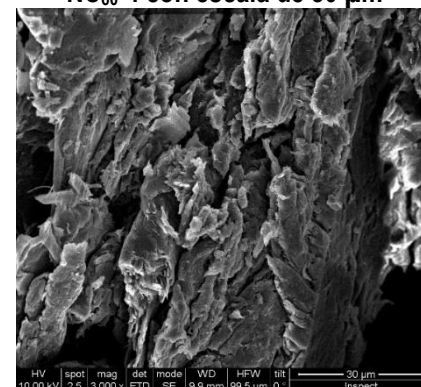
NC₇₀-1 con escala de 30 μm



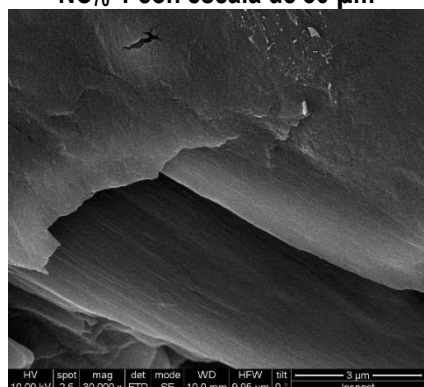
NC₇₀-2 con escala de 30 μm



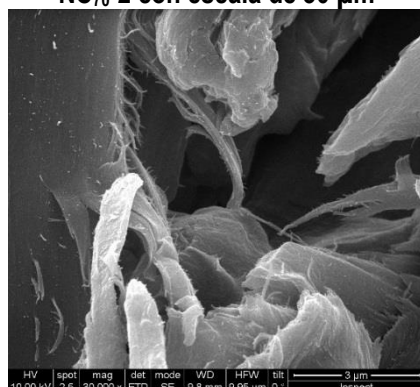
NC₇₀-3 con escala de 30 μm



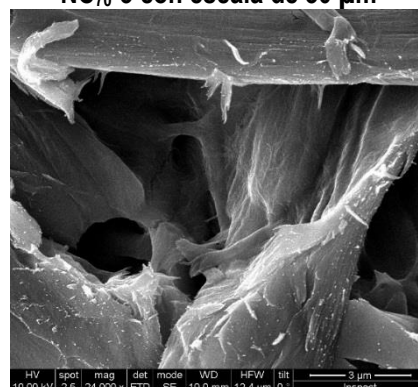
NC₇₀-4 con escala de 30 μm



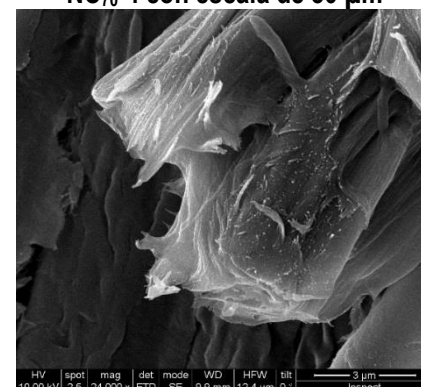
NC₆₀-1 con escala de 3 μm



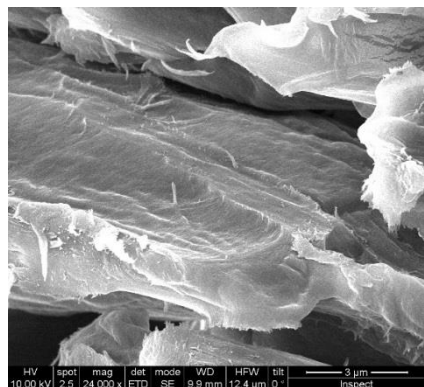
NC₆₀-2 con escala de 3 μm



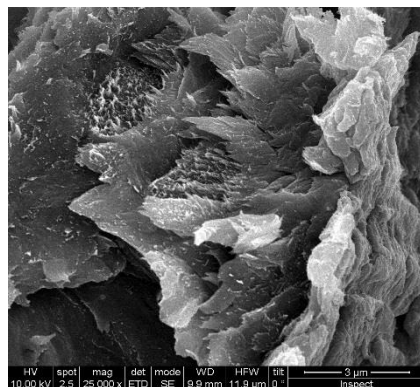
NC₆₀-3 con escala de 3 μm



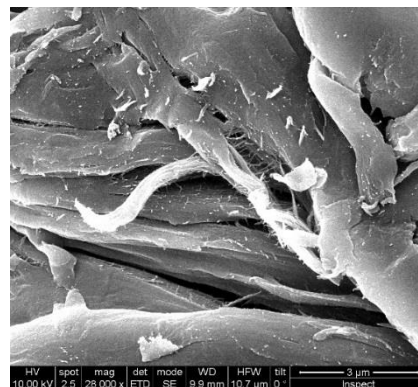
NC₆₀-4 con escala de 3 μm



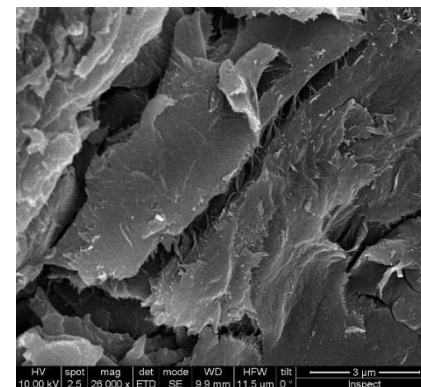
NC₇₀-1 con escala de 3 μm



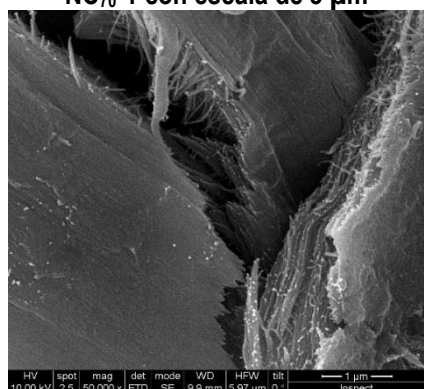
NC₇₀-2 con escala de 3 μm



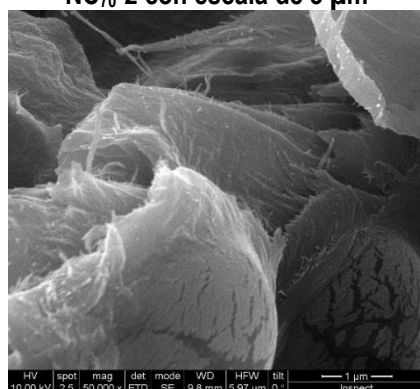
NC₇₀-3 con escala de 3 μm



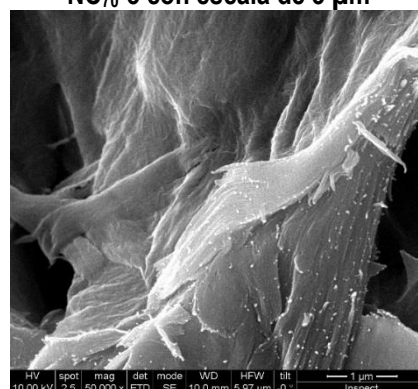
NC₇₀-4 con escala de 3 μm



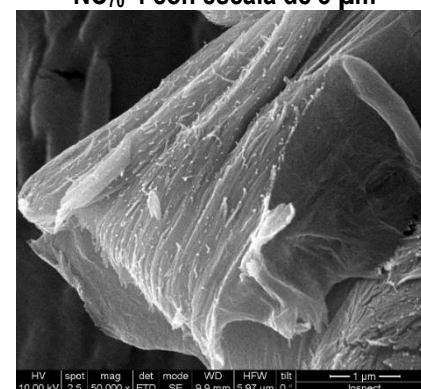
NC₆₀-1 con escala de 1 μm



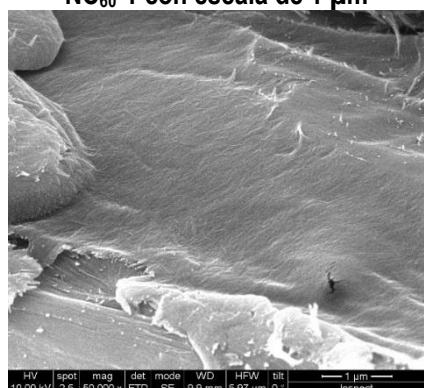
NC₆₀-2 con escala de 1 μm



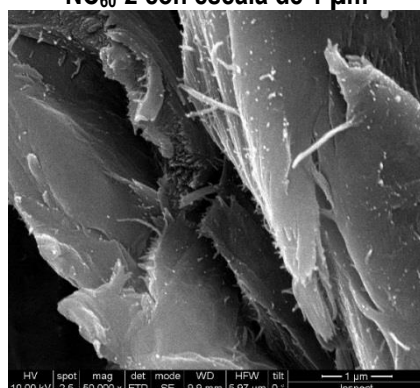
NC₆₀-3 con escala de 1 μm



NC₆₀-4 con escala de 1 μm



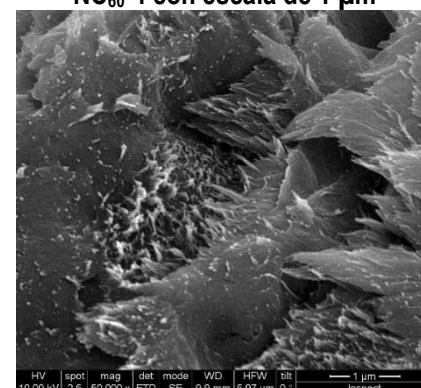
NC₇₀-1 con escala de 1 μm



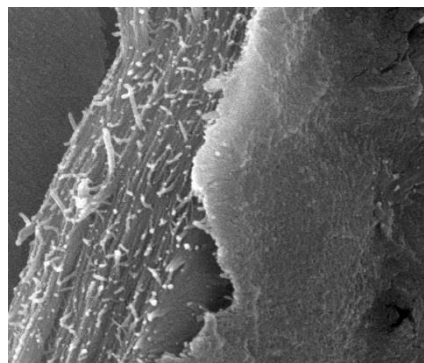
NC₇₀-2 con escala de 1 μm



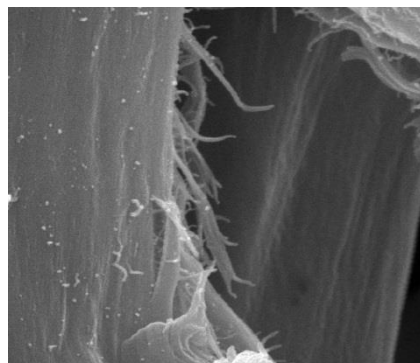
NC₇₀-3 con escala de 1 μm



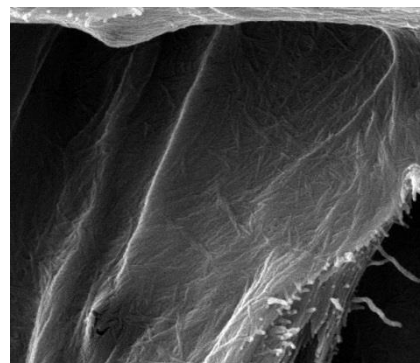
NC₇₀-4 con escala de 1 μm



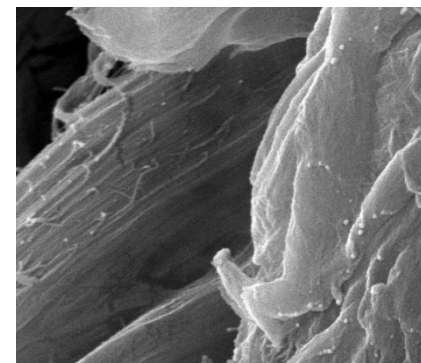
NC₆₀-1 con escala de 500 nm



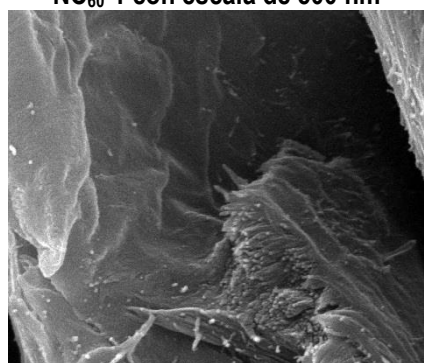
NC₆₀-2 con escala de 500 nm



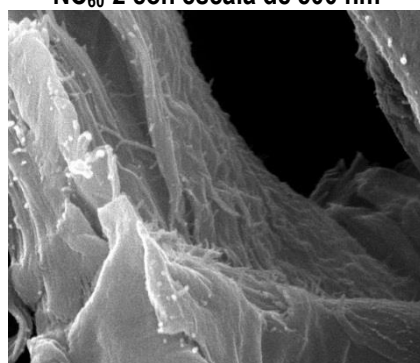
NC₆₀-3 con escala de 500 nm



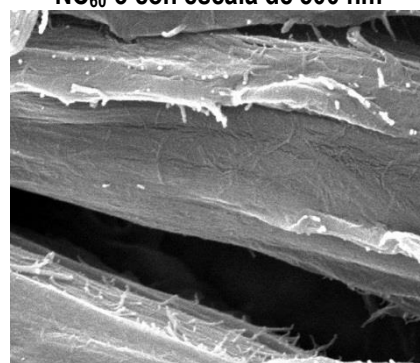
NC₆₀-4 con escala de 500 nm



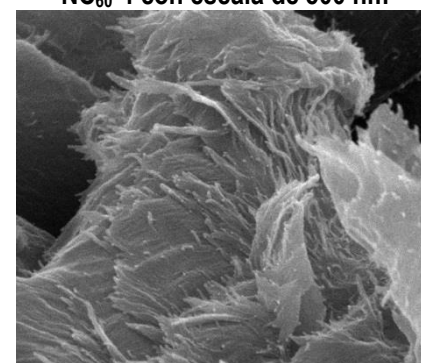
NC₇₀-1 con escala de 500 nm



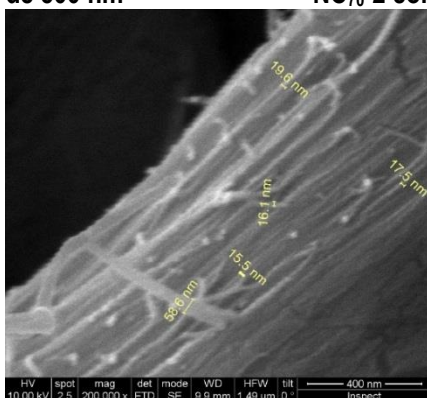
NC₇₀-2 con escala de 500 nm



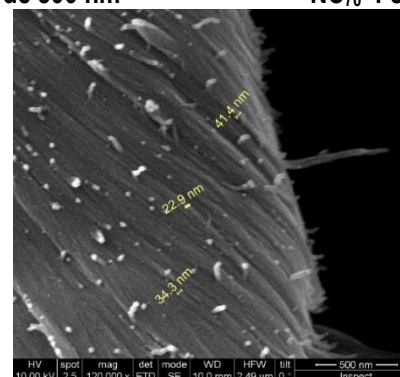
NC₇₀-3 con escala de 500 nm



NC₇₀-4 con escala de 500 nm



NC₆₀-3 con escala de 400 nm con medidas de las fibras de Nanocelulosa

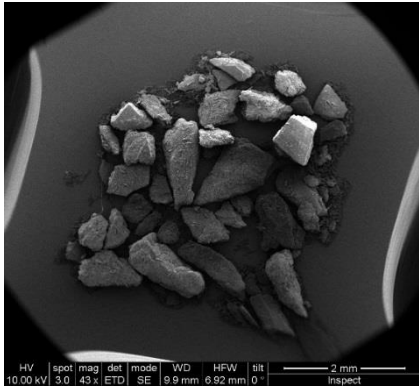


NC₆₀-4 con escala de 500 nm con medidas de las fibras de Nanocelulosa

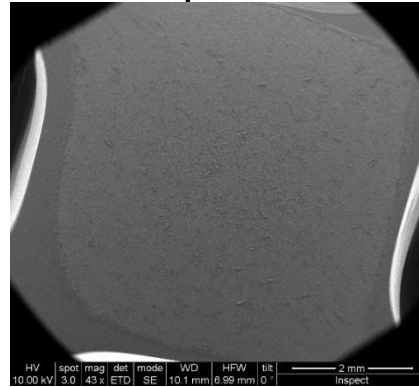
ANEXO III – SEM de dos muestras antes y después de los procesos de sonicación/disgregación

Se tomaron varias imágenes, con distintas escalas, de dos muestras: la primera no presenta tratamiento de disgregación de las fibras de NC y el segundo procedimiento si lo presenta. Estas imágenes fueron tomadas con un Microscopio electrónico de barrido de emisión de campo. La preparación y toma de las imágenes fue realizada por las técnicas del Laboratorio de Microscopías Avanzadas de la Universidad de Zaragoza. Estas muestras se nombrarán según el criterio especificado el ANEXO I.

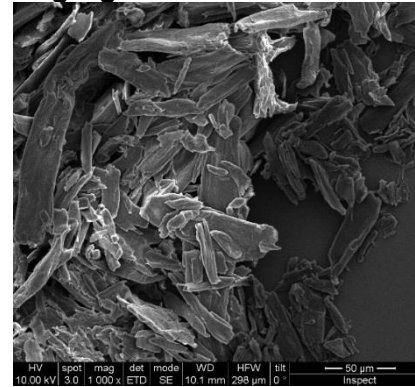
Comparación de NC sin/con disgregación 22/05/19



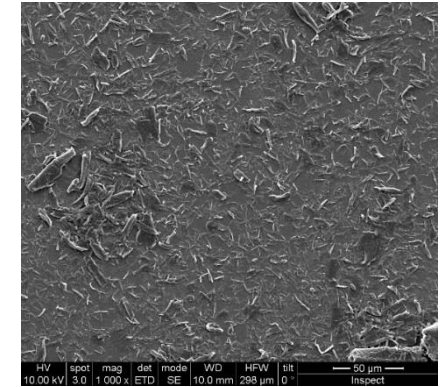
NC₆₀₋₃ Sin Disgregación escala de 2 mm



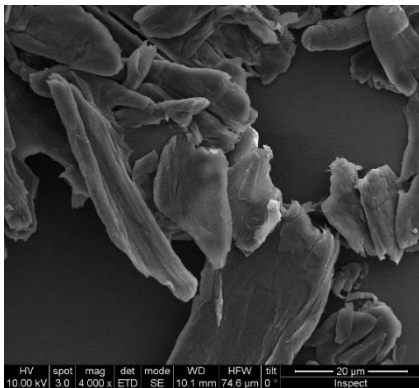
NC₆₀₋₃ Disgregada con escala de 2 mm



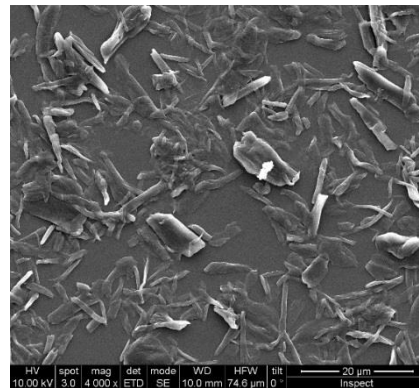
NC₆₀₋₃ Sin Disgregación escala de 50 μm



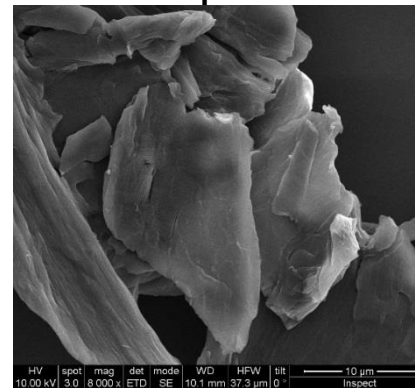
NC₆₀₋₃ Disgregada con escala de 50 μm



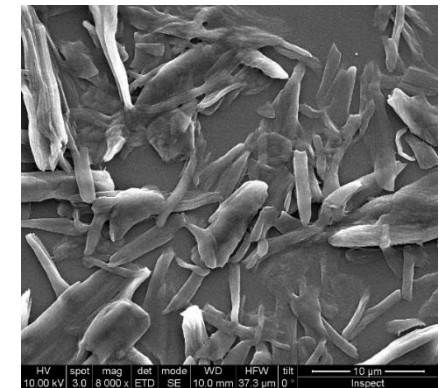
NC₆₀₋₃ Sin Disgregación escala de 20 μm



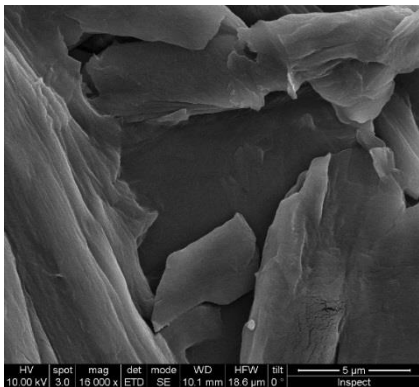
NC₆₀₋₃ Disgregada con escala de 20 μm



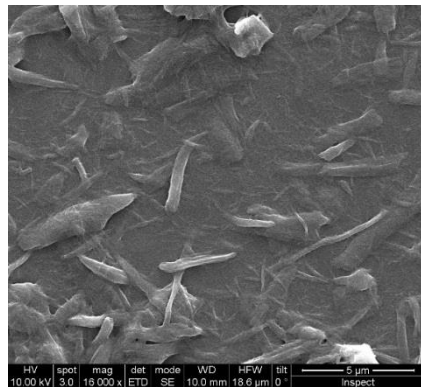
NC₆₀₋₃ Sin Disgregación escala de 10 μm



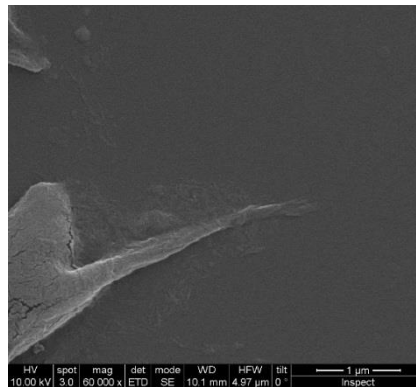
NC₆₀₋₃ Disgregada con escala de 10 μm



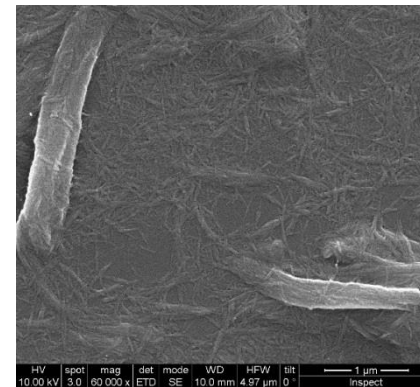
NC₆₀₋₃ Sin Disgregación escala de 5 μm



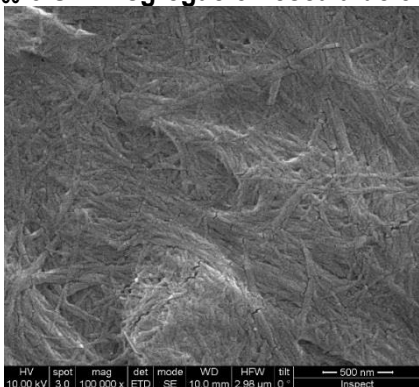
NC₆₀₋₃ Disgregada con escala de 5 μm



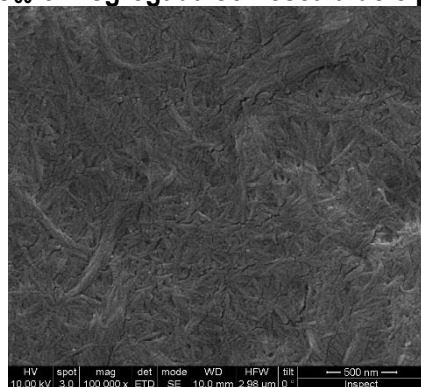
NC₆₀₋₃ Sin Disgregación escala de 1 μm



NC₆₀₋₃ Disgregada con escala de 1 μm



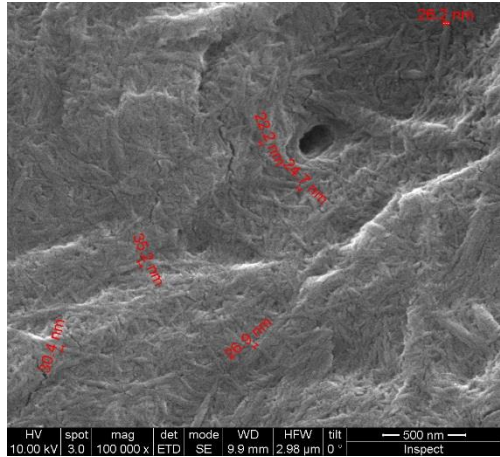
NC₆₀₋₃ Sin Disgregación escala de 500 nm



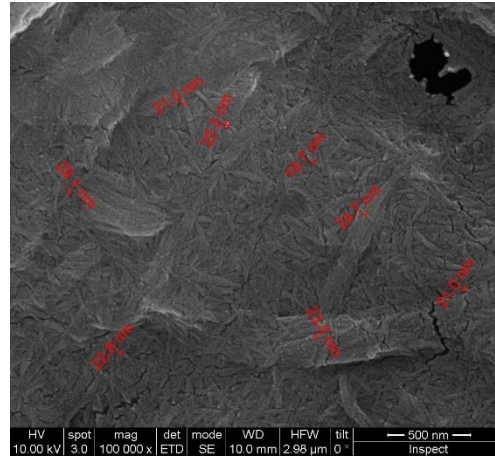
NC₆₀₋₃ Disgregada con escala de 500 nm

ANEXO IV – SEM de una misma muestra de NC disgregada para la medida de 24 fibras de NC

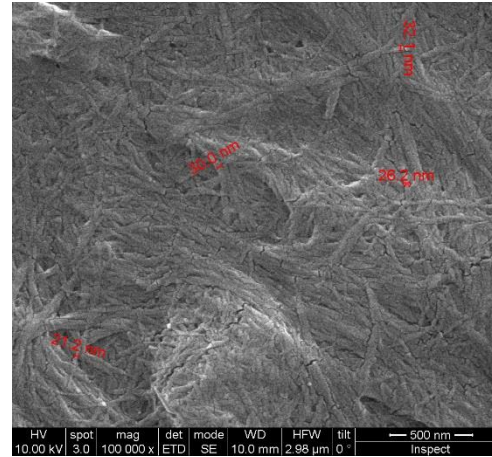
Se tomaron varias imágenes, con una misma escala (500 nm) y distintas zonas, de una muestra de NC disgregada con todo el proceso de síntesis optimizado. Estas imágenes fueron tomadas con un Microscopio electrónico de barrido de emisión de campo. La preparación y toma de las imágenes fue realizada por las técnicas del Laboratorio de Microscopías Avanzadas de la Universidad de Zaragoza. Estas muestras se nombrarán según el criterio especificado el ANEXO I. También se acompañan los cálculos para la Tabla 2 del apartado 4.1.2.3 de este trabajo.



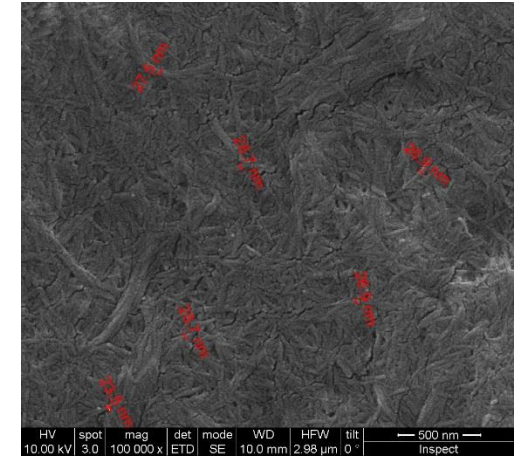
NC₆₀₋₃ Disgregada con escala de 500 nm



NC₆₀₋₃ Disgregada con escala de 500 nm



NC₆₀₋₃ Disgregada con escala de 500 nm



NC₆₀₋₃ Disgregada con escala de 500 nm

Muestras	1	2	3	4	5
Medida (nm)	26,2	22,2	24,7	35,2	26,9
Muestras	6	7	8	9	10
Medida (nm)	30,4	32,1	26,2	30	21,2
Muestras	11	12	13	14	15
Medida (nm)	27,5	28,7	26,9	26,9	28,7
Muestras	16	17	18	19	20
Medida (nm)	23,5	29,1	21	22,2	28,7
Muestras	21	22	23	24	
Medida (nm)	24,7	21	23,5	22,8	
Promedio	26,2625	Desv. Estánd	3,7291	DSR %	14,1992

ANEXO V – Transformación matemática entre distintos espacios de color. De RGB a XYZ y de XYZ a CIE Lab. De CIE Lab a XYZ y de XYZ a RGB.

En este ANEXO se explican las transformaciones matemáticas utilizadas para este trabajo las cuales se basan en la transformación entre distintos espacios de colores. Para los cálculos se tomó como referencia un iluminante tipo D_{65} , ya que es el más utilizado para la comparación entre colores. Las ecuaciones matemáticas se tomaron de la página web: <http://www.bruceindbloom.com/>



RGB to XYZ

A compounded RGB color [RGB], whose components are in the nominal range [0, 1], is converted to XYZ in two steps.

1. Inverse Companding

First, the compounded RGB channels (denoted with upper case (R, G, B) , or generically V) are made linear with respect to energy (denoted with lower case (r, g, b) , or generically v).

$$v \in \{r, g, b\}$$

$$V \in \{R, G, B\}$$

The same operation is performed on all three channels, but the operation depends on the companding function associated with the RGB color system.

Inverse Gamma Companding

$$v = V^\gamma$$

Inverse sRGB Companding

$$v = \begin{cases} V/12.92 & \text{if } V \leq 0.04045 \\ ((V + 0.055)/1.055)^{2.4} & \text{otherwise} \end{cases}$$

Inverse L^* Companding

$$v = \begin{cases} 100v/\kappa & \text{if } V \leq 0.08 \\ ((V + 0.16)/1.16)^3 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\kappa = \begin{cases} 903.3 & \text{Actual CIE standard} \\ 24389/27 & \text{Intent of the CIE standard} \end{cases}$$

2. Linear RGB to XYZ

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = [M] \begin{bmatrix} r \\ g \\ b \end{bmatrix}$$



XYZ to Lab

This conversion requires a reference white (X_r, Y_r, Z_r) .

$$L = 116f_y - 16$$

$$a = 500(f_x - f_y)$$

$$b = 200(f_y - f_z)$$

where

$$f_x = \begin{cases} \sqrt[3]{x_r} & \text{if } x_r > \epsilon \\ \frac{\kappa x_r + 16}{116} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$f_y = \begin{cases} \sqrt[3]{y_r} & \text{if } y_r > \epsilon \\ \frac{\kappa y_r + 16}{116} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$f_z = \begin{cases} \sqrt[3]{z_r} & \text{if } z_r > \epsilon \\ \frac{\kappa z_r + 16}{116} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$x_r = \frac{X}{X_r}$$

$$y_r = \frac{Y}{Y_r}$$

$$z_r = \frac{Z}{Z_r}$$

$$\epsilon = \begin{cases} 0.008856 & \text{Actual CIE standard} \\ 216/24389 & \text{Intent of the CIE standard} \end{cases}$$

$$\kappa = \begin{cases} 903.3 & \text{Actual CIE standard} \\ 24389/27 & \text{Intent of the CIE standard} \end{cases}$$



Bruce

Lindbloom

.COM

Calc

Info

Math

Links

Misc

Lab to XYZ

This conversion requires a reference white (X_r, Y_r, Z_r).

$$X = x_r X_r$$

$$Y = y_r Y_r$$

$$Z = z_r Z_r$$

where

$$x_r = \begin{cases} f_x^3 & \text{if } f_x^3 > \epsilon \\ (116f_x - 16)/\kappa & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$y_r = \begin{cases} ((L + 16)/116)^3 & \text{if } L > \kappa\epsilon \\ L/\kappa & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$z_r = \begin{cases} f_z^3 & \text{if } f_z^3 > \epsilon \\ (116f_z - 16)/\kappa & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$f_x = \frac{a}{500} + f_y$$

$$f_z = f_y - \frac{b}{200}$$

$$f_y = (L + 16)/116$$

$$\epsilon = \begin{cases} 0.008856 & \text{Actual CIE standard} \\ 216/24389 & \text{Intent of the CIE standard} \end{cases}$$

$$\kappa = \begin{cases} 903.3 & \text{Actual CIE standard} \\ 24389/27 & \text{Intent of the CIE standard} \end{cases}$$



1. XYZ to Linear RGB

$$\begin{bmatrix} r \\ g \\ b \end{bmatrix} = [M]^{-1} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}$$

This gives linear RGB, [rgb].

2. Companding

The linear RGB channels (denoted with lower case (r, g, b) , or generically v) are made nonlinear (denoted with upper case (R, G, B) , or generically V).

$$v \in \{r, g, b\}$$

$$V \in \{R, G, B\}$$

The same operation is performed on all three channels, but the operation depends on the companding function associated with the RGB color system.

Gamma Companding

$$V = v^{1/\gamma}$$

sRGB Companding

$$V = \begin{cases} 12.92v & \text{if } v \leq 0.0031308 \\ 1.055v^{1/2.4} - 0.055 & \text{otherwise} \end{cases}$$

L* Companding

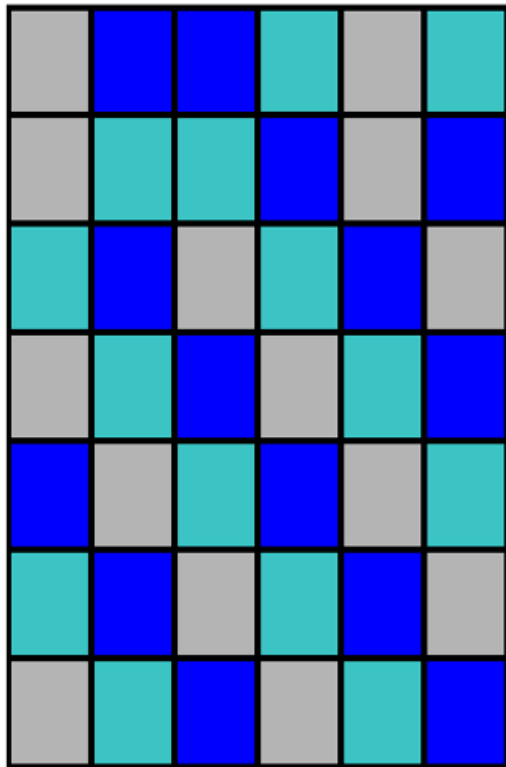
$$V = \begin{cases} \frac{v\kappa}{100} & \text{if } v \leq \epsilon \\ 1.16\sqrt[3]{v} - 0.16 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\epsilon = \begin{cases} 0.008856 & \text{Actual CIE standard} \\ 216/24389 & \text{Intent of the CIE standard} \end{cases}$$

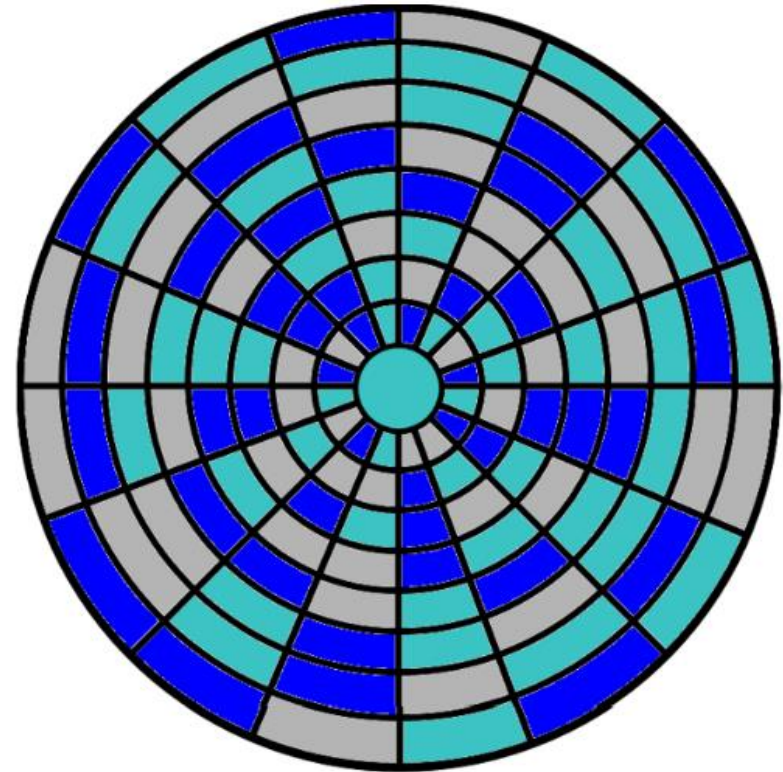
$$\kappa = \begin{cases} 903.3 & \text{Actual CIE standard} \\ 24389/27 & \text{Intent of the CIE standard} \end{cases}$$

ANEXO VI – Caracterización de los colores de las plantillas para las Cajas de Iluminación

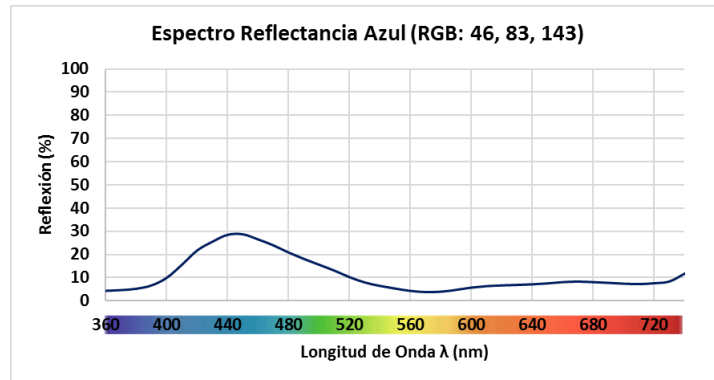
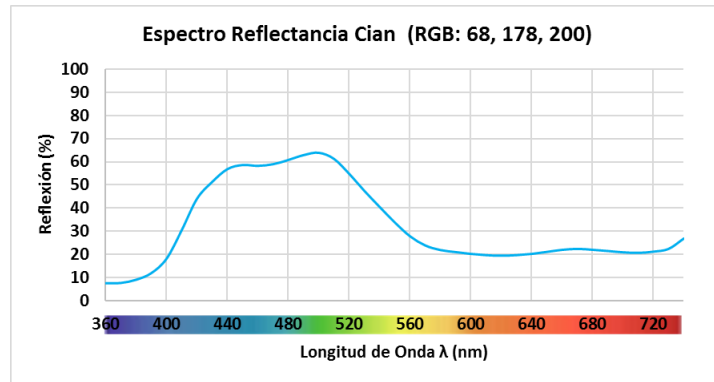
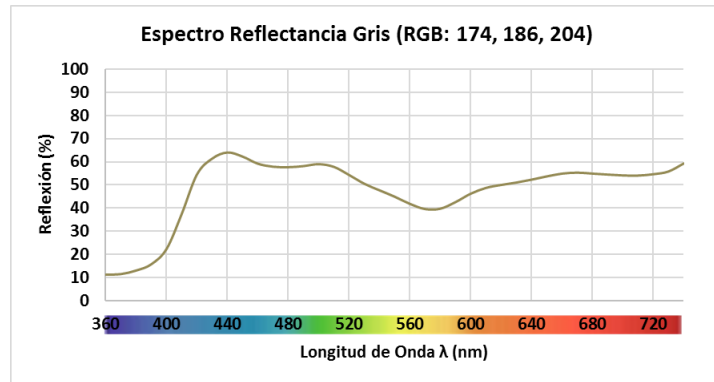
Se realizó la caracterización de tres colores elegidos por su similitud con los colores generados en la reacción química de estudio de este trabajo. La caracterización se realizó con un Reflectómetro portátil CM-2600d KONICA MINOLTA con iluminación Flash Xenon y detector de fotodiodo array. En este apartado se muestran los espectros de reflectancia correspondientes a cada color, así como los patrones utilizados para calibrar el equipo, acompañados de los valores digitales en el espacio de color CIE Lab. Los valores de Reflectancia se darán en %.



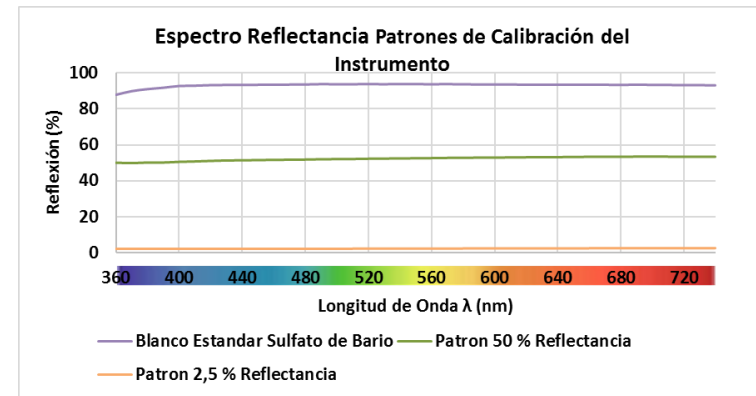
Patrón rectangular para evaluación de los diseños de Caja de Iluminación



Patrón circular para evaluación de los diseños de Caja de Iluminación



Color	Grupo rasgos	L*(D65)	a*(D65)	b*(D65)	
Gris Rect.	1	SCE	75,14	-0,38	-10,72
Gris Rect.	2	SCE	75,23	-0,89	-10,23
Gris Rect.	3	SCE	75,04	-0,67	-10,18
Gris Rect.	4	SCE	75,27	-1,01	-10,68
Cian Rect.	5	SCE	67,46	-24,42	-20,66
Cian Rect.	6	SCE	67,87	-23,09	-21,09
Cian Rect.	7	SCE	67,32	-24,9	-20,24
Cian Rect.	8	SCE	67,56	-24,34	-19,65
Azul Rect.	9	SCE	35,61	7,31	-37,06
Azul Rect.	10	SCE	35,34	7,45	-37,45
Azul Rect.	11	SCE	34,96	8,23	-37,19
Azul Rect.	12	SCE	35,71	7,49	-37,06
Gris Circulo	13	SCE	75,21	0,51	-10,85
Gris Circulo	14	SCE	75,68	0,52	-10,76
Cian Circulo	15	SCE	66,78	-23,44	-21,5
Cian Circulo	16	SCE	66,75	-23,72	-21,67
Azul Circulo	17	SCE	33,99	5,99	-35,89
Azul Circulo	18	SCE	33	7,38	-36,35
Blanco Estandar Sulfato de Bario	19	SCE	97,43	-0,19	0,18
Patron 2,5% Reflectancia	20	SCE	16,64	0,38	0,86
Patron 50% Reflectancia	21	SCE	77,59	0,18	1,03



ANEXO VII – Estudio de color y homogeneidad lumínica en los distintos modelos de Caja de Iluminación

Se utilizaron distintas plantillas de color ajustadas a cada modelo de Caja de Iluminación. Estas plantillas fueron caracterizadas con un Reflectómetro portátil CM-2600d KONICA MINOLTA con iluminación Flash Xenon y detector de fotodiodeo array, tal y como se explica en el ANEXO V. En este apartado se compararon los colores caracterizados con el Reflectómetro de las plantillas con los colores obtenidos a través de una fotografía realizada con dispositivo móvil Xiaomi Redmi 6a. Para este estudio se hará primero, una corrección de los valores RGB de la fotografía de la plantilla, seguido de una transformación al espacio de color CIE Lab. Para finalizar se hará uso de modelo matemático ΔE_{2000} proporcionado en la página: <http://www.bruceindbloom.com/> para la comparación entre colores. Mediante estos valores se esquematizará sobre que zonas de la caja se puede medir para obtener medidas homogéneas y reproducibles.



Delta E (CIE 2000)

The color difference, or ΔE , between a sample color (L_2, a_2, b_2) and a reference color (L_1, a_1, b_1) is:

$$\Delta E = \sqrt{\left(\frac{\Delta L'}{K_L S_L}\right)^2 + \left(\frac{\Delta C'}{K_C S_C}\right)^2 + \left(\frac{\Delta H'}{K_H S_H}\right)^2 + R_T \left(\frac{\Delta C'}{K_C S_C}\right) \left(\frac{\Delta H'}{K_H S_H}\right)}$$

where

$$L' = (L_1 + L_2)/2$$

$$C_1 = \sqrt{a_1^2 + b_1^2}$$

$$C_2 = \sqrt{a_2^2 + b_2^2}$$

$$\bar{C} = (C_1 + C_2)/2$$

$$G = \frac{1}{2} \left(1 - \sqrt{\frac{\bar{C}^7}{\bar{C}^7 + 25^7}} \right)$$

$$a'_1 = a_1(1 + G)$$

$$a'_2 = a_2(1 + G)$$

$$C'_1 = \sqrt{a_1'^2 + b_1^2}$$

$$C'_2 = \sqrt{a_2'^2 + b_2^2}$$

$$C' = (C'_1 + C'_2)/2$$

$$h'_1 = \begin{cases} \arctan(b_1/a'_1) & \text{if } \arctan(b_1/a'_1) \geq 0 \\ \arctan(b_1/a'_1) + 360^\circ & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$h'_2 = \begin{cases} \arctan(b_2/a'_2) & \text{if } \arctan(b_2/a'_2) \geq 0 \\ \arctan(b_2/a'_2) + 360^\circ & \text{otherwise} \end{cases}$$



$$H' = \begin{cases} (h'_1 + h'_2 + 360^\circ)/2 & \text{if } |h'_1 - h'_2| > 180^\circ \\ (h'_1 + h'_2)/2 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$T = 1 - 0.17 \cos(H' - 30^\circ) + 0.24 \cos(2H') + 0.32 \cos(3H' + 6^\circ) - 0.20 \cos(4H' - 63^\circ)$$

$$\Delta h' = \begin{cases} h'_2 - h'_1 & \text{if } |h'_2 - h'_1| \leq 180^\circ \\ h'_2 - h'_1 + 360^\circ & \text{else if } |h'_2 - h'_1| > 180^\circ \text{ and } h'_2 \leq h'_1 \\ h'_2 - h'_1 - 360^\circ & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\Delta L' = L_2 - L_1$$

$$\Delta C' = C'_2 - C'_1$$

$$\Delta H' = 2\sqrt{C'_1 C'_2} \sin(\Delta h'/2)$$

$$S_L = 1 + \frac{0.015(L' - 50)^2}{\sqrt{20 + (L' - 50)^2}}$$

$$S_C = 1 + 0.045C'$$

$$S_H = 1 + 0.015C'T$$

$$\Delta\theta = 30 \exp\left\{-\left(\frac{H' - 275^\circ}{25}\right)^2\right\}$$

$$R_C = 2\sqrt{\frac{\bar{C}'^7}{C'^7 + 25^7}}$$

$$R_T = -R_C \sin(2\Delta\theta)$$

$$K_L = 1 \text{ default}$$

$$K_C = 1 \text{ default}$$

$$K_H = 1 \text{ default}$$



Tabla 1. ANEXO VII. Valores RGB y Lab de los tres colores caracterizados de la plantilla de evaluación de las cajas de iluminación. Valores RGB obtenidos de una fotografía de una plantilla en el primero modelo de caja de iluminación y corregidos con la aproximación Grays World. Transformación al espacio de color Lab. Comparación de los colores con el modelo matemático ΔE_{2000}

Valores RGB de los tres colores caracterizados de la plantilla de evaluación de las cajas de iluminación

	RGB _{max} :			255,00	Valores de referencia XYZ			D50	95,047	100,000	108,883				
	D50														
Colores Patron	R	G	B		x	y	Y		X	Y	Z		L	a	b
Gris	175	186	205		0,2898	0,3055	48,7659		46,2621	48,7659	64,6186		75,31	-0,25	-10,65
Azul	44	81	140		0,2026	0,1931	8,2998		8,7079	8,2998	25,9711		34,60	7,30	-36,79
Cian	66	177	200		0,2265	0,2938	36,8615		28,4162	36,8615	60,1961		67,17	-24,17	-20,75

Valores RGB obtenidos de una fotografía de una plantilla en el primero modelo de caja de iluminación. Transformación al espacio de color Lab.

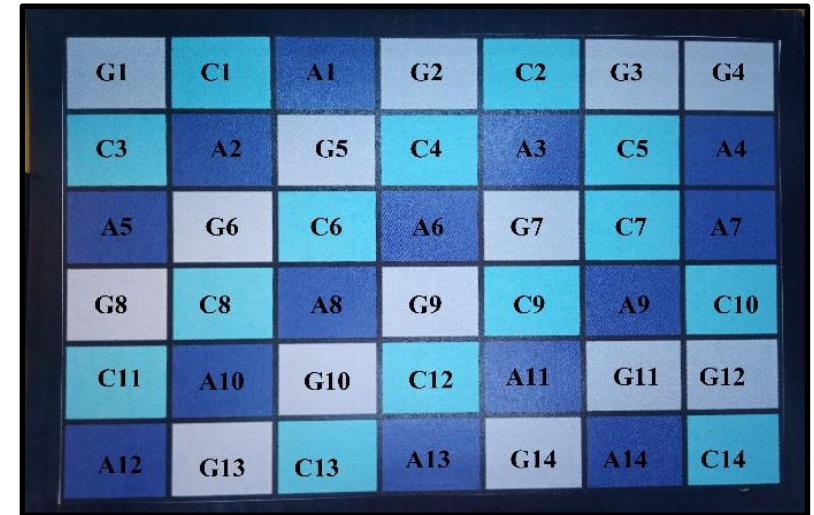
	RGB _{max} :			255,00	Valores de referencia XYZ			D65	95,047	100,000	108,883								
					Grey World														
	R	G	B		R	G	B		x	y	Y		X	Y	Z		L	a	b
Gris																			
1	150	176	189		153	173	181		0,2890	0,3170	39,8235		36,3141	39,8235	49,4961		69,3436	-5,0478	-6,6360
2	157	192	225		160	188	216		0,2720	0,2939	48,4880		44,8639	48,4880	71,6166		75,1317	-3,5044	-16,8091
3	158	188	207		161	184	198		0,2838	0,3104	46,0945		42,1337	46,0945	60,2556		73,6068	-4,9945	-9,7065
4	157	170	196		160	167	188		0,2896	0,2998	38,6197		37,3042	38,6197	52,9058		68,4749	1,9645	-11,5869
5	176	190	210		179	186	201		0,2960	0,3102	49,0991		46,8522	49,0991	62,3441		75,5130	0,5203	-8,2956
6	190	212	224		194	208	215		0,2977	0,3211	61,3582		56,8820	61,3582	72,8225		82,5710	-3,5191	-4,9536
7	162	181	211		165	177	202		0,2837	0,2965	43,9144		42,0220	43,9144	62,1908		72,1712	0,8562	-13,9210
8	192	203	233		196	199	223		0,2933	0,3008	57,9014		56,4507	57,9014	78,1222		80,6839	3,5469	-12,3511
9	164	183	215		167	179	206		0,2827	0,2945	45,1018		43,3008	45,1018	64,7617		72,9589	1,2863	-14,8187
10	172	183	204		175	179	195		0,2968	0,3082	45,5243		43,8428	45,5243	58,3316		73,2358	1,6914	-8,5796
11	185	188	207		189	184	198		0,3055	0,3116	49,2751		48,3021	49,2751	60,5447		75,6221	4,0828	-6,4940
12	193	212	240		197	208	230		0,2899	0,3038	62,5887		59,7295	62,5887	83,6917		83,2255	0,5765	-12,1266
13	191	215	231		195	211	221		0,2941	0,3169	63,2908		58,7441	63,2908	77,6940		83,5951	-3,3852	-7,0040
14	154	168	202		157	165	193		0,2825	0,2891	37,8492		36,9755	37,8492	56,0808		67,9093	3,3238	-15,6464
Promedio Gris	172	190	214																
Cian																			
1	53	171	225		54	168	216		0,2121	0,2564	33,6029		27,7927	33,6029	69,6425		64,6462	-15,7431	-33,2745
2	73	171	210		74	168	201		0,2255	0,2768	33,5814		27,3537	33,5814	60,3757		64,6289	-17,4255	-25,2946
3	91	208	244		93	204	234		0,2301	0,2893	51,4032		40,8755	51,4032	85,3748		76,9226	-23,1200	-24,2137
4	69	188	225		70	184	216		0,2236	0,2833	40,6716		32,0891	40,6716	70,7805		69,9453	-22,2958	-25,0717
5	100	209	242		102	205	232		0,2347	0,2934	52,2674		41,8174	52,2674	84,0596		77,4405	-22,4753	-22,3688
6	68	183	219		69	179	210		0,2239	0,2835	38,3359		30,2846	38,3359	66,6095		68,2674	-21,7162	-24,4922

7	106	200	227	108	196	217	0,2417	0,2996	47,7530	38,5286	47,7530	73,1101	74,6689	-20,7716	-18,8078
8	86	203	239	88	199	229	0,2288	0,2883	48,5823	38,5542	48,5823	81,4006	75,1907	-22,9391	-24,2924
9	72	189	225	73	185	216	0,2249	0,2850	41,1987	32,5214	41,1987	70,8595	70,3149	-22,3328	-24,4988
10	87	174	211	89	171	202	0,2325	0,2810	35,3582	29,2476	35,3582	61,2119	66,0266	-16,0007	-23,6400
11	110	208	241	112	204	231	0,2392	0,2936	52,3776	42,6737	52,3776	83,3254	77,5061	-20,1801	-21,7200
12	95	180	205	97	177	196	0,2415	0,2988	37,7810	30,5348	37,7810	58,1087	67,8589	-19,0172	-17,6429
13	94	209	221	96	205	212	0,2416	0,3195	50,8468	38,4586	50,8468	69,8504	76,5861	-29,2599	-12,8597
14	61	159	199	62	156	191	0,2210	0,2714	28,5204	23,2282	28,5204	53,3346	60,3560	-16,5158	-26,0086
Azul	R	G	B												
1	46	100	172	47	98	165	0,2001	0,1960	12,0543	12,3058	12,0543	37,1471	41,3022	5,9534	-40,9529
2	74	120	193	75	118	185	0,2148	0,2122	17,8877	18,1126	17,8877	48,3104	49,3597	6,0068	-39,8532
3	44	86	163	45	84	156	0,1962	0,1785	9,3501	10,2804	9,3501	32,7647	36,6498	11,2899	-43,2473
4	50	70	148	51	69	142	0,2004	0,1650	6,8600	8,3316	6,8600	26,3759	31,4860	17,4284	-42,8025
5	70	110	193	71	108	185	0,2084	0,1939	15,5447	16,7105	15,5447	47,9320	46,3714	11,2624	-44,6061
6	48	77	148	49	76	142	0,2023	0,1795	7,6970	8,6756	7,6970	26,5193	33,3436	12,4371	-39,8252
7	60	68	149	61	67	143	0,2082	0,1633	6,9471	8,8562	6,9471	26,7428	31,6861	21,1327	-43,0330
8	45	81	165	46	79	158	0,1934	0,1663	8,7006	10,1202	8,7006	33,5057	35,4014	15,4265	-46,4025
9	67	106	188	68	104	180	0,2074	0,1919	14,4252	15,5903	14,4252	45,1719	44,8366	11,4737	-44,2740
10	86	121	193	88	119	185	0,2233	0,2161	18,6639	19,2848	18,6639	48,3985	50,2916	8,0676	-38,3390
11	51	88	166	52	86	159	0,2001	0,1803	9,9340	11,0216	9,9340	34,1303	37,7237	12,2538	-43,2325
12	40	63	135	41	62	129	0,1960	0,1628	5,4802	6,5970	5,4802	21,5817	28,0614	15,5616	-40,6428
13	66	100	175	67	98	168	0,2110	0,1961	12,7610	13,7356	12,7610	38,5919	42,4009	10,6576	-40,8476
14	40	72	190	41	71	182	0,1778	0,1275	8,2983	11,5722	8,2983	45,2316	34,5966	29,7270	-61,9948

Comparación de los colores con el modelo matemático ΔE_{2000}

	Kl	Kh	Kc			ΔL	Δa	Δb	ΔE_{00}	
	1	1	1		Prom.	4,6348	2,9575	3,6988	5,6888	
Patrones			Muestras			Diferencias			ΔE_{00}	
	L	a	b	L	a	b	ΔL	Δa		Δb
Gris										
1	75	0	-11	69,34	-5,05	-6,64	5,9618	4,7973	4,0129	8,0101
2	75	0	-11	75,13	-3,50	-16,81	0,1738	3,2539	6,1602	5,3187
3	75	0	-11	73,61	-4,99	-9,71	1,6987	4,7440	0,9424	5,8404
4	75	0	-11	68,47	1,96	-11,59	6,8306	2,2150	0,9380	5,9497
5	75	0	-11	75,51	0,52	-8,30	0,2075	0,7708	2,3533	1,9953
6	75	0	-11	82,57	-3,52	-4,95	7,2655	3,2686	5,6953	7,9147
7	75	0	-11	72,17	0,86	-13,92	3,1343	1,1067	3,2721	3,3690
8	75	0	-11	80,68	3,55	-12,35	5,3784	3,7973	1,7022	6,2455
9	75	0	-11	72,96	1,29	-14,82	2,3466	1,5368	4,1699	3,5753
10	75	0	-11	73,24	1,69	-8,58	2,0697	1,9419	2,0693	3,5015
11	75	0	-11	75,62	4,08	-6,49	0,3166	4,3333	4,1549	7,2163
12	75	0	-11	83,23	0,58	-12,13	7,9200	0,8270	1,4778	5,7008
13	75	0	-11	83,60	-3,39	-7,00	8,2897	3,1347	3,6449	7,5341
14	75	0	-11	67,91	3,32	-15,65	7,3961	3,5743	4,9975	7,5481
Cian										
1	67	-24	-21	65	-16	-33	2,5268	8,4281	12,5293	8,3515
2	67	-24	-21	65	-17	-25	2,5441	6,7457	4,5494	5,2466
3	67	-24	-21	77	-23	-24	9,7496	1,0512	3,4685	7,6277
4	67	-24	-21	70	-22	-25	2,7723	1,8754	4,3265	3,4231
5	67	-24	-21	77	-22	-22	10,2675	1,6959	1,6236	7,8573
6	67	-24	-21	68	-22	-24	1,0944	2,4549	3,7470	2,7367
7	67	-24	-21	75	-21	-19	7,4959	3,3995	1,9375	5,9962
8	67	-24	-21	75	-23	-24	8,0177	1,2321	3,5472	6,4610
9	67	-24	-21	70	-22	-24	3,1419	1,8384	3,7535	3,4230
10	67	-24	-21	66	-16	-24	1,1464	8,1705	2,8947	5,2043
11	67	-24	-21	78	-20	-22	10,3331	3,9910	0,9747	8,1202
12	67	-24	-21	68	-19	-18	0,6859	5,1539	3,1023	2,7970
13	67	-24	-21	77	-29	-13	9,4131	5,0887	7,8855	9,2446
14	67	-24	-21	60	-17	-26	6,8170	7,6554	5,2634	7,9162
Azul										
1	35	7	-37	41	6	-41	6,7026	1,3483	4,1599	6,4107
2	35	7	-37	49	6	-40	14,7600	1,2948	3,0602	13,5603
3	35	7	-37	37	11	-43	2,0501	3,9882	6,4543	2,2820
4	35	7	-37	31	17	-43	3,1137	10,1267	6,0095	5,3363
5	35	7	-37	46	11	-45	11,7717	3,9607	7,8131	10,5938
6	35	7	-37	33	12	-40	1,2561	5,1354	3,0322	2,6738
7	35	7	-37	32	21	-43	2,9136	13,8310	6,2400	7,3868
8	35	7	-37	35	15	-46	0,8017	8,1248	9,6095	2,8617
9	35	7	-37	45	11	-44	10,2369	4,1720	7,4810	9,1398
10	35	7	-37	50	8	-38	15,6919	0,7659	1,5460	14,3030
11	35	7	-37	38	12	-43	3,1240	4,9522	6,4395	3,1173
12	35	7	-37	28	16	-41	6,5383	8,2599	3,8498	6,6831
13	35	7	-37	42	11	-41	7,8012	3,3559	4,0546	6,8220
14	35	7	-37	35	30	-62	0,0031	22,4254	25,2018	7,3605

Foto de la plantilla de color



*Los valores en verde indican los colores de la foto que son reproducibles con respecto a los de referencia, los valores en rojo no son reproducibles.

Tabla 2. ANEXO VII. Valores RGB y Lab de los tres colores caracterizados de la plantilla de evaluación de las cajas de iluminación. Valores RGB obtenidos de una fotografía de una plantilla en el segundo modelo de caja de iluminación y corregidos con la aproximación Grays World. Transformación al espacio de color Lab. Comparación de los colores con el modelo matemático ΔE_{2000}

Valores RGB de los tres colores caracterizados de la plantilla de evaluación de las cajas de iluminación

	RGB _{max} :			255,00	Valores de referencia XYZ			D50	95,047	100,000	108,883				
Colores Patron	R	G	B	D50			x	y	Y	X	Y	Z	L	a	b
Gris	175	186	205				0,2898	0,3055	48,7659	46,2621	48,7659	64,6186	75,31	-0,25	-10,65
Azul	44	81	140				0,2026	0,1931	8,2998	8,7079	8,2998	25,9711	34,60	7,30	-36,79
Cian	66	177	200				0,2265	0,2938	36,8615	28,4162	36,8615	60,1961	67,17	-24,17	-20,75

Valores RGB obtenidos de una fotografía de una plantilla en el primero modelo de caja de iluminación. Transformación al espacio de color Lab.

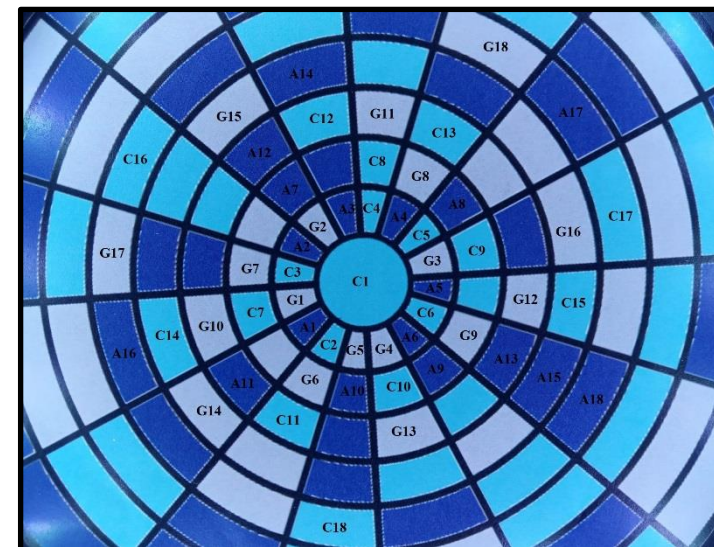
	RGB _{max} :			255,00	Valores de referencia XYZ			D65	95,047	100,000	108,883					
					Grey World			x	y	Y	X	Y	Z	L	a	b
Gris	R	G	B	R	G	B	x	y	Y	X	Y	Z	L	a	b	
1	139	167	217	170	181	202	0,2873	0,3013	45,8049	43,6829	45,8049	62,5600	73,4188	0,4323	-12,0977	1,8821
2	136	165	215	166	179	200	0,2856	0,3005	44,4419	42,2486	44,4419	61,2206	72,5229	0,0238	-12,4473	2,3910
3	134	165	213	163	179	199	0,2851	0,3027	44,0941	41,5253	44,0941	60,0537	72,2913	-1,1681	-11,7910	2,6310
4	134	165	214	163	179	199	0,2844	0,3015	44,1373	41,6335	44,1373	60,6235	72,3202	-0,9634	-12,2583	2,6171
5	136	166	215	166	180	200	0,2857	0,3019	44,8773	42,4663	44,8773	61,2932	72,8110	-0,5640	-12,0156	2,0937
6	143	171	219	174	185	204	0,2900	0,3049	48,2359	45,8710	48,2359	64,0797	74,9735	0,0692	-10,7529	0,4887
7	137	168	215	167	182	200	0,2868	0,3049	45,8909	43,1636	45,8909	61,4521	73,4747	-1,3436	-11,0141	1,9550
8	140	169	216	171	183	201	0,2890	0,3054	46,7850	44,2807	46,7850	62,1400	74,0521	-0,5450	-10,6330	0,9959
9	141	170	217	172	184	202	0,2894	0,3057	47,4157	44,8820	47,4157	62,8077	74,4549	-0,5348	-10,5305	0,7284
10	141	169	219	172	183	204	0,2880	0,3019	47,0555	44,8798	47,0555	63,9041	74,2252	0,4487	-11,8896	1,4342
11	145	174	221	177	189	206	0,2907	0,3070	49,9883	47,3357	49,9883	65,5206	76,0621	-0,4925	-10,1229	0,7261
12	147	174	221	179	189	206	0,2925	0,3071	50,2771	47,8958	50,2771	65,5469	76,2390	0,3019	-9,8404	1,1564
13	146	172	221	178	186	206	0,2915	0,3042	49,2095	47,1532	49,2095	65,3799	75,5815	1,0692	-10,8306	1,7674
14	145	174	223	177	189	208	0,2894	0,3047	50,0794	47,5634	50,0794	66,7201	76,1179	-0,0988	-11,0507	0,6749
15	157	185	231	191	200	215	0,2956	0,3113	57,5899	54,6754	57,5899	72,7125	80,5102	-0,1572	-8,4184	4,0016
16	155	183	227	189	198	212	0,2963	0,3130	56,0854	53,0905	56,0854	70,0185	79,6624	-0,5603	-7,6940	3,7598
17	150	177	225	183	192	210	0,2928	0,3069	52,3133	49,9180	52,3133	68,2353	77,4678	0,5281	-9,9998	1,9346
18	153	182	227	187	197	212	0,2944	0,3116	55,2812	52,2428	55,2812	69,9079	79,2030	-0,7834	-8,3952	3,2730
Promedio Gris	143	172	220	175	186	205										
Cian	R	G	B													
1	26	162	218	32	176	203	0,2157	0,2854	35,4942	26,8205	35,4942	62,0388	66,1316	-26,0617	-24,1988	1,8513
2	25	165	220	30	179	205	0,2161	0,2881	36,8505	27,6503	36,8505	63,4297	67,1648	-27,1670	-23,6475	1,6601
3	25	166	222	30	180	207	0,2158	0,2871	37,3766	28,0944	37,3766	64,6947	67,5586	-27,1001	-24,0716	1,7956

4	26	166	221		32	180	206		0,2164	0,2885	37,3501		28,0177	37,3501	64,0984		67,5389	-27,3186	-23,5874	1,7114
5	26	166	222		32	180	207		0,2160	0,2872	37,3956		28,1313	37,3956	64,6964		67,5727	-27,0155	-24,0486	1,7722
6	30	168	223		37	182	208		0,2174	0,2894	38,4057		28,8477	38,4057	65,4523		68,3186	-27,4255	-23,4151	1,9082
7	27	168	223		33	182	208		0,2168	0,2893	38,3421		28,7243	38,3421	65,4466		68,2720	-27,7044	-23,4904	1,9842
8	27	169	223		33	183	208		0,2172	0,2911	38,7879		28,9472	38,7879	65,5208		68,5973	-28,2410	-22,9934	2,2061
9	26	167	221		32	181	206		0,2169	0,2902	37,7890		28,2372	37,7890	64,1716		67,8648	-27,8569	-23,0892	1,8468
10	30	169	224		37	183	209		0,2175	0,2898	38,8974		29,1854	38,8974	66,1317		68,6769	-27,6636	-23,3793	2,1142
11	34	175	229		41	190	213		0,2191	0,2936	41,9736		31,3284	41,9736	69,6769		70,8527	-28,9800	-22,6020	3,6069
12	33	172	226		40	186	211		0,2187	0,2924	40,4184		30,2327	40,4184	67,5852		69,7665	-28,3729	-22,7325	2,8071
13	36	174	227		44	189	212		0,2199	0,2945	41,4651		30,9609	41,4651	68,3617		70,5005	-28,8183	-22,1179	3,3539
14	38	176	229		46	191	213		0,2205	0,2953	42,5514		31,7727	42,5514	69,7651		71,2495	-29,0655	-21,9906	3,8819
15	42	173	229		51	187	213		0,2203	0,2904	41,2727		31,3072	41,2727	69,5428		70,3666	-26,9629	-23,3295	2,9312
16	42	174	228		51	189	213		0,2211	0,2934	41,6884		31,4204	41,6884	68,9971		70,6556	-27,7928	-22,3795	3,1971
17	44	177	232		54	192	216		0,2214	0,2933	43,3546		32,7294	43,3546	71,7511		71,7950	-27,9685	-22,6708	4,0035
18	39	177	233		48	192	217		0,2197	0,2919	43,2458		32,5455	43,2458	72,3741		71,7215	-28,3092	-23,2998	4,0466
Azul	R	G	B																	
1	15	63	148		18	68	138		0,1826	0,1618	6,1308		6,9198	6,1308	24,8354		29,7400	11,6250	-43,3368	4,1657
2	14	63	147		17	68	137		0,1826	0,1629	6,0923		6,8302	6,0923	24,4807		29,6441	11,1327	-42,9175	4,1909
3	15	66	150		18	72	140		0,1839	0,1670	6,5912		7,2589	6,5912	25,6195		30,8575	10,1637	-42,6828	3,3267
4	12	64	148		15	69	138		0,1821	0,1639	6,2307		6,9224	6,2307	24,8546		29,9872	10,5851	-42,9420	3,9510
5	13	65	151		16	70	141		0,1821	0,1630	6,4584		7,2151	6,4584	25,9573		30,5407	11,1020	-43,7694	3,6362
6	15	66	153		18	72	143		0,1828	0,1634	6,6746		7,4673	6,6746	26,7172		31,0542	11,3269	-44,0824	3,3186
7	16	68	155		20	74	144		0,1837	0,1661	7,0265		7,7744	7,0265	27,5127		31,8672	10,7189	-43,9113	2,8137
8	15	64	150		18	69	140		0,1826	0,1619	6,3181		7,1223	6,3181	25,5740		30,2011	11,6541	-43,7413	3,8673
9	15	67	151		18	73	141		0,1842	0,1683	6,7590		7,3979	6,7590	26,0057		31,2518	9,8097	-42,6202	3,0848
10	15	67	152		18	73	142		0,1838	0,1671	6,7868		7,4674	6,7868	26,3716		31,3165	10,1971	-43,0880	3,0747
11	17	68	154		21	74	144		0,1845	0,1674	7,0109		7,7281	7,0109	27,1387		31,8317	10,4404	-43,3970	2,7654
12	16	70	157		20	76	146		0,1843	0,1686	7,3771		8,0651	7,3771	28,3211		32,6505	10,0147	-43,7872	2,4771
13	19	69	155		23	75	144		0,1857	0,1690	7,2123		7,9256	7,2123	27,5406		32,2854	10,3149	-43,2330	2,4664
14	20	69	156		24	75	145		0,1858	0,1680	7,2558		8,0262	7,2558	27,9202		32,3824	10,8170	-43,6442	2,4347
15	18	69	157		22	75	146		0,1845	0,1664	7,2558		8,0424	7,2558	28,2989		32,3823	10,9644	-44,2163	2,5447
16	19	75	165		23	81	154		0,1857	0,1715	8,4346		9,1327	8,4346	31,6179		34,8720	9,7355	-44,7302	2,4204
17	23	78	166		28	85	155		0,1889	0,1779	9,0258		9,5819	9,0258	32,1161		36,0340	8,4214	-43,4188	2,7504
18	19	74	162		23	80	151		0,1862	0,1727	8,1822		8,8228	8,1822	30,3812		34,3596	9,3236	-43,8639	2,2347

Comparación de los colores con el modelo matemático ΔE_{2000}

	Kl	Kh	Kc			ΔL	Δa	Δb	ΔE_{00}	
	1	1	1		Prom.	1,6101	1,4045	1,6685	1,8980	
Gris	Patrones			Muestras			Diferencias			ΔE_{00}
	L	a	b	L	a	b	ΔL	Δa	Δb	
1	75	0	-11	73,42	0,43	-12,10	1,8867	0,6828	1,4488	1,8821
2	75	0	-11	72,52	0,02	-12,45	2,7826	0,2743	1,7984	2,3910
3	75	0	-11	72,29	-1,17	-11,79	3,0142	0,9176	1,1421	2,6310
4	75	0	-11	72,32	-0,96	-12,26	2,9853	0,7129	1,6094	2,6171
5	75	0	-11	72,81	-0,56	-12,02	2,4944	0,3135	1,3667	2,0937
6	75	0	-11	74,97	0,07	-10,75	0,3320	0,3197	0,1040	0,4887
7	75	0	-11	73,47	-1,34	-11,01	1,8308	1,0931	0,3652	1,9550
8	75	0	-11	74,05	-0,54	-10,63	1,2534	0,2945	0,0159	0,9959
9	75	0	-11	74,45	-0,53	-10,53	0,8506	0,2843	0,1184	0,7284
10	75	0	-11	74,23	0,45	-11,89	1,0802	0,6992	1,2407	1,4342
11	75	0	-11	76,06	-0,49	-10,12	0,7566	0,2420	0,5260	0,7261
12	75	0	-11	76,24	0,30	-9,84	0,9335	0,5524	0,8085	1,1564
13	75	0	-11	75,58	1,07	-10,83	0,2760	1,3197	0,1817	1,7674
14	75	0	-11	76,12	-0,10	-11,05	0,8125	0,1517	0,4018	0,6749
15	75	0	-11	80,51	-0,16	-8,42	5,2047	0,0933	2,2305	4,0016
16	75	0	-11	79,66	-0,56	-7,69	4,3569	0,3098	2,9549	3,7598
17	75	0	-11	77,47	0,53	-10,00	2,1623	0,7786	0,6491	1,9346
18	75	0	-11	79,20	-0,78	-8,40	3,8975	0,5329	2,2537	3,2730
Cian	L	a	b	L	a	b				
							ΔL	Δa	Δb	ΔE_{00}
1	67	-24	-21	66	-26	-24	1,0414	1,8905	3,4536	1,8513
2	67	-24	-21	67	-27	-24	0,0083	2,9958	2,9023	1,6601
3	67	-24	-21	68	-27	-24	0,3856	2,9289	3,3263	1,7956
4	67	-24	-21	68	-27	-24	0,3659	3,1474	2,8421	1,7114
5	67	-24	-21	68	-27	-24	0,3997	2,8444	3,3034	1,7722
6	67	-24	-21	68	-27	-23	1,1456	3,2543	2,6698	1,9082
7	67	-24	-21	68	-28	-23	1,0990	3,5332	2,7451	1,9842
8	67	-24	-21	69	-28	-23	1,4243	4,0698	2,2481	2,2061
9	67	-24	-21	68	-28	-23	0,6918	3,6857	2,3439	1,8468
10	67	-24	-21	69	-28	-23	1,5039	3,4925	2,6340	2,1142
11	67	-24	-21	71	-29	-23	3,6797	4,8089	1,8568	3,6069
12	67	-24	-21	70	-28	-23	2,5935	4,2018	1,9873	2,8071
13	67	-24	-21	71	-29	-22	3,3275	4,6471	1,3726	3,3539
14	67	-24	-21	71	-29	-22	4,0764	4,8943	1,2453	3,8819
15	67	-24	-21	70	-27	-23	3,1936	2,7917	2,5842	2,9312
16	67	-24	-21	71	-28	-22	3,4826	3,6216	1,6342	3,1971
17	67	-24	-21	72	-28	-23	4,6220	3,7973	1,9255	4,0035
18	67	-24	-21	72	-28	-23	4,5485	4,1380	2,5545	4,0466

Foto de la plantilla de color



*Los valores en verde indican los colores de la foto que son reproducibles con respecto a los de referencia, los valores en rojo no son reproducibles.

Azul	L	a	b	L	a	b				
1	35	7	-37	30	12	-43	4,8597	4,3234	6,5438	4,1657
2	35	7	-37	30	11	-43	4,9556	3,8310	6,1245	4,1909
3	35	7	-37	31	10	-43	3,7422	2,8620	5,8898	3,3267
4	35	7	-37	30	11	-43	4,6125	3,2834	6,1490	3,9510
5	35	7	-37	31	11	-44	4,0590	3,8003	6,9764	3,6362
6	35	7	-37	31	11	-44	3,5455	4,0252	7,2894	3,3186
7	35	7	-37	32	11	-44	2,7325	3,4172	7,1183	2,8137
8	35	7	-37	30	12	-44	4,3986	4,3525	6,9483	3,8673
9	35	7	-37	31	10	-43	3,3479	2,5080	5,8272	3,0848
10	35	7	-37	31	10	-43	3,2832	2,8954	6,2950	3,0747
11	35	7	-37	32	10	-43	2,7680	3,1388	6,6040	2,7654
12	35	7	-37	33	10	-44	1,9492	2,7130	6,9942	2,4771
13	35	7	-37	32	10	-43	2,3143	3,0132	6,4400	2,4664
14	35	7	-37	32	11	-44	2,2173	3,5153	6,8512	2,4347
15	35	7	-37	32	11	-44	2,2174	3,6628	7,4233	2,5447
16	35	7	-37	35	10	-45	0,2723	2,4339	7,9372	2,4204
17	35	7	-37	36	8	-43	1,4343	1,1197	6,6258	2,7504
18	35	7	-37	34	9	-44	0,2401	2,0219	7,0709	2,2347

Tabla 3. ANEXO VII. Valores RGB y Lab de los tres colores caracterizados de la plantilla de evaluación de las cajas de iluminación. Valores RGB obtenidos de una fotografía de una plantilla en el tercer modelo de caja de iluminación y corregidos con la aproximación Grays World. Transformación al espacio de color Lab. Comparación de los colores con el modelo matemático ΔE2000

Valores RGB de los tres colores caracterizados de la plantilla de evaluación de las cajas de iluminación

RGB _{max} :		255,00		Valores de referencia XYZ			D50	95,047	100,000	108,883			
		D50											
Colores Patron	R	G	B	x	y	Y	X	Y	Z	L	a	b	
Gris	175	186	205	0,2898	0,3055	48,7659	46,2621	48,7659	64,6186	75,31	-0,25	-10,65	
Azul	44	81	140	0,2026	0,1931	8,2998	8,7079	8,2998	25,9711	34,60	7,30	-36,79	
Cian	66	177	200	0,2265	0,2938	36,8615	28,4162	36,8615	60,1961	67,17	-24,17	-20,75	

Valores RGB obtenidos de una fotografía de una plantilla en el primero modelo de caja de iluminación. Transformación al espacio de color Lab.

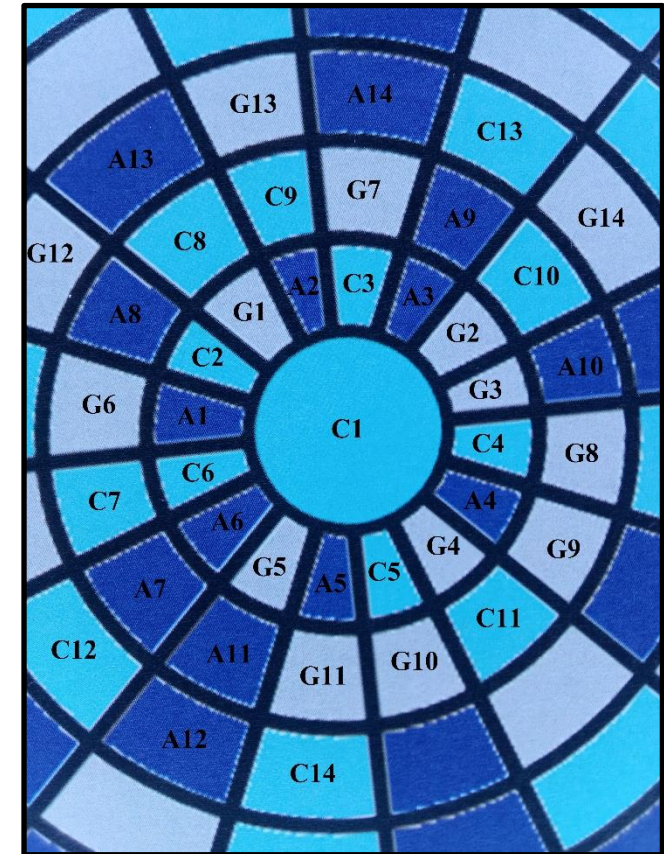
RGB _{max} :		255,00		Valores de referencia XYZ			D65	95,047	100,000	108,883					
		Gray World													
	R	G	B	R	G	B	x	y	Y	X	Y	Z	L	a	b
Gris															
1	151	188	233	168	184	203	0,2861	0,3050	47,0395	44,1252	47,0395	63,0713	74,2151	-1,7020	-11,1766
2	157	189	234	175	185	204	0,2907	0,3055	48,2440	45,8950	48,2440	63,7546	74,9786	0,1154	-10,4602
3	155	187	233	173	183	203	0,2895	0,3039	47,1310	44,8878	47,1310	63,0488	74,2735	0,2640	-11,0561
4	154	187	232	171	183	202	0,2892	0,3050	46,9636	44,5401	46,9636	62,4938	74,1665	-0,2829	-10,7499
5	154	188	233	171	184	203	0,2887	0,3052	47,4115	44,8466	47,4115	63,1051	74,4522	-0,6258	-10,7975
6	153	187	232	170	183	202	0,2884	0,3049	46,8385	44,2975	46,8385	62,4824	74,0864	-0,6438	-10,8780
7	160	193	237	178	189	206	0,2916	0,3076	50,4272	47,8013	50,4272	65,7262	76,3308	-0,3553	-9,8360
8	157	191	236	175	187	205	0,2895	0,3059	49,1552	46,5180	49,1552	64,9950	75,5478	-0,5710	-10,5569
9	158	192	237	176	188	206	0,2898	0,3062	49,7446	47,0833	49,7446	65,6322	75,9123	-0,5525	-10,4770
10	159	191	237	177	187	206	0,2906	0,3050	49,4570	47,1271	49,4570	65,5744	75,7348	0,3352	-10,7334
11	158	191	236	176	187	205	0,2904	0,3060	49,2844	46,7687	49,2844	65,0067	75,6279	-0,2099	-10,4288
12	159	191	236	177	187	205	0,2912	0,3061	49,4148	47,0215	49,4148	65,0186	75,7087	0,1521	-10,2999
13	160	193	239	178	189	208	0,2903	0,3054	50,5124	48,0142	50,5124	66,8471	76,3827	0,0101	-10,7020
14	162	194	241	180	190	210	0,2909	0,3047	51,2882	48,9571	51,2882	68,0752	76,8532	0,5719	-10,9253
Promedio Gris	157	190	235	175	186	205	0,2898	0,3055	48,7659	46,2621	48,7659	64,6186	75,3055	-0,2505	-10,6489
Cian															
1	34	190	241	38	186	210	0,2186	0,2935	40,2651	29,9938	40,2651	66,9460	69,6579	-28,8061	-22,3802
2	26	187	240	29	183	209	0,2163	0,2899	38,8445	28,9828	38,8445	66,1595	68,6385	-28,2805	-23,4692
3	31	189	242	35	185	211	0,2173	0,2906	39,8357	29,7789	39,8357	67,4431	69,3523	-28,3040	-23,3269
4	38	191	243	42	187	211	0,2191	0,2926	40,8568	30,5926	40,8568	68,1690	70,0754	-28,3556	-22,6897
5	46	191	243	51	187	211	0,2210	0,2928	41,0676	31,0014	41,0676	68,1882	70,2232	-27,4730	-22,4509
6	45	192	243	50	188	211	0,2212	0,2943	41,4568	31,1547	41,4568	68,2552	70,4948	-28,0772	-22,0388

7	50	194	243		56	190	211		0,2233	0,2974	42,4520		31,8691	42,4520	68,4097		71,1814	-28,4215	-20,9840
8	47	192	243		52	188	211		0,2217	0,2943	41,5150		31,2675	41,5150	68,2605		70,5352	-27,8359	-21,9735
9	41	191	240		46	187	209		0,2209	0,2964	40,8006		30,4106	40,8006	66,4619		70,0360	-28,8660	-21,3174
10	41	192	242		46	188	211		0,2206	0,2954	41,3051		30,8360	41,3051	67,6710		70,3892	-28,8013	-21,7312
11	44	191	241		49	187	210		0,2213	0,2952	40,9238		30,6737	40,9238	67,0373		70,1225	-28,2555	-21,6565
12	38	191	243		42	187	211		0,2191	0,2926	40,8568		30,5926	40,8568	68,1690		70,0754	-28,3556	-22,6897
13	45	190	243		50	186	211		0,2204	0,2913	40,6237		30,7381	40,6237	68,1164		69,9115	-27,1063	-22,9284
14	44	191	243		49	187	211		0,2205	0,2928	41,0108		30,8913	41,0108	68,1830		70,1835	-27,7096	-22,5152
Azul	R	G	B																
1	38	79	166		42	77	144		0,1971	0,1785	7,8943		8,7178	7,8943	27,6173		33,7619	10,9987	-40,8046
2	39	80	166		43	78	144		0,1984	0,1809	8,0575		8,8339	8,0575	27,6426		34,1023	10,5280	-40,2564
3	41	80	167		46	78	145		0,1994	0,1802	8,1343		8,9979	8,1343	28,0001		34,2610	11,2367	-40,5263
4	42	81	169		47	79	147		0,1997	0,1803	8,3557		9,2545	8,3557	28,7399		34,7130	11,4343	-40,8575
5	42	82	170		47	80	148		0,1997	0,1812	8,5265		9,3947	8,5265	29,1249		35,0561	11,1113	-40,8362
6	42	80	168		47	78	146		0,1996	0,1793	8,1873		9,1158	8,1873	28,3581		34,3699	11,7585	-40,8782
7	44	85	172		49	83	150		0,2017	0,1858	9,0785		9,8594	9,0785	29,9338		36,1350	10,2115	-40,1582
8	43	84	172		48	82	150		0,2005	0,1834	8,9015		9,7316	8,9015	29,9064		35,7940	10,6614	-40,7064
9	43	85	172		48	83	150		0,2010	0,1855	9,0511		9,8064	9,0511	29,9313		36,0826	10,0153	-40,2449
10	44	86	172		49	84	150		0,2022	0,1879	9,2303		9,9353	9,2303	29,9591		36,4239	9,5675	-39,6967
11	45	86	172		50	84	150		0,2030	0,1881	9,2583		9,9897	9,2583	29,9617		36,4769	9,7678	-39,6090
12	48	87	177		53	85	154		0,2033	0,1851	9,6428		10,5936	9,6428	31,8691		37,1935	11,3414	-41,0773
13	48	86	177		53	84	154		0,2028	0,1830	9,4889		10,5167	9,4889	31,8434		36,9090	11,9836	-41,5322
14	46	85	175		51	83	152		0,2018	0,1827	9,2200		10,1814	9,2200	31,0550		36,4045	11,5800	-41,2972

Comparación de los colores con el modelo matemático ΔE_{2000}

	Kl	Kh	Kc			ΔL	Δa	Δb	ΔE_{00}	
	1	1	1		Prom.	1,6066	1,8631	0,7646	1,7069	
	Patrones			Muestras			Diferencias			
	L	a	b	L	a	b	ΔL	Δa	Δb	ΔE_{00}
Gris										
1	75	0	-11	74,22	-1,70	-11,18	1,0904	1,4515	0,5277	2,0311
2	75	0	-11	74,98	0,12	-10,46	0,3269	0,3659	0,1887	0,5581
3	75	0	-11	74,27	0,26	-11,06	1,0320	0,5145	0,4072	1,0434
4	75	0	-11	74,17	-0,28	-10,75	1,1390	0,0324	0,1010	0,8383
5	75	0	-11	74,45	-0,63	-10,80	0,8533	0,3753	0,1486	0,7992
6	75	0	-11	74,09	-0,64	-10,88	1,2191	0,3933	0,2291	1,0415
7	75	0	-11	76,33	-0,36	-9,84	1,0253	0,1048	0,8129	0,9361
8	75	0	-11	75,55	-0,57	-10,56	0,2423	0,3205	0,0920	0,4574
9	75	0	-11	75,91	-0,55	-10,48	0,6068	0,3020	0,1719	0,6016
10	75	0	-11	75,73	0,34	-10,73	0,4293	0,5857	0,0845	0,8348
11	75	0	-11	75,63	-0,21	-10,43	0,3225	0,0405	0,2201	0,2834
12	75	0	-11	75,71	0,15	-10,30	0,4032	0,4026	0,3490	0,6598
13	75	0	-11	76,38	0,01	-10,70	1,0772	0,2606	0,0531	0,8519
14	75	0	-11	76,85	0,57	-10,93	1,5478	0,8224	0,2764	1,5645
Cian	L	a	b	L	a	b				
1	67	-24	-21	70	-29	-22	2,4849	4,6349	1,6350	2,8689
2	67	-24	-21	69	-28	-23	1,4655	4,1094	2,7240	2,2893
3	67	-24	-21	69	-28	-23	2,1793	4,1329	2,5817	2,6081
4	67	-24	-21	70	-28	-23	2,9024	4,1845	1,9445	2,9795
5	67	-24	-21	70	-27	-22	3,0502	3,3018	1,7057	2,8483
6	67	-24	-21	70	-28	-22	3,3218	3,9060	1,2936	3,1564
7	67	-24	-21	71	-28	-21	4,0084	4,2504	0,2387	3,7370
8	67	-24	-21	71	-28	-22	3,3622	3,6648	1,2283	3,1241
9	67	-24	-21	70	-29	-21	2,8630	4,6949	0,5722	3,1456
10	67	-24	-21	70	-29	-22	3,2162	4,6302	0,9859	3,2975
11	67	-24	-21	70	-28	-22	2,9495	4,0843	0,9113	2,9847
12	67	-24	-21	70	-28	-23	2,9024	4,1845	1,9445	2,9795
13	67	-24	-21	70	-27	-23	2,7385	2,9351	2,1832	2,6097
14	67	-24	-21	70	-28	-23	3,0105	3,5384	1,7699	2,8788
Azul	L	a	b	L	a	b				
1	35	7	-37	34	11	-41	0,8378	3,6970	4,0116	1,4932
2	35	7	-37	34	11	-40	0,4974	3,2263	3,4634	1,2364
3	35	7	-37	34	11	-41	0,3387	3,9351	3,7333	1,5279
4	35	7	-37	35	11	-41	0,1133	4,1326	4,0645	1,5502
5	35	7	-37	35	11	-41	0,4564	3,8096	4,0432	1,4301
6	35	7	-37	34	12	-41	0,2298	4,4569	4,0852	1,7368
7	35	7	-37	36	10	-40	1,5353	2,9099	3,3652	1,6334
8	35	7	-37	36	11	-41	1,1943	3,3597	3,9134	1,5384
9	35	7	-37	36	10	-40	1,4829	2,7137	3,4520	1,5477
10	35	7	-37	36	10	-40	1,8242	2,2658	2,9037	1,7054
11	35	7	-37	36	10	-40	1,8772	2,4662	2,8160	1,7856
12	35	7	-37	37	11	-41	2,5938	4,0397	4,2843	2,6069
13	35	7	-37	37	12	-42	2,3093	4,6820	4,7392	2,5783
14	35	7	-37	36	12	-41	1,8048	4,2783	4,5042	2,1534

Foto de la plantilla de color



*Los valores en verde indican los colores de la foto que son reproducibles con respecto a los de referencia, los valores en rojo no son reproducibles.

Tabla 4. ANEXO VII. Valores RGB y Lab de los tres colores caracterizados de la plantilla de evaluación de las cajas de iluminación. Valores RGB obtenidos de una fotografía de una plantilla en el modelo final de caja de iluminación y corregidos con la aproximación Grays World. Transformación al espacio de color Lab. Comparación de los colores con el modelo matemático ΔE_{2000}

Valores RGB de los tres colores caracterizados de la plantilla de evaluación de las cajas de iluminación

	RGB _{max} :			Valores de referencia XYZ			D50	95,047	100,000	108,883			
			255,00										
	D50												
Colores Patron	R	G	B	x	y	Y	X	Y	Z	L	a	b	
Gris	175	186	205	0,2898	0,3055	48,7659	46,2621	48,7659	64,6186	75,31	-0,25	-10,65	
Azul	44	81	140	0,2026	0,1931	8,2998	8,7079	8,2998	25,9711	34,60	7,30	-36,79	
Cian	66	177	200	0,2265	0,2938	36,8615	28,4162	36,8615	60,1961	67,17	-24,17	-20,75	

Valores RGB obtenidos de una fotografía de una plantilla en el primero modelo de caja de iluminación. Transformación al espacio de color Lab.

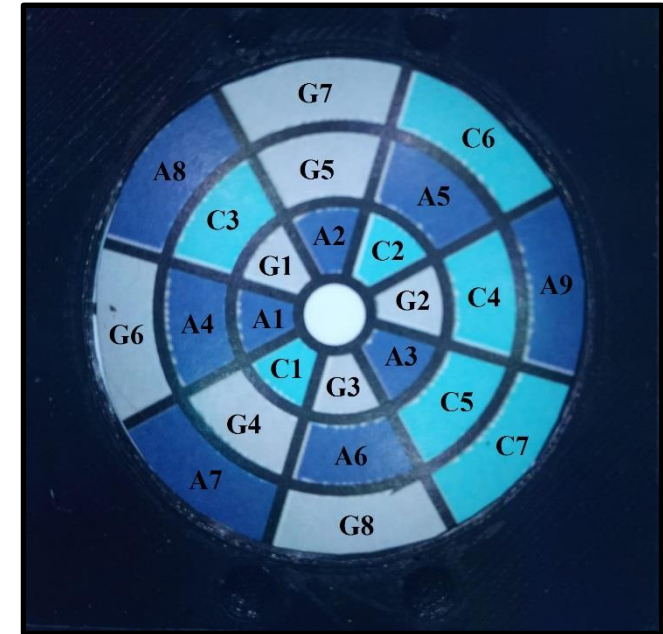
	RGB _{max} :			Valores de referencia XYZ			D65	95,047	100,000	108,883					
			255,00												
	Grey World														
	R	G	B	R	G	B	x	y	Y	X	Y	Z	L	a	b
Gris															
1	173	198	217	179	191	206	0,2929	0,3106	51,3809	48,4511	51,3809	65,6093	76,9092	-1,0551	-8,7385
2	175	195	213	181	188	202	0,2971	0,3116	50,1978	47,8555	50,1978	63,0291	76,1905	0,3992	-7,7334
3	174	196	216	180	189	205	0,2943	0,3093	50,6227	48,1593	50,6227	64,8770	76,4499	0,1215	-8,8996
4	175	200	231	181	193	219	0,2854	0,2973	53,1505	51,0389	53,1505	74,6173	77,9637	1,3875	-14,3223
5	160	185	214	166	179	203	0,2838	0,2969	44,4669	42,5122	44,4669	62,7947	72,5395	0,7442	-13,8215
6	158	186	207	164	180	196	0,2870	0,3065	44,3219	41,5006	44,3219	58,7632	72,4432	-1,8981	-10,3458
7	168	196	223	174	189	211	0,2850	0,3009	50,2168	47,5555	50,2168	69,1159	76,2021	-0,4837	-12,9151
8	165	189	207	171	182	196	0,2929	0,3108	46,2931	43,6291	46,2931	59,0316	73,7353	-1,0904	-8,3655
Promedio Gris	169	193	216												
Cian															
1	50	186	223	52	180	211	0,2181	0,2806	37,8950	29,4441	37,8950	67,6913	67,9432	-23,5075	-25,9654
2	57	188	223	59	181	211	0,2208	0,2839	38,8842	30,2369	38,8842	67,8404	68,6673	-23,6192	-24,8422
3	56	183	224	58	177	212	0,2182	0,2750	36,9659	29,3281	36,9659	68,1450	67,2514	-20,9707	-27,5386
4	50	184	226	52	178	214	0,2161	0,2737	37,2682	29,4194	37,2682	69,4633	67,4778	-21,5962	-28,2445
5	45	191	222	47	184	211	0,2192	0,2894	39,6931	30,0612	39,6931	67,3826	69,2504	-26,7947	-23,4517
6	36	184	217	37	178	206	0,2165	0,2851	36,5159	27,7219	36,5159	63,8316	66,9123	-25,7930	-24,4348
7	53	184	217	55	178	206	0,2205	0,2856	36,9278	28,5207	36,9278	63,8690	67,2229	-23,9769	-23,9321

Azul	R	G	B															
1	47	88	174	✓	49	✓	85	✓	165	0,1945	0,1697	9,8483	11,2872	9,8483	36,9000	37,5689	14,8643	-47,0793
2	58	88	175	✓	60	✓	85	✓	166	0,2013	0,1712	10,2019	11,9923	10,2019	37,3853	38,2024	17,1483	-46,5956
3	58	85	171	✓	60	✓	82	✓	162	0,2021	0,1701	9,6187	11,4265	9,6187	35,5059	37,1492	17,6804	-46,0243
4	47	84	179	✓	49	✓	81	✓	170	0,1906	0,1573	9,4334	11,4314	9,4334	39,1168	36,8058	19,1959	-51,1332
5	50	81	175	✓	52	✓	78	✓	166	0,1928	0,1566	8,9503	11,0221	8,9503	37,1948	35,8884	20,1684	-50,3469
6	56	85	171	✓	58	✓	82	✓	162	0,2006	0,1695	9,5551	11,3033	9,5551	35,5002	37,0319	17,2956	-46,2191
7	28	74	145	✓	29	✓	71	✓	138	0,1895	0,1715	6,6415	7,3379	6,6415	24,7483	30,9765	10,4177	-41,0618
8	44	89	164	✓	46	✓	86	✓	156	0,1978	0,1827	9,5943	10,3881	9,5943	32,5400	37,1043	10,1600	-42,1566
9	32	85	155	✓	33	✓	82	✓	147	0,1932	0,1836	8,4715	8,9169	8,4715	28,7592	34,9461	7,5975	-40,4842

Comparación de los colores con el modelo matemático ΔE_{2000}

	Kl	Kh	Kc		ΔL	Δa	Δb	ΔE_{00}		
	1	1	1	Prom.	1,2948	1,2407	3,4311	2,5825		
	Patrones			Muestras			Diferencias			
	L	a	b	L	a	b	ΔL	Δa	Δb	ΔE_{00}
Gris										
1	75	0	-11	76,91	-1,06	-8,74	1,6037	0,8046	1,9104	2,0642
2	75	0	-11	76,19	0,40	-7,73	0,8850	0,6497	2,9155	2,3595
3	75	0	-11	76,45	0,12	-8,90	1,1444	0,3720	1,7493	1,5620
4	75	0	-11	77,96	1,39	-14,32	2,6583	1,6380	3,6734	3,5450
5	75	0	-11	72,54	0,74	-13,82	2,7660	0,9947	3,1726	3,0958
6	75	0	-11	72,44	-1,90	-10,35	2,8623	1,6476	0,3031	2,9887
7	75	0	-11	76,20	-0,48	-12,92	0,8966	0,2332	2,2662	1,6490
8	75	0	-11	73,74	-1,09	-8,37	1,5702	0,8399	2,2834	2,2727
Cian	L	a	b	L	a	b				
1	67	-24	-21	68	-24	-26	0,7702	0,6636	5,2202	2,7726
2	67	-24	-21	69	-24	-25	1,4943	0,5520	4,0970	2,4600
3	67	-24	-21	67	-21	-28	0,0784	3,2005	6,7933	4,1269
4	67	-24	-21	67	-22	-28	0,3048	2,5750	7,4993	4,2233
5	67	-24	-21	69	-27	-23	2,0774	2,6235	2,7065	2,2292
6	67	-24	-21	67	-26	-24	0,2607	1,6218	3,6896	1,7454
7	67	-24	-21	67	-24	-24	0,0498	0,1943	3,1869	1,6429
Azul	L	a	b	L	a	b				
1	35	7	-37	38	15	-47	2,9692	7,5626	10,2863	3,5877
2	35	7	-37	38	17	-47	3,6027	9,8466	9,8026	4,6648
3	35	7	-37	37	18	-46	2,5495	10,3788	9,2313	4,4853
4	35	7	-37	37	19	-51	2,2061	11,8942	14,3402	4,4075
5	35	7	-37	36	20	-50	1,2887	12,8667	13,5539	4,6088
6	35	7	-37	37	17	-46	2,4322	9,9940	9,4261	4,2177
7	35	7	-37	31	10	-41	3,6232	3,1160	4,2688	3,0974
8	35	7	-37	37	10	-42	2,5046	2,8584	5,3636	2,4480
9	35	7	-37	35	8	-40	0,3464	0,2958	3,6912	1,6317

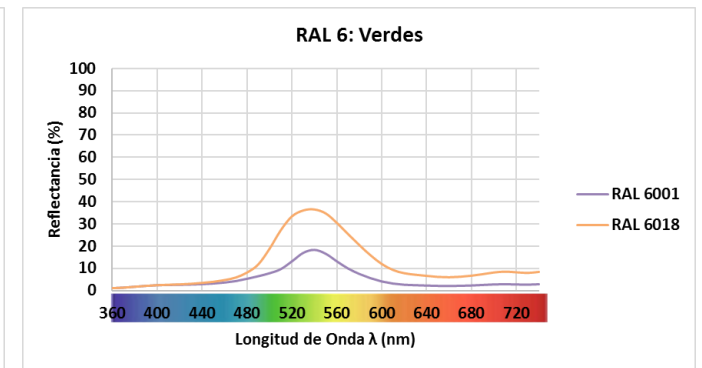
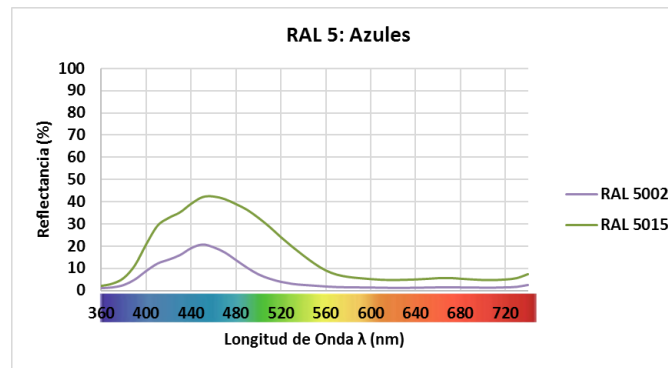
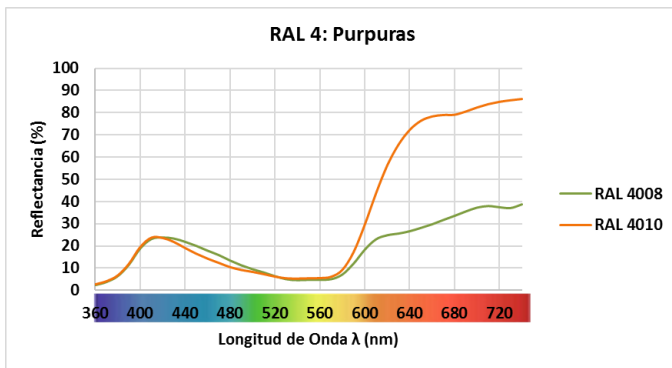
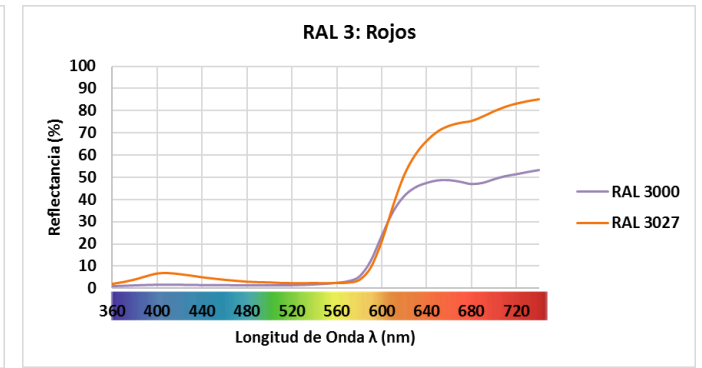
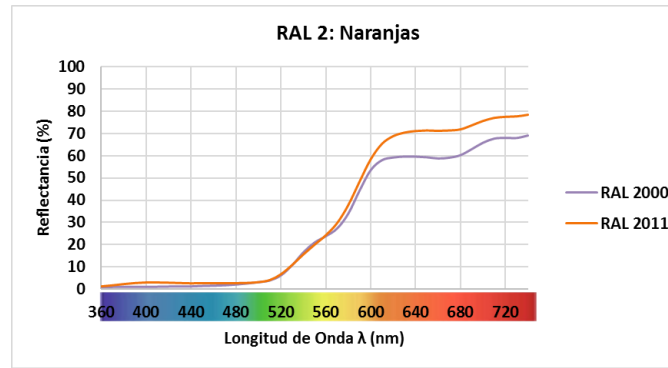
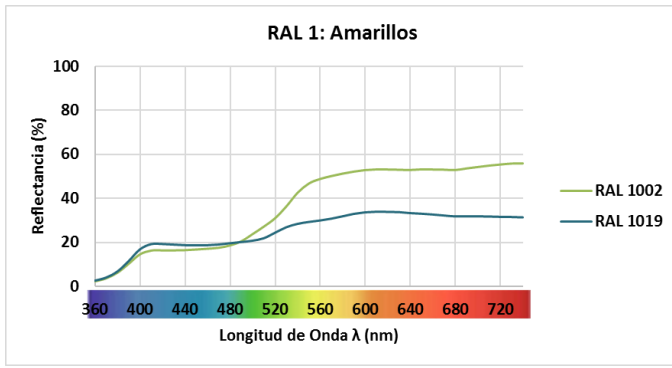
Foto de la plantilla de color

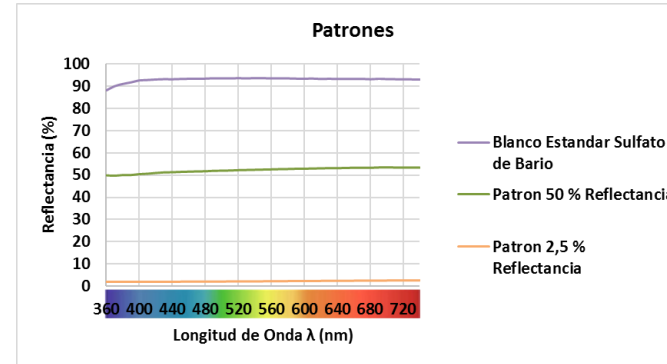
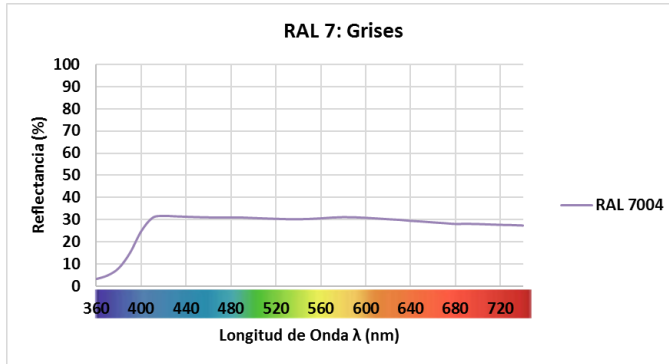


*Los valores en verde indican los colores de la foto que son reproducibles con respecto a los de referencia, los valores en rojo no son reproducibles.

ANEXO VIII – Caracterización de 13 colores distintos de una Carta de Colores RAL®

Se realizó la caracterización de 13 colores distintos de una Carta de Colores RAL®. Estos 13 colores se eligieron al azar con la única premisa de que por lo menos debía de haber dos colores correspondientes a cada categoría en la que se clasifica la Carta de Colores, excluyendo los colores marrones o cualquier color que fuese fluorescente. La caracterización se realizó con un Reflectómetro portátil CM-2600d KONICA MINOLTA con iluminación Flash Xenon y detector de fotodiodo array. En este apartado se muestran los espectros de reflectancia correspondientes a cada color y de los patrones de referencia, acompañados de los valores digitales en los espacios de color RGB y Lab. Los valores de Reflectancia se darán en %.

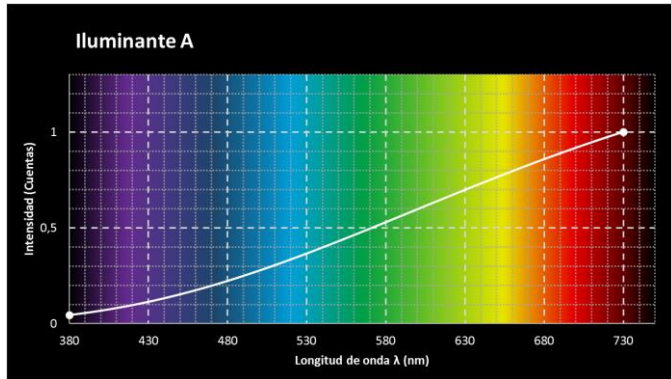




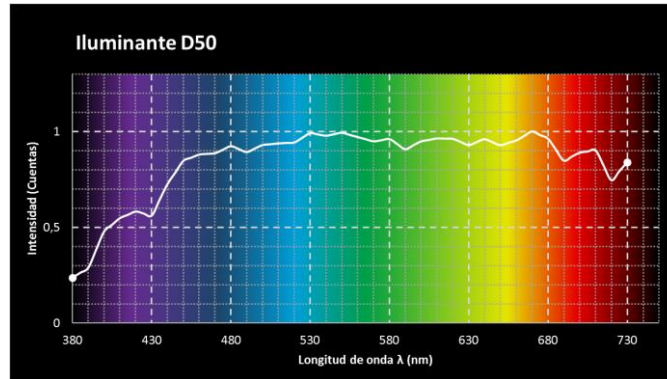
RAL	Grupo rasgos	L*(D65)	a*(D65)	b*(D65)	R(D65)	G(D65)	B(D65)
1002	3 SCE	70,6	7,57	37,23	207	166	105
1019	11 SCE	59,99	5,01	16,03	164	141	117
2000	16 SCE	56,21	37,51	75,23	213	105	0
2011	24 SCE	58,41	42,47	67,59	226	106	0
3000	26 SCE	35,39	51,54	38,26	162	31	24
3027	44 SCE	37,69	57,85	22,18	173	25	56
4008	53 SCE	38,37	34,98	-21,35	129	68	125
4010	55 SCE	45,6	54,29	-2,96	185	61	115
5002	58 SCE	23,51	10,86	-42,58	0	55	121
5015	64 SCE	46,61	-15,42	-37,5	0	121	173
6001	74 SCE	38,09	-30,67	25,8	46	101	46
6018	79 SCE	55,37	-38,57	47,34	86	148	42
7004	91 SCE	62,04	0,17	-0,8	150	150	151
Blanco Estandar Sulfato de Bario	97 SCE	97,43	-0,19	0,18	247	248	247
Patron 2,5% Reflectancia	98 SCE	16,64	0,38	0,86	42	41	40
Patron 50% Reflectancia	99 SCE	77,59	0,18	1,03	193	192	190

ANEXO IX – Iluminantes y su curva de distribución de potencia espectral

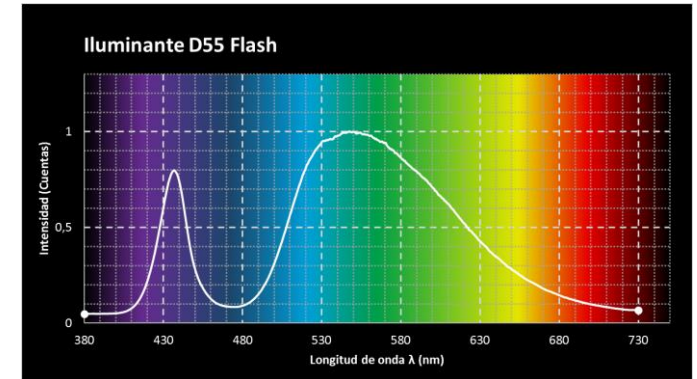
Se realizó la determinación del espectro de emisión de distintas fuentes lumínicas utilizando un Espectrómetro QE65000 de Ocean Optics con un detector CCD-array acoplado a una fibra óptica para observar que longitudes de onda contribuyen más a la interpretación y medida de distintos colores. Las representaciones gráficas muestran la intensidad/cuentas del espectro frente a las distintas longitudes de onda del espectro visible en tanto por uno.



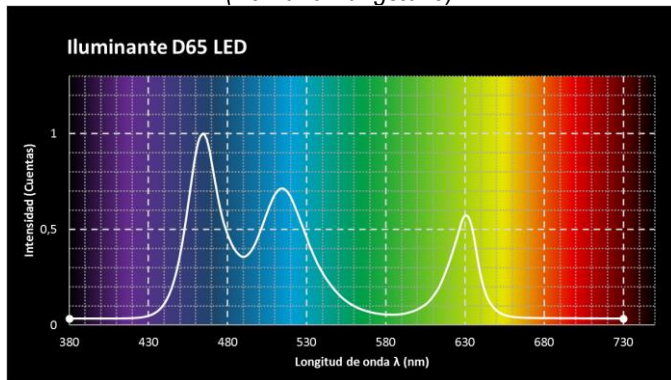
Distribución de potencia espectral de un Iluminación Tipo A (Bombilla Tungsteno)



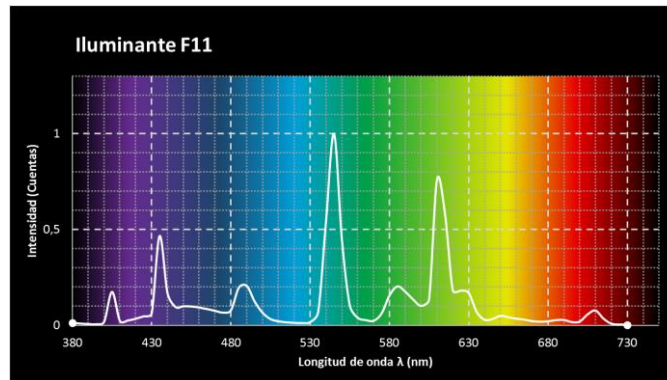
Distribución de potencia espectral de un Iluminación Tipo D50



Distribución de potencia espectral de un Iluminación Tipo D55 Flash de Móvil



Distribución de potencia espectral de un Iluminación Tipo D65 Tira LED



Distribución de potencia espectral de un Iluminación Tipo F11 (Fluorescente)

Iluminante D₅₀: Los nombres de la serie de luz de día (*daylight*) comienzan con la letra D mayúscula y dos cifras que indican la temperatura de color aproximada. Así D₅₀ tiene una temperatura de emisión de unos 5.000 K.

Iluminante D₆₅: Temperatura de emisión de unos 6500 K.

Iluminante D₅₅: Temperatura de emisión de unos 5500 K.

Iluminante F₁₁: La serie F de iluminantes estándares (de F₁ a F₁₂) sirven para estandarizar lámparas y tubos fluorescentes. Tiene una temperatura de emisión de unos 4000 K.

Iluminante A: El iluminante A se basa en la fuente más usual de luz artificial: La bombilla incandescente de filamento de tungsteno. Tiene una temperatura de emisión de unos 2856 K.

ANEXO X – Valores RGB, Lab y ΔE_{2000} para las medidas de 13 colores RAL bajo distintas fuentes lumínicas

Se realizaron varias fotografías de la Carta RAL en la que aparecían los colores caracterizados del ANEXO VIII. Estas fotografías se tomaron bajo distintas fuentes lumínicas con un móvil Xiaomi Redmi 6a. Se tomaron los datos RGB correspondientes a cada color y se les aplicó la corrección de “Grays World” utilizando como referencia el color RAL 7004, correspondiente a un gris, para los distintos iluminantes. Los valores Lab obtenidos se compararon con aquellos caracterizados en el ANEXO VIII y se obtuvo la ΔE_{2000} para cada iluminante.

Tabla 1. ANEXO X. Valores RGB y Lab de los tres 13 colores bajo Iluminante D₆₅ y su comparación frente a un iluminante D₅₀ mediante ΔE_{2000}

Valores RGB y Lab de los 13 colores bajo Iluminante D₆₅

	RGB _{max} :			Valores de referencia XYZ			D65	95,047	100,000	108,883								
	Iluminante F11			Gray World														
RAL	R	G	B	R	G	B	x	y	Y	X	Y	Z	L	a	b			
1002	156	144	130	212	180	112	0,3988	0,4104	47,7591	46,4069	47,7591	22,2148	74,6727	2,8869	38,5923			
1019	107	103	130	145	129	112	0,3516	0,3568	22,8420	22,5060	22,8420	18,6642	54,9092	3,6877	11,1576			
2000	149	74	10	203	92	9	0,5520	0,3959	20,3829	28,4225	20,3829	2,6858	52,2674	40,1017	59,4828			
2011	174	72	20	237	90	17	0,5734	0,3761	25,2711	38,5312	25,2711	3,3911	57,3387	53,9360	63,5207			
3000	128	8	24	174	10	21	0,6205	0,3250	9,2733	17,7023	9,2733	1,5551	36,5053	59,2242	42,0019			
3027	132	10	53	179	12	46	0,5867	0,3070	10,1115	19,3243	10,1115	3,5001	38,0419	61,0685	29,5837			
4008	80	47	118	109	59	102	0,3303	0,2356	7,2924	10,2242	7,2924	13,4414	32,4635	28,8992	-16,0266			
4010	154	54	138	209	67	119	0,4518	0,2704	19,0170	31,7800	19,0170	19,5436	50,7071	59,5059	2,1943			
5002	4	40	129	5	50	112	0,1768	0,1495	3,4708	4,1038	3,4708	15,6422	21,8386	12,3124	-39,5082			
5015	5	93	192	7	116	166	0,1978	0,2291	15,3166	13,2255	15,3166	38,3256	46,0648	-8,4244	-34,2043			
6001	38	73	58	52	91	50	0,3089	0,4560	8,4615	5,7320	8,4615	4,3645	34,9262	-23,4333	19,3566			
6018	47	110	62	64	137	54	0,3123	0,5136	19,3426	11,7608	19,3426	6,5543	51,0856	-40,0074	37,2824			
7004	110	120	175	150	150	151	0,3111	0,3268	30,4493	28,9851	30,4493	33,7490	62,0400	0,1700	-0,8000			

Comparación de los 13 colores con iluminante D₆₅ frente a un iluminante D₅₀ mediante ΔE_{2000}

	Kl	Kh	Kc			ΔL	Δa	Δb	ΔE_{00}
	1	1	1		Prom.	3,17	4,24	4,68	4,42

RAL	Referencia			Iluminante A			Diferencias			ΔE_{00}
	L	a	b	L	a	b	ΔL	Δa	Δb	
1002	70,600	7,570	37,230	74,6727	2,8869	38,5923	4,0727	4,6831	1,3623	4,7711
1019	59,990	5,010	16,030	54,9092	3,6877	11,1576	5,0808	1,3223	4,8724	5,5948
2000	56,311	37,986	64,512	52,2674	40,1017	59,4828	4,0437	2,1157	5,0295	4,7507
2011	58,419	42,513	66,738	57,3387	53,9360	63,5207	1,0808	11,4232	3,2174	6,3879
3000	35,390	51,540	38,260	36,5053	59,2242	42,0019	1,1153	7,6843	3,7419	2,4146
3027	37,690	57,850	22,180	38,0419	61,0685	29,5837	0,3519	3,2185	7,4037	3,3137
4008	38,370	34,980	-21,350	32,4635	28,8992	-16,0266	5,9065	6,0808	5,3234	5,7967
4010	45,600	54,290	-2,960	50,7071	59,5059	2,1943	5,1071	5,2159	5,1543	5,7937
5002	23,951	12,360	-41,844	21,8386	12,3124	-39,5082	2,1121	0,0475	2,3362	1,9267
5015	47,843	-8,857	-35,474	46,0648	-8,4244	-34,2043	1,7784	0,4322	1,2693	1,8195
6001	38,090	-30,670	25,800	34,9262	-23,4333	19,3566	3,1638	7,2367	6,4434	4,6068
6018	55,370	-38,570	47,340	51,0856	-40,0074	37,2824	4,2844	1,4374	10,0576	5,8426

Tabla 2. ANEXO X. Valores RGB y Lab de los tres 13 colores bajo Iluminante D₅₅ y su comparación frente a un iluminante D₅₀ mediante ΔE₂₀₀₀

Valores RGB y Lab de los 13 colores bajo Iluminante D₅₅

RGB _{max} :			255,00	Valores de referencia XYZ			D65	95,047	100,000	108,883			
Iluminante D55			Gray World										
RAL	R	G	B	R	G	B	x	y	Y	X	Y	Z	
1002	161	131	78	167	139	83	0,4050	0,4141	27,3851	26,7868	27,3851	11,9612	
1019	159	144	127	165	153	134	0,3431	0,3571	32,5391	31,2681	32,5391	27,3182	
2000	181	80	26	188	85	28	0,5425	0,3874	17,2721	24,1873	17,2721	3,1280	
2011	196	93	51	204	99	54	0,5156	0,3784	21,9355	29,8912	21,9355	6,1442	
3000	193	27	43	200	29	45	0,5908	0,3186	13,3997	24,8523	13,3997	3,8102	
3027	188	28	71	195	30	75	0,5367	0,2885	13,0633	24,3016	13,0633	7,9186	
4008	138	66	135	143	70	143	0,3190	0,2109	12,2448	18,5258	12,2448	27,3026	
4010	170	51	109	177	54	115	0,4212	0,2474	13,1985	22,4707	13,1985	17,6785	
5002	12	48	104	12	51	110	0,1811	0,1557	3,5763	4,1578	3,5763	15,2297	
5015	39	114	162	41	121	171	0,2060	0,2330	17,1274	15,1368	17,1274	41,2282	
6001	27	104	44	28	111	47	0,2891	0,5119	11,7143	6,6166	11,7143	4,5541	
6018	52	134	26	54	142	28	0,3167	0,5620	20,3330	11,4588	20,3330	4,3886	
7004	144	141	143	150	150	151	0,3111	0,3268	30,4493	28,9851	30,4493	33,7490	

Comparación de los 13 colores con iluminante D₅₅ frente a un iluminante D₅₀ mediante ΔE₂₀₀₀

KI			Kh	Kc	Prom.			ΔL	Δa	Δb	ΔE00
1			1	1	Prom.			4,52	4,80	5,86	5,63

RAL	Referencia			Iluminante A			Diferencias			ΔE00
	L	a	b	L	a	b	ΔL	Δa	Δb	
1002	70,600	7,570	37,230	59,3291	3,1225	34,0919	11,2709	4,4475	3,1381	9,8690
1019	59,990	5,010	16,030	63,7860	1,2580	11,4198	3,7960	3,7520	4,6102	5,9031
2000	56,311	37,986	64,512	48,6011	38,3964	50,1276	7,7100	0,4104	14,3847	9,5468
2011	58,419	42,513	66,738	53,9585	38,4753	43,9059	4,4610	4,0375	22,8322	9,0441
3000	35,390	51,540	38,260	43,3594	63,8675	36,9265	7,9694	12,3275	1,3335	8,5383
3027	37,690	57,850	22,180	42,8585	63,6477	17,9982	5,1684	5,7977	4,1818	5,5553
4008	38,370	34,980	-21,350	41,6025	41,6139	-26,8036	3,2325	6,6339	5,4536	4,0442
4010	45,600	54,290	-2,960	43,0608	54,5964	-7,2795	2,5392	0,3064	4,3195	3,1106
5002	23,951	12,360	-41,844	22,2181	11,4426	-37,9251	1,7326	0,9173	3,9193	1,9839
5015	47,843	-8,857	-35,474	48,4201	-6,6525	-33,6218	0,5769	2,2041	1,8517	1,8542
6001	38,090	-30,670	25,800	40,7584	-38,9637	28,4350	2,6684	8,2937	2,6350	3,9266
6018	55,370	-38,570	47,340	52,2116	-47,0120	49,0334	3,1584	8,4420	1,6934	4,2080

Tabla 3. ANEXO X. Valores RGB y Lab de los tres 13 colores bajo Iluminante F₁₁ y su comparación frente a un iluminante D₅₀ mediante ΔE₂₀₀₀

Valores RGB y Lab de los 13 colores bajo Iluminante F₁₁

RGB _{max} :			255,00	Valores de referencia XYZ			D65	95,047	100,000	108,883						
Iluminante F ₁₁			Gray World													
RAL	R	G	B	R	G	B	x	y	Y	X	Y	Z	L	a	b	
1002	202	160	59	199	176	80	0,4124	0,4465	43,8482	40,5043	43,8482	13,8601	72,1269	-3,5952	51,3350	
1019	148	110	63	146	121	85	0,3884	0,3916	20,4573	20,2907	20,4573	11,4942	52,3504	4,2153	23,3227	
2000	209	93	9	206	102	12	0,5391	0,4049	22,6939	30,2167	22,6939	3,1420	54,7556	36,2691	60,6475	
2011	201	74	10	198	82	14	0,5624	0,3845	17,9707	26,2843	17,9707	2,4828	49,4606	43,5958	56,1493	
3000	179	22	10	176	24	14	0,6189	0,3355	9,9392	18,3385	9,9392	1,3510	37,7331	57,3123	46,3416	
3027	190	21	38	187	23	51	0,5772	0,3081	11,4195	21,3926	11,4195	4,2477	40,2782	61,5648	29,2003	
4008	124	54	79	122	59	107	0,3459	0,2363	8,3732	12,2542	8,3732	14,8003	34,7483	33,8493	-15,3362	
4010	198	54	79	195	59	107	0,4603	0,2728	15,8138	26,6846	15,8138	15,4767	46,7293	57,0142	3,7774	
5002	12	31	81	12	34	109	0,1694	0,1132	2,3426	3,5075	2,3426	14,8512	17,1912	23,3990	-45,7248	
5015	19	97	134	19	107	181	0,1884	0,1900	13,9603	13,8465	13,9603	45,6805	44,1760	3,7104	-45,9708	
6001	15	94	24	15	104	32	0,2911	0,5436	10,0202	5,3665	10,0202	3,0476	37,8787	-40,4182	32,1696	
6018	60	140	23	59	154	31	0,3165	0,5616	24,2248	13,6510	24,2248	5,2574	56,3121	-49,8443	51,8480	
7004	152	136	112	150	150	151	0,3111	0,3268	30,4493	28,9851	30,4493	33,7490	62,0400	0,1700	-0,8000	

Comparación de los 13 colores con iluminante F₁₁ frente a un iluminante D₅₀ mediante ΔE₂₀₀₀

Kl	Kh	Kc	Prom.			ΔL	Δa	Δb	ΔE00	
1	1	1	Prom.			3,41	6,06	7,41	5,58	
Referencia			Iluminante A			Diferencias			ΔE00	
RAL	L	a	b	L	a	b	ΔL	Δa		Δb
1002	70,600	7,570	37,230	72,1269	-3,5952	51,3350	1,5269	11,1652	14,1050	9,7182
1019	59,990	5,010	16,030	52,3504	4,2153	23,3227	7,6396	0,7947	7,2927	8,3355
2000	56,311	37,986	64,512	54,7556	36,2691	60,6475	1,5555	1,7169	3,8647	1,7855
2011	58,419	42,513	66,738	49,4606	43,5958	56,1493	8,9589	1,0830	10,5887	9,7103
3000	35,390	51,540	38,260	37,7331	57,3123	46,3416	2,3431	5,7723	8,0815	3,4470
3027	37,690	57,850	22,180	40,2782	61,5648	29,2003	2,5882	3,7148	7,0203	3,8131
4008	38,370	34,980	-21,350	34,7483	33,8493	-15,3362	3,6217	1,1307	6,0138	4,2932
4010	45,600	54,290	-2,960	46,7293	57,0142	3,7774	1,1293	2,7243	6,7374	3,4697
5002	23,951	12,360	-41,844	17,1912	23,3990	-45,7248	6,7596	11,0391	3,8804	7,4742
5015	47,843	-8,857	-35,474	44,1760	3,7104	-45,9708	3,6671	12,5670	10,4972	7,3543
6001	38,090	-30,670	25,800	37,8787	-40,4182	32,1696	0,2113	9,7482	6,3696	3,8399
6018	55,370	-38,570	47,340	56,3121	-49,8443	51,8480	0,9421	11,2743	4,5080	3,7160

Tabla 4. ANEXO X. Valores RGB y Lab de los tres 13 colores bajo Iluminante A y su comparación frente a un iluminante D50 mediante ΔE_{2000}

Valores RGB y Lab de los 13 colores bajo Iluminante A

RGB _{max} :				255,00	Valores de referencia XYZ			D65	95,047	100,000	108,883	CIE			CIE			CIE		
Iluminante A				Grey World			D50 adaptado a D65			D50 adaptado a D65			D50 adaptado a D65			D50 adaptado a D65				
RAL	R	G	B	R	G	B	x	y	Y	X	Y	Z	L	a	b	L	a	b		
1002	206	162	50	212	207	101	0,3914	0,4501	59,8633	52,0563	59,8633	21,0873	81,7639	-12,3096	52,8450	81,7639	-12,3096	52,8450		
1019	139	99	30	143	127	61	0,4076	0,4395	21,3300	19,7823	21,3300	7,4214	53,3087	-2,4322	37,8010	53,3087	-2,4322	37,8010		
2000	206	99	10	212	127	20	0,5092	0,4257	29,2455	34,9763	29,2455	4,4728	60,9977	26,4151	63,7461	60,9977	26,4151	63,7461		
2011	176	64	9	182	82	18	0,5473	0,3917	15,9630	22,3046	15,9630	2,4855	46,9259	37,1727	51,7584	46,9259	37,1727	51,7584		
3000	179	35	9	185	45	18	0,5995	0,3483	12,1767	20,9580	12,1767	1,8257	41,4956	54,2436	47,9404	41,4956	54,2436	47,9404		
3027	190	36	18	196	46	36	0,5871	0,3374	13,8249	24,0599	13,8249	3,0954	43,9808	57,7544	42,3751	43,9808	57,7544	42,3751		
4008	125	45	43	129	58	87	0,4014	0,2732	8,3350	12,2456	8,3350	9,9241	34,6711	34,1225	-2,6424	34,6711	34,1225	-2,6424		
4010	181	42	46	187	54	93	0,4799	0,2822	13,9321	23,6912	13,9321	11,7480	44,1355	55,4638	8,4684	44,1355	55,4638	8,4684		
5002	47	43	47	48	55	95	0,2309	0,2079	4,2018	4,6674	4,2018	11,3448	24,3277	9,2712	-24,5809	24,3277	9,2712	-24,5809		
5015	58	92	94	60	118	190	0,2040	0,2041	17,5714	17,5609	17,5714	50,9571	48,9721	4,7256	-43,2577	48,9721	4,7256	-43,2577		
6001	42	93	16	43	119	32	0,3107	0,5457	13,8456	7,8837	13,8456	3,6430	44,0106	-40,6111	39,0205	44,0106	-40,6111	39,0205		
6018	59	119	16	61	152	32	0,3178	0,5585	23,6819	13,4741	23,6819	5,2470	55,7679	-48,6350	50,9574	55,7679	-48,6350	50,9574		
7004	145	117	75	150	150	151	0,3111	0,3268	30,4493	28,9851	30,4493	33,7490	62,0400	0,1700	-0,8000	62,0400	0,1700	-0,8000		

Comparación de los 13 colores con iluminante A frente a un iluminante D₅₀ mediante ΔE_{2000}

Kl	Kh	Kc	Prom.			ΔL	Δa	Δb	ΔE_{00}	
1	1	1	Prom.			4,95	7,15	12,92	9,25	
Referencia			Iluminante A			Diferencias			ΔE_{00}	
RAL	L	a	b	L	a	b	ΔL	Δa		Δb
1002	70,600	7,570	37,230	81,7639	-12,3096	52,8450	11,1638	19,8796	15,6150	16,6352
1019	59,990	5,010	16,030	53,3087	-2,4322	37,8010	6,6813	7,4422	21,7710	13,8601
2000	56,311	37,986	64,512	60,9977	26,4151	63,7461	4,6866	11,5709	0,7661	7,5037
2011	58,419	42,513	66,738	46,9259	37,1727	51,7584	11,4935	5,3401	14,9796	12,0734
3000	35,390	51,540	38,260	41,4956	54,2436	47,9404	6,1056	2,7036	9,6804	6,5480
3027	37,690	57,850	22,180	43,9808	57,7544	42,3751	6,2908	0,0955	20,1951	11,4609
4008	38,370	34,980	-21,350	34,6711	34,1225	-2,6424	3,6989	0,8575	18,7076	10,3960
4010	45,600	54,290	-2,960	44,1355	55,4638	8,4684	1,4645	1,1738	11,4284	5,7139
5002	23,951	12,360	-41,844	24,3277	9,2712	-24,5809	0,3769	3,0887	17,2635	8,3125
5015	47,843	-8,857	-35,474	48,9721	4,7256	-43,2577	1,1289	13,5822	7,7842	7,6709
6001	38,090	-30,670	25,800	44,0106	-40,6111	39,0205	5,9206	9,9411	13,2205	7,5300
6018	55,370	-38,570	47,340	55,7679	-48,6350	50,9574	0,3979	10,0650	3,6174	3,2963

ANEXO XI – Valores RGB, Lab y ΔE_{2000} para las medidas de 13 colores RAL bajo distintos teléfonos móviles

Se realizaron varias fotografías de la Carta RAL en la que aparecían los colores caracterizados del ANEXO VIII. Estas fotografías se tomaron bajo iluminación D65 con distintos dispositivos móviles. Se tomaron los datos RGB correspondientes a cada color y se les aplicó la corrección de “Grays World” utilizando como referencia el color RAL 7004, correspondiente a un gris, para los distintos dispositivos móviles. Los valores Lab obtenidos se compararon con aquellos obtenidos con un iluminante D65 en el ANEXO X y se obtuvo la ΔE_{2000} para cada dispositivo antes y después de la corrección con “Grays World”.

Tabla 1. ANEXO XI. Valores RGB y Lab de los tres 13 colores bajo iluminante D65 con el móvil Xiaomi Redmi 5 Plus y su comparación mediante ΔE_{2000} frente a los valores Lab obtenidos en el ANEXO X con iluminante D65 y el dispositivo Xiaomi Redmi 6a

Valores RGB y Lab de los 13 colores bajo Iluminante D65 sin corrección con Grays World

	RGB _{max} :			Valores de referencia XYZ			D65	95,05	100,00	108,88			
			255,00										
	Iluminante D65												
RAL	R	G	B	x	y	Y	X	Y	Z	L	a	b	
1002,00	210	180	90	0,41	0,44	47,08	44,75	47,08	16,40	74,24	-0,02	49,18	
1019,00	154	149	133	0,33	0,35	30,06	28,31	30,06	26,50	61,70	-1,03	9,11	
2000,00	218	91	46	0,54	0,37	22,59	33,15	22,59	5,20	54,65	47,45	49,25	
2011,00	233	127	89	0,48	0,37	33,23	43,00	33,23	13,60	64,35	37,52	38,56	
3000,00	187	21	56	0,57	0,30	11,39	21,48	11,39	4,81	40,23	62,18	26,26	
3027,00	198	42	81	0,52	0,29	14,26	25,60	14,26	9,19	44,60	61,70	16,77	
4008,00	107	60	134	0,28	0,19	8,08	11,98	8,08	23,48	34,15	34,55	-33,47	
4010,00	200	89	141	0,40	0,26	21,35	32,20	21,35	27,62	53,33	49,72	-7,07	
5002,00	22	72	143	0,18	0,16	6,79	7,60	6,79	26,89	31,32	11,49	-43,90	
5015,00	21	129	220	0,19	0,19	21,02	21,07	21,02	70,64	52,98	5,31	-54,22	
6001,00	19	103	65	0,26	0,45	10,22	6,07	10,22	6,65	38,23	-33,89	14,73	
6018,00	93	152	60	0,33	0,50	25,11	16,56	25,11	8,25	57,18	-36,19	41,55	
7004,00	156	170	200	0,28	0,29	39,99	38,51	39,99	60,32	69,46	1,61	-16,92	

Comparación de los 13 colores sin corrección con los obtenidos por el dispositivo Xiaomi Redmi 6a

	Kl	Kh	Kc			ΔL	Δa	Δb	ΔE_{00}
	1	1	1		Prom.	4,75	6,60	11,37	7,69

	Xiaomi Redmi 6a			Huawei P10 Lite			Diferencias			
RAL	L	a	b	L	a	b	ΔL	Δa	Δb	ΔE_{00}
1002	74,673	2,887	38,592	74,2439	-0,0160	49,1760	0,4289	2,9029	10,5837	4,2426
1019	54,909	3,688	11,158	61,7048	-1,0299	9,1093	6,7956	4,7176	2,0483	8,8103
2000	52,267	40,102	59,483	54,6469	47,4452	49,2484	2,3795	7,3436	10,2344	7,6260
2011	57,339	53,936	63,521	64,3454	37,5215	38,5557	7,0067	16,4145	24,9650	9,8303
3000	36,505	59,224	42,002	40,2299	62,1773	26,2559	3,7246	2,9530	15,7461	8,8538
3027	38,042	61,069	29,584	44,6029	61,7012	16,7668	6,5610	0,6327	12,8169	8,6837
4008	32,463	28,899	-16,027	34,1469	34,5539	-33,4703	1,6834	5,6547	17,4437	8,4088
4010	50,707	59,506	2,194	53,3307	49,7224	-7,0683	2,6237	9,7835	9,2626	5,9083
5002	21,839	12,312	-39,508	31,3183	11,4910	-43,8975	9,4797	0,8214	4,3893	7,5731
5015	46,065	-8,424	-34,204	52,9763	5,3089	-54,2169	6,9115	13,7333	20,0127	9,0842
6001	34,926	-23,433	19,357	38,2342	-33,8852	14,7348	3,3080	10,4519	4,6217	6,7487
6018	51,086	-40,007	37,282	57,1815	-36,1897	41,5505	6,0959	3,8177	4,2682	6,4570

Valores RGB y Lab de los 13 colores bajo iluminante D₆₅ con corrección Grays World

	RGB _{max} :			255,00	Valores de referencia XYZ			D65	95,047	100,000	108,883						
	Iluminante D65				Gray World												
RAL	R	G	B	R	G	B	x	y	Y	X	Y	Z	L	a	b		
1002	210	180	90	201	159	68	0,4374	0,4374	37,5618	37,5586	37,5618	10,7531	67,6964	6,1502	51,8584		
1019	154	149	133	148	131	101	0,3668	0,3811	23,5174	22,6372	23,5174	15,5570	55,6014	1,3045	18,8940		
2000	218	91	46	209	80	35	0,5594	0,3690	19,4448	29,4758	19,4448	3,7753	51,2036	48,7670	50,6516		
2011	233	127	89	223	112	67	0,5059	0,3756	27,7346	37,3557	27,7346	8,7468	59,6482	40,1787	44,1314		
3000	187	21	56	179	19	42	0,5899	0,3128	10,2370	19,3019	10,2370	3,1839	38,2645	59,9956	31,9430		
3027	198	42	81	190	37	61	0,5540	0,3072	12,5899	22,7008	12,5899	5,6877	42,1386	59,6234	25,4755		
4008	107	60	134	103	53	101	0,3202	0,2212	6,3416	9,1794	6,3416	13,1449	30,2584	30,0111	-19,0910		
4010	200	89	141	192	78	107	0,4464	0,2927	17,7407	27,0623	17,7407	15,8138	49,1801	47,9878	7,2505		
5002	22	72	143	21	63	108	0,1963	0,1973	4,8531	4,8298	4,8531	14,9162	26,3122	2,8162	-30,1488		
5015	21	129	220	20	114	166	0,1983	0,2237	14,8864	13,1951	14,8864	38,4524	45,4782	-6,0944	-35,3712		
6001	19	103	65	18	91	49	0,2744	0,4720	7,7998	4,5343	7,7998	4,1907	33,5625	-32,2911	17,9264		
6018	93	152	60	89	134	45	0,3451	0,5087	19,3688	13,1380	19,3688	5,5679	51,1159	-30,7688	41,4823		
7004	156	170	200	150	150	151	0,3111	0,3268	30,4493	28,9851	30,4493	33,7490	62,0400	0,1700	-0,8000		

Comparación de los 13 colores corregidos con los obtenidos por el dispositivo Xiaomi Redmi 6a

	Kl	Kh	Kc			ΔL	Δa	Δb	$\Delta E00$	
	1	1	1		Prom.	2,26	6,07	7,31	4,91	
	Xiaomi Redmi 6a			Huawei P10 Lite			Diferencias			
RAL	L	a	b	L	a	b	ΔL	Δa	Δb	$\Delta E00$
1002	74,673	2,887	38,592	67,6964	6,1502	51,8584	6,9763	3,2633	13,2661	7,0698
1019	54,909	3,688	11,158	55,6014	1,3045	18,8940	0,6922	2,3832	7,7364	6,0329
2000	52,267	40,102	59,483	51,2036	48,7670	50,6516	1,0638	8,6653	8,8312	7,3555
2011	57,339	53,936	63,521	59,6482	40,1787	44,1314	2,3096	13,7573	19,3893	6,1471
3000	36,505	59,224	42,002	38,2645	59,9956	31,9430	1,7592	0,7714	10,0590	5,2367
3027	38,042	61,069	29,584	42,1386	59,6234	25,4755	4,0968	1,4451	4,1082	4,0474
4008	32,463	28,899	-16,027	30,2584	30,0111	-19,0910	2,2051	1,1120	3,0643	2,3555
4010	50,707	59,506	2,194	49,1801	47,9878	7,2505	1,5270	11,5181	5,0562	4,6799
5002	21,839	12,312	-39,508	26,3122	2,8162	-30,1488	4,4736	9,4961	9,3594	4,9294
5015	46,065	-8,424	-34,204	45,4782	-6,0944	-35,3712	0,5866	2,3300	1,1669	1,5745
6001	34,926	-23,433	19,357	33,5625	-32,2911	17,9264	1,3637	8,8578	1,4301	4,6384
6018	51,086	-40,007	37,282	51,1159	-30,7688	41,4823	0,0303	9,2386	4,2000	4,8451

Tabla 2. ANEXO XI. Valores RGB y Lab de los tres 13 colores bajo Iluminante D₆₅ con el móvil Huawei P10 Lite y su comparación mediante ΔE_{2000} frente a los valores Lab obtenidos en el ANEXO X con iluminante D₆₅ y el dispositivo Xiaomi Redmi 6a

Valores RGB y Lab de los 13 colores bajo Iluminante D₆₅ sin corrección con Grays World

	RGB _{max} :		255,00	Valores de referencia XYZ			D65	95,05	100,00	108,88				
	Iluminante D65													
RAL	R	G	B	x	y	Y	X	Y	Z	L	a	b		
1002	146	178	155	0,30	0,36	40,32	33,69	40,32	37,01	69,70	-15,52	8,17		
1019	103	156	167	0,26	0,31	29,45	24,45	29,45	40,95	61,18	-14,64	-11,30		
2000	159	119	39	0,45	0,44	20,71	21,26	20,71	4,80	52,63	7,69	47,70		
2011	156	123	53	0,43	0,44	21,49	21,44	21,49	6,39	53,48	4,85	42,09		
3000	117	36	67	0,44	0,27	5,45	8,98	5,45	5,89	27,98	38,16	0,20		
3027	141	28	88	0,43	0,24	7,20	13,16	7,20	9,93	32,26	50,68	-6,81		
4008	88	68	199	0,20	0,13	10,33	16,40	10,33	55,15	38,43	43,73	-65,58		
4010	131	81	197	0,24	0,16	14,74	22,38	14,74	54,48	45,28	44,62	-53,13		
5002	2	74	208	0,16	0,11	9,46	13,85	9,46	60,76	36,86	35,30	-73,52		
5015	3	140	255	0,18	0,17	25,99	27,46	25,99	98,16	58,03	11,44	-65,57		
6001	35	114	98	0,25	0,37	13,27	8,91	13,27	13,65	43,17	-27,88	1,93		
6018	60	154	90	0,28	0,46	24,81	15,26	24,81	13,66	56,89	-42,40	25,56		
7004	110	177	240	0,23	0,25	41,05	37,88	41,05	88,35	70,21	-3,65	-37,91		

Comparación de los 13 colores sin corrección con los obtenidos por el dispositivo Xiaomi Redmi 6a

	Kl	Kh	Kc			ΔL	Δa	Δb	ΔE_{00}
	1	1	1		Prom.	6,85	19,09	30,31	18,64

	Xiaomi Redmi 6a			Huawei P10 Lite			Diferencias			ΔE_{00}
RAL	L	a	b	L	a	b	ΔL	Δa	Δb	
1002	74,673	2,887	38,592	69,6951	-15,5234	8,1710	4,9777	18,4103	30,4213	22,7841
1019	54,909	3,688	11,158	61,1758	-14,6420	-11,2999	6,2666	18,3298	22,4575	25,1967
2000	52,267	40,102	59,483	52,6336	7,6912	47,6959	0,3662	32,4105	11,7868	17,7090
2011	57,339	53,936	63,521	53,4841	4,8535	42,0912	3,8546	49,0825	21,4294	24,8335
3000	36,505	59,224	42,002	27,9801	38,1645	0,1964	8,5252	21,0598	41,8056	21,0832
3027	38,042	61,069	29,584	32,2567	50,6784	-6,8144	5,7852	10,3901	36,3981	17,9486
4008	32,463	28,899	-16,027	38,4309	43,7275	-65,5812	5,9674	14,8284	49,5546	19,9918
4010	50,707	59,506	2,194	45,2777	44,6159	-53,1252	5,4294	14,8900	55,3195	24,9118
5002	21,839	12,312	-39,508	36,8602	35,2972	-73,5183	15,0216	22,9848	34,0101	14,2198
5015	46,065	-8,424	-34,204	58,0292	11,4435	-65,5684	11,9645	19,8679	31,3642	13,8104
6001	34,926	-23,433	19,357	43,1715	-27,8810	1,9349	8,2453	4,4477	17,4216	13,4104
6018	51,086	-40,007	37,282	56,8884	-42,4005	25,5604	5,8028	2,3931	11,7219	7,7667

Valores RGB y Lab de los 13 colores bajo Iluminante D65 con corrección Grays World

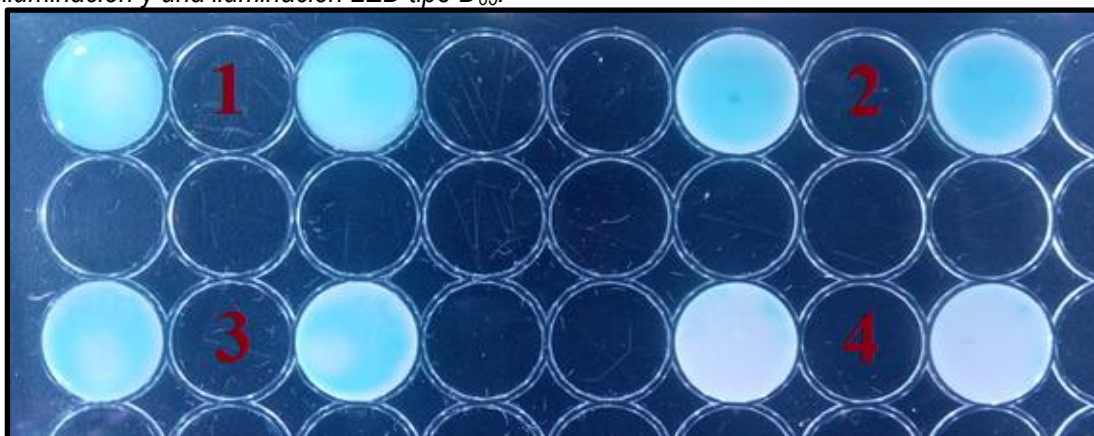
	RGB _{max} :			255,00	Valores de referencia XYZ			D65	95,047	100,000	108,883				
	Iluminante D65			Gray World											
RAL	R	G	B	R	G	B	x	y	Y	X	Y	Z	L	a	b
1002	146	178	155	198	151	98	0,4166	0,3979	34,9859	36,6269	34,9859	16,3057	65,7377	11,5340	34,7192
1019	103	156	167	140	132	105	0,3518	0,3758	23,1255	21,6446	23,1255	16,7602	55,2014	-1,5694	15,5754
2000	159	119	39	216	101	25	0,5447	0,3934	23,9538	33,1689	23,9538	3,7732	56,0415	41,4967	59,0047
2011	156	123	53	212	104	33	0,5326	0,3951	24,0523	32,4213	24,0523	4,4042	56,1401	38,4066	55,7255
3000	117	36	67	159	30	42	0,5683	0,3176	8,5012	15,2102	8,5012	3,0524	35,0055	51,6062	27,1847
3027	141	28	88	192	24	55	0,5730	0,3054	12,0909	22,6832	12,0909	4,8132	41,3602	62,8987	28,1805
4008	88	68	199	120	58	125	0,3086	0,2017	8,4427	12,9167	8,4427	20,4985	34,8883	37,7177	-26,8877
4010	131	81	197	178	69	124	0,4019	0,2521	15,1425	24,1344	15,1425	20,7796	45,8287	50,1153	-8,5465
5002	2	74	208	3	63	131	0,1772	0,1555	5,1750	5,8958	5,1750	22,2006	27,2278	11,6000	-43,1842
5015	3	140	255	4	119	161	0,2012	0,2425	15,6699	13,0001	15,6699	35,9366	46,5384	-11,9462	-30,3904
6001	35	114	98	48	97	62	0,2896	0,4337	9,4228	6,2922	9,4228	6,0121	36,7860	-25,2593	14,8519
6018	60	154	90	82	130	57	0,3296	0,4896	18,1326	12,2068	18,1326	6,6925	49,6566	-30,7367	34,2715
7004	110	177	240	150	150	151	0,3111	0,3268	30,4493	28,9851	30,4493	33,7490	62,0400	0,1700	-0,8000

Comparación de los 13 colores corregidos con los obtenidos por el dispositivo Xiaomi Redmi 6a

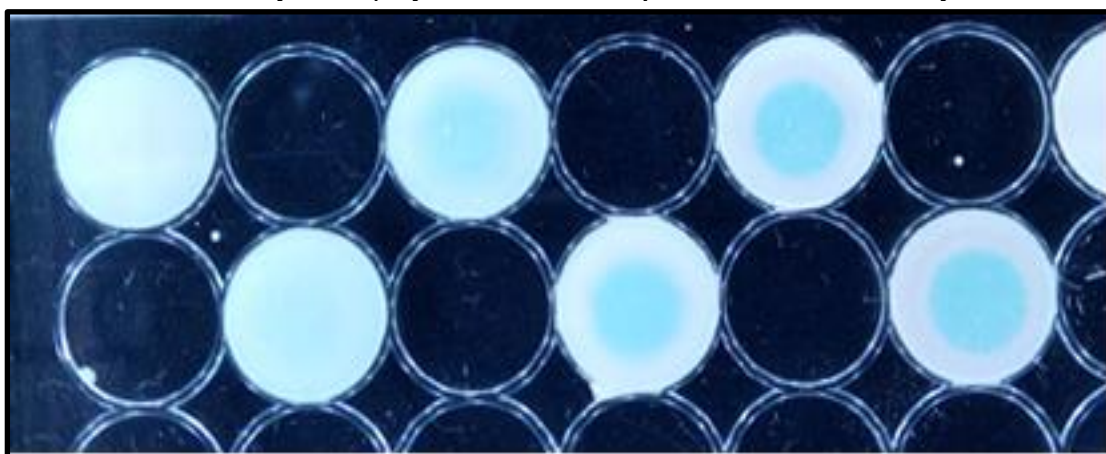
	Kl	Kh	Kc			ΔL	Δa	Δb	$\Delta E00$	
	1	1	1		Prom.	2,96	6,15	5,78	5,31	
	Xiaomi Redmi 6a			Huawei P10 Lite			Diferencias			
RAL	L	a	b	L	a	b	ΔL	Δa	Δb	$\Delta E00$
1002	74,673	2,887	38,592	65,7377	11,5340	34,7192	8,9351	8,6471	3,8731	9,8915
1019	54,909	3,688	11,158	55,2014	-1,5694	15,5754	0,2922	5,2571	4,4178	7,4979
2000	52,267	40,102	59,483	56,0415	41,4967	59,0047	3,7741	1,3950	0,4780	3,7191
2011	57,339	53,936	63,521	56,1401	38,4066	55,7255	1,1985	15,5294	7,7951	5,7441
3000	36,505	59,224	42,002	35,0055	51,6062	27,1847	1,4998	7,6180	14,8173	6,1676
3027	38,042	61,069	29,584	41,3602	62,8987	28,1805	3,3183	1,8302	1,4032	3,1107
4008	32,463	28,899	-16,027	34,8883	37,7177	-26,8877	2,4248	8,8185	10,8611	5,7755
4010	50,707	59,506	2,194	45,8287	50,1153	-8,5465	4,8783	9,3907	10,7408	7,5853
5002	21,839	12,312	-39,508	27,2278	11,6000	-43,1842	5,3892	0,7124	3,6760	4,5667
5015	46,065	-8,424	-34,204	46,5384	-11,9462	-30,3904	0,4736	3,5218	3,8139	2,5686
6001	34,926	-23,433	19,357	36,7860	-25,2593	14,8519	1,8598	1,8260	4,5047	3,3348
6018	51,086	-40,007	37,282	49,6566	-30,7367	34,2715	1,4290	9,2707	3,0108	3,7544

ANEXO XII – Fotografías de los distintos estudios llevados a cabo sobre soportes sólidos basados en Nanocelulosa

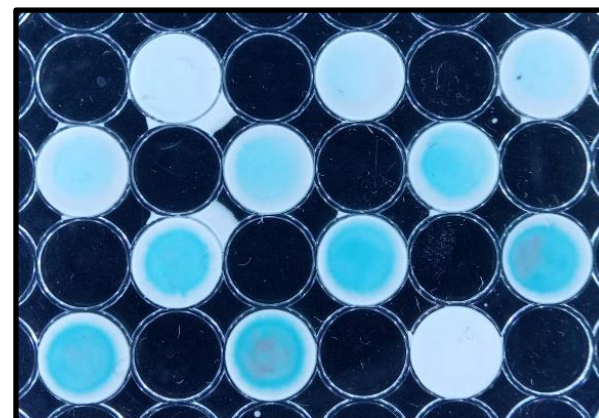
Se realizaron varias fotografías de los distintos estudios realizados sobre los soportes basados en Nanocelulosa. Las medidas se realizaron utilizando el modelo 3 de caja de iluminación y una iluminación LED tipo D₆₅.



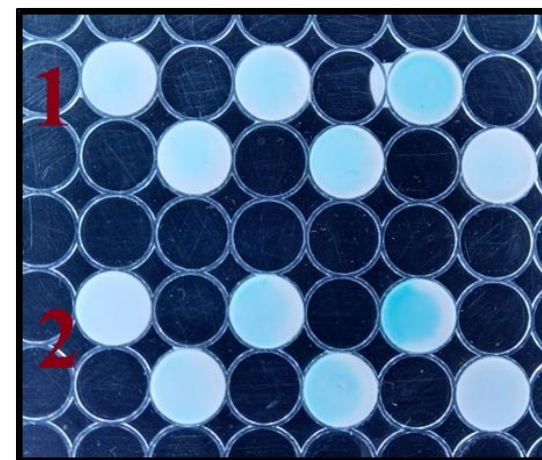
A) Estudio de inmovilización de los reactivos para la reacción HRP+TMB+H₂O₂. 1) Inyección de HRP y TMB después del secado de la NC. 2) Inyección de HRP después del secado de la NC y TMB. 3) Secado de NC con HRP y TMB. 4) Inyección de TMB después del secado de la NC y HRP



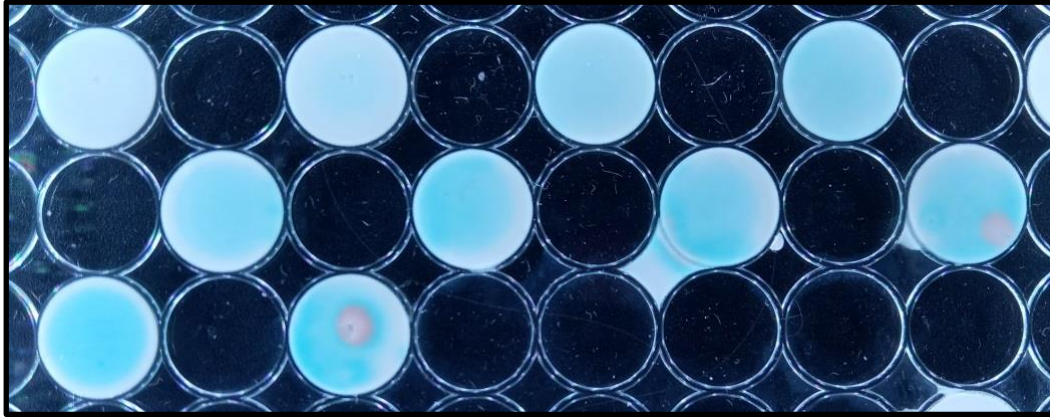
B) Estudio de las cantidades óptimas de HRP (0,5 – 7,5 U/mL) en Nanocelulosa 10%. [TMB]= 6·10⁻⁴ M, [H₂O₂]= 5,88·10⁻⁵ M



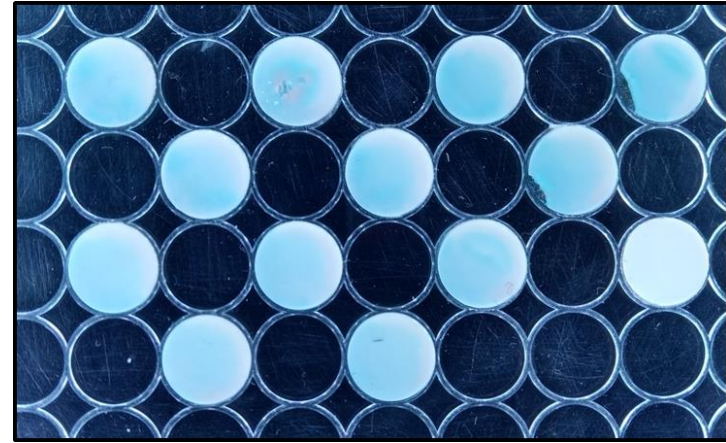
C) Calibración de H₂O₂ de 1,47·10⁻⁵- 4,12·10⁻⁴ M en Nanocelulosa 10%. [TMB]= 6·10⁻⁴ M, [HRP]=2,5 U/mL



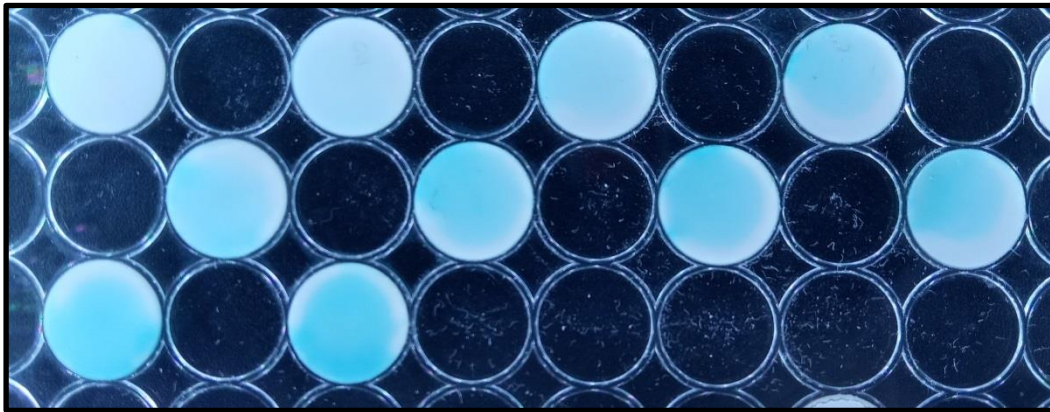
D) Evolución del color en función del momento de inyección de la DAO. [TMB]= 6·10⁻⁴ M, [HRP]=2,5 U/mL, [DAO]=1 Unidad. 1) Inyección de la DAO antes del secado. 2) Inyección de la DAO después del secado



E) Calibración de Putrescina en Nanocelulosa 10%. [TMB]= $6 \cdot 10^{-4}$ M, [HRP]= 2,5 U/mL, [DAO]=1 Unidad.



G) Repetividad de 12 pocillos de NC 10%. [TMB]= $6 \cdot 10^{-4}$ M, [HRP]=2,5 U/mL, [DAO]=1 Unidad y [Putrescina]= $1 \cdot 10^{-4}$ M



F) Calibración de Cadaverina en Nanocelulosa 10%. [TMB]= $6 \cdot 10^{-4}$ M, [HRP]=2,5 U/mL, [DAO]=1 Unidad.