

Nombre:

Apellidos:

RESOLUCIÓN

Duración : 3 horas

Las 6 cuestiones teóricas valen 1 pto. cada una. Los 2 problemas valen 2 ptos. cada uno. NO SOBREPASES NUNCA EL ESPACIO DEJADO PARA CADA CUESTIÓN, SEA TEÓRICA O UN PROBLEMA.

TEORÍA

1. Define luminiscencia y, a partir de ella, diferencia entre fluoerescencia y fosforescencia.

LUMINISCENCIA: toda emisión de luz por un cuerpo que no es provocada por incandescencia (aumento de la temperatura) o por emisión láser 0'5

FLUORESCENCIA: re-emisión de luz por un cuerpo a una $\lambda > \lambda_{\text{INCIDENTE}}$
Es una re-emisión instantánea. 0'25

FOSFORESCENCIA: re-emisión persistente, aún sin la presencia de la fuente radiante, de luz por un cuerpo a una $\lambda > \lambda_{\text{INCIDENTE}}$ 0'25

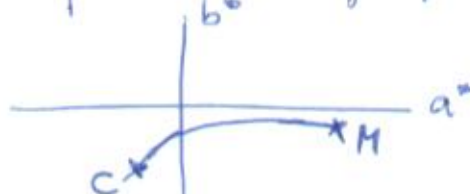
2. Si en una igualación aditiva de colores, el color mezcla queda entre la línea recta que une los dos primarios en un diagrama cromático CIE-(x,y), ¿pasará lo mismo en CIE-(u',v')? ¿y en CIE-(a*,b*)? Justifica la respuesta.

LA TRANSFORMACIÓN CIE-XYZ \rightarrow CIE-U'V'W' es lineal: 0'5

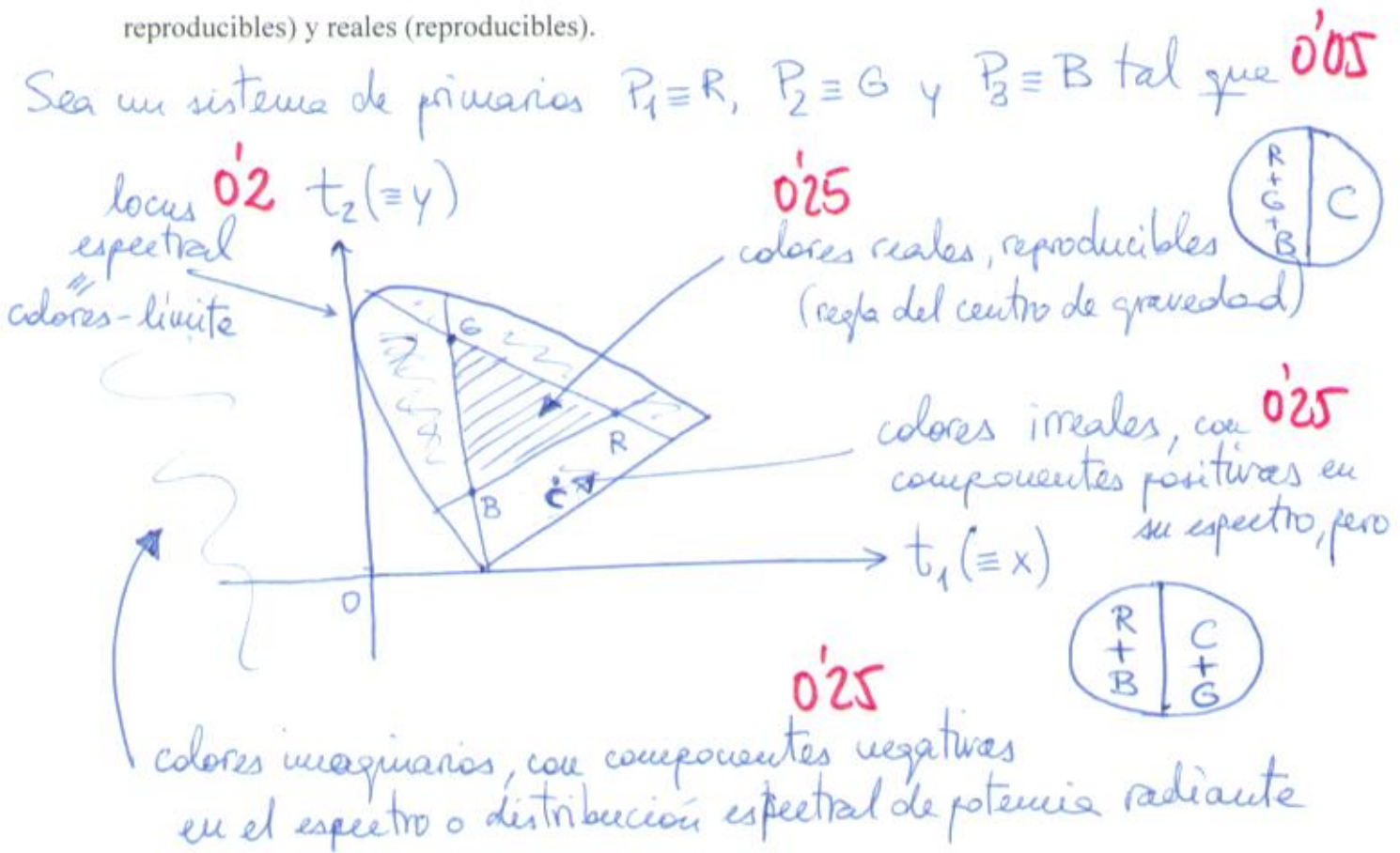
$$\begin{bmatrix} U' \\ V' \\ W' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 4/9 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ -1/3 & 2/3 & 1/3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}$$

\rightarrow el color mezcla en diagrama CIE-(u',v') estará en la línea recta entre los 2 primarios 0'5

LA TRANSFORMACIÓN CIE-XYZ \rightarrow CIE-L*a*b* no es lineal (foramulario), sino de orden $(\frac{1}{3}) \Rightarrow$ el color mezcla en CIE-(a*,b*) no estará en la línea recta entre dos primarios. Ejemplo: serie binaria tinter cyan + magenta

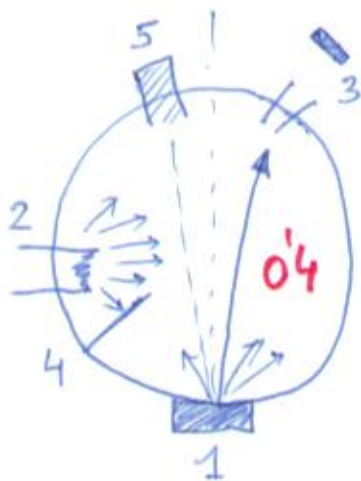


3. Diferencia sobre un diagrama cromático cualquiera estímulos-color imaginarios, irreales (no reproducibles) y reales (reproducibles).



4. Explica para qué sirve y cómo se utiliza una esfera integradora.

Recinto esférico, acoplado a un espectrofotómetro, recubierto de blanco mate con varias aperturas que se indican a continuación: $0'1$



- 1: apertura donde se coloca la muestra para medir su color a partir de la reflectancia espectral $\rho(\lambda)$ $0'1$
- 2: apertura donde se coloca la lámpara $0'1$
- 3: apertura por donde sale la luz reflejada difusamente por la muestra y relectada por la esfera hacia el detector $0'1$
- 4: pantalla para evitar la incidencia especular directa $0'1$
- 5: trampa de brillo, accesorio opcional, para admitir o no la componente especular (brillo) de la reflectancia del objeto $0'1$

→ sin brillo: SPEX
→ con brillo: SPINC

5. Explica de forma aproximada las desviaciones de las muestras Munsell siguientes:

H V/C	ΔL	ΔC	ΔH
5PB 7/6 (= std)			
2.5 PB 6/6	< 0	0	< 0
5 PB 7/2	0	< 0	0

H V/C \rightarrow croma
 \downarrow tono
 \downarrow claridad

0'33 \Rightarrow 2.5 PB 6/6 vs. 5PB 7/6 (=std):
 croma iguales $\rightarrow \Delta C = 0$ 0'33
 $\Delta V = 6 - 7 \Rightarrow \Delta L < 0$ (+ oscuro)
 $2.5 < 5 \Rightarrow \Delta H < 0$, hacia el azul

5PB 7/2 vs. 5PB 7/6 (=std):
 tono iguales, V iguales $\Rightarrow \Delta L = 0, \Delta H = 0$ 0'33
 $\Delta C = 2 - 6 < 0 \Rightarrow$ + pálido, desaturado

6. ¿Qué ley de aditividad se verifica en la coloración de objetos transparentes?

TENIENDO EN CUENTA LA LEY DE BOUGUER-BEER: (formulario)

$\forall \lambda: D_{MEZCLA} = \alpha e c + D_{SUSTRATO}$ con $D = -\log \tau$, τ transmitancia 0'25

D: densidad óptica o absorbancia

α : absorptividad, intrínseco del objeto 0'1

e: espesor

c: concentración \rightarrow (ec): concentración efectiva

SI TENEMOS 3 PRIMARIOS O TINTES, EL COLOR-MEZCLA TENDRÁ EL COLOR RESULTANTE DE HACER 0'4

$\forall \lambda: D_{MEZCLA} = \alpha_1 (ec)_1 + \alpha_2 (ec)_2 + \alpha_3 (ec)_3 + D_{SUSTRATO}$

$\Rightarrow \tau_{MEZCLA} = 10^{-D_{MEZCLA}} \xrightarrow{\text{CIE-1931}} \text{valores triestímulo}$

claridad : L^*

croma : C^*

ángulo-tono : h^*

XYZ \downarrow iluminante X_w, Y_w, Z_w

0'25 \leftarrow CIE- L^*, a^*, b^*

PROBLEMAS

1. Un especialista en iluminación de espectáculos (teatro, música, etc) ha diseñado un sistema de luces RGB con el que consigue controlar y reproducir una gran variedad de luces coloreadas sobre el escenario. La transformación de color entre su sistema particular de codificación y el espacio colorimétrico CIE-XYZ es:

$$\mathbf{M}_{XYZ \rightarrow RGB} = \begin{bmatrix} 2.3485 & -1.2057 & 0.0068 \\ -1.2909 & 2.8672 & -0.9538 \\ 0.1059 & -0.2703 & 1.6990 \end{bmatrix} ; \mathbf{M}^{-1} = \mathbf{M}_{RGB \rightarrow XYZ} = \begin{bmatrix} 653.188 & 289.765 & 160.066 \\ 296.2 & 564.8 & 315.9 \\ 6.404 & 71.793 & 732.990 \end{bmatrix}$$

- a) Representa en un diagrama cromático CIE (x,y) las posiciones de los primarios RGB y la del blanco de referencia W.
 b) ¿Podrá reproducir un estímulo-color especificado como (x,y,Y) = (0.4, 0.3, 300 cd/m²)?
 Justifica la respuesta.

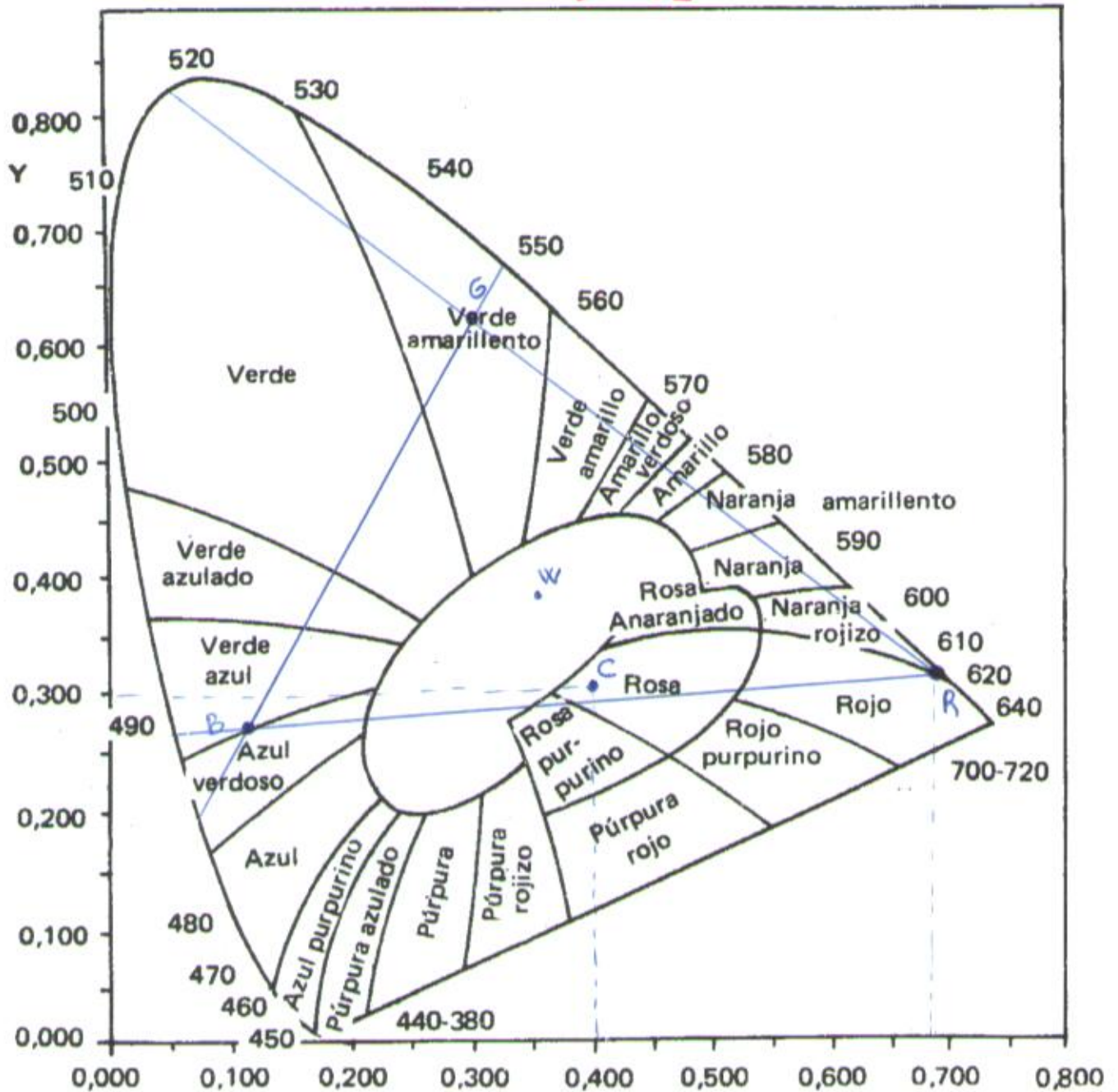
a) $\vec{R} \equiv (1, 0, 0)$ primario rojo $\Rightarrow \begin{bmatrix} X(R) \\ Y(R) \\ Z(R) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 653'188 \\ 296'200 \\ 6'404 \end{bmatrix} \text{ cd/m}^2 \Rightarrow \begin{matrix} x(R) = \frac{X}{X+Y+Z} = 0'6834 \\ y(R) = \frac{Y}{X+Y+Z} = 0'3099 \end{matrix}$

$\vec{G} \equiv (0, 1, 0)$ primario verde $\Rightarrow \begin{bmatrix} X(G) \\ Y(G) \\ Z(G) \end{bmatrix} = \mathbf{M}_{RGB \rightarrow XYZ} \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 289'765 \\ 564'800 \\ 71'793 \end{bmatrix} \text{ cd/m}^2 \Rightarrow \begin{matrix} x(G) = 0'3128 \\ y(G) = 0'6097 \end{matrix}$

$\vec{B} \equiv (0, 0, 1)$ primario azul $\Rightarrow \begin{bmatrix} X(B) \\ Y(B) \\ Z(B) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 160'066 \\ 315'900 \\ 732'990 \end{bmatrix} \text{ cd/m}^2 \Rightarrow \begin{matrix} x(B) = 0'1324 \\ y(B) = 0'2613 \end{matrix}$

$\vec{W} \equiv (1, 1, 1)$ blanco $\Rightarrow \begin{bmatrix} X(W) \\ Y(W) \\ Z(W) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1103'019 \\ 1176'900 \\ 811'187 \end{bmatrix} \text{ cd/m}^2 \Rightarrow \begin{matrix} x(W) = 0'3568 \\ y(W) = 0'3807 \end{matrix}$

TRIÁNGULO = 0'2



b) $C = (0,4, 0,3, 300)$ es un ROSA, está dentro del triángulo de reproducción \Rightarrow se podrá reproducir, $R(C), G(C), B(C)$ serán positivos

El código RGB que le corresponderá será:

$$X(C) = \frac{x}{Y} Y = 400 \text{ cd/m}^2 \xrightarrow{\text{escalado relativo según } X(W)} X(C) = \frac{400 \text{ 0'1}}{1176900} = 0,3399 \text{ 0'2}$$

$$Y(C) = 300 \text{ cd/m}^2 \Rightarrow Y(C) = 0,2549 \text{ 0'2}$$

$$Z(C) = \frac{1-x-y}{Y} Y = 300 \text{ cd/m}^2 \Rightarrow Z(C) = 0,2549 \text{ 0'3}$$

$$\begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} = M_{XYZ \rightarrow RGB}$$

$$\begin{bmatrix} 0,3399 \\ 0,2549 \\ 0,2549 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,426 \\ 0,0410 \\ 0,402 \end{bmatrix}$$

2. A partir de la matriz triangular del factor de radiancia $\beta(\lambda, \mu)$ de una muestra fluorescente, se pide:

$\lambda \setminus \mu$	300 nm	320 nm	340 nm	360 nm	380 nm	400 nm	420 nm	440 nm	460 nm	480 nm	500 nm
300 nm	0.20										
320 nm	0.00	0.25									
340 nm	0.00	0.00	0.30								
360 nm	0.02	0.05	0.05	0.35							
380 nm	0.05	0.10	0.10	0.00	0.40						
400 nm	0.10	0.15	0.15	0.05	0.05	0.35					
420 nm	0.15	0.20	0.20	0.10	0.10	0.05	0.25				
440 nm	0.10	0.15	0.15	0.15	0.15	0.10	0.10	0.25			
460 nm	0.05	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.05	0.05	0.25		
480 nm	0.02	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.02	0.02	0.02	0.20	
500 nm	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20

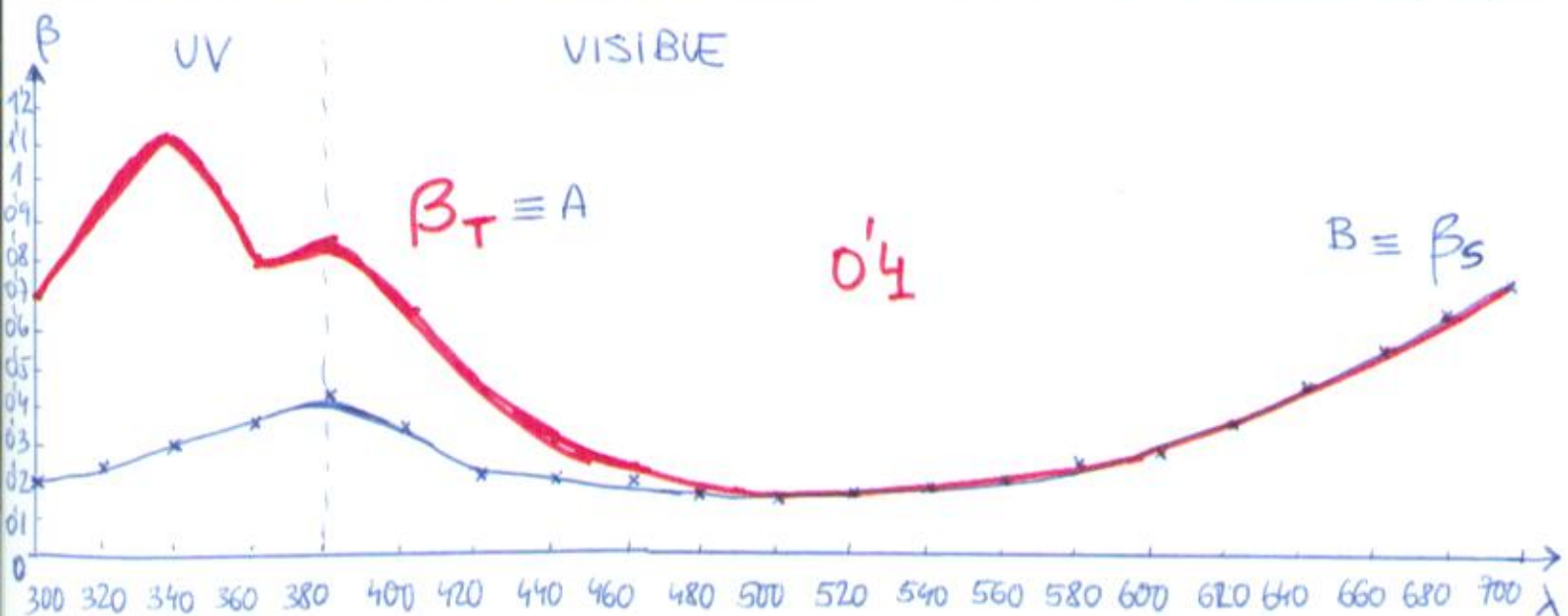
$\lambda = \mu$	520 nm	540 nm	560 nm	580 nm	600 nm	620 nm	640 nm	660 nm	680 nm	700 nm
$\beta(\lambda, \mu)$	0.22	0.24	0.26	0.28	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80

a) Representa gráficamente los factores de radiancia β_T (total) y β_S (convencional). Recuerda que μ = incidencia y λ = emisión o reflexión.

β_S (convencional) \equiv datos de la diagonal $\lambda \equiv \mu$ 0'15
 β_T (total) \equiv suma de cada columna μ 0'25

0'2

λ	300	320	340	360	380	400	420	440	460	480	500	520	540	560	580	600	620	640	660	680
β_S	0'20	0'25	0'30	0'35	0'40	0'55	0'25	0'25	0'25	0'20	0'20	0'22	0'24	0'26	0'28	0'30	0'40	0'50	0'60	0'70
β_T	0'69	1'05	1'10	0'80	0'80	0'65	0'42	0'32	0'27	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"



- b) Supón que tienes delante de ti dos objetos A y B. El objeto A está caracterizado espectralmente por el factor de radiancia $\beta_T(\lambda)$ que has hallado anteriormente, y, el objeto B se caracteriza espectralmente por un factor de reflexión $\rho(\lambda)$ que coincide con el factor de radiancia convencional $\beta_S(\lambda)$ anterior. Calcula, pues, la diferencia de color que observas en el espacio CIE-L*a*b* con la fórmula ΔE_{94} tomando como estándar el objeto B y como iluminante el D65.

$$\rho_A \equiv \beta_T$$

$$\beta_S \equiv \rho_B$$

λ (nm)	$\bar{x} \cdot S_{D65}$	$\bar{y} \cdot S_{D65}$	$\bar{z} \cdot S_{D65}$	* ρ_A	* ρ_A	* ρ_A	* ρ_B	* ρ_B	* ρ_B
300	0	0	0	0	0	0	0	0	0
320	0	0	0	0	0	0	0	0	0
340	0	0	0	0	0	0	0	0	0
360	0.0047	0	0.0280	0'0037	0	0'0224	0'0016	0	0'0098
380	0.0700	0	0.3250	0'0560	0	0'2600	0'0280	0	0'1300
400	1.1840	0.0331	5.6221	0'7696	0'0215	3'6544	0'4144	0'0116	1'9677
420	12.5530	0.3736	60.2990	5'2722	0'1569	25'3256	3'1382	0'0934	15'0748
440	36.5367	2.4127	183.2708	11'6917	0'7721	58'6467	9'1342	0'6032	45'8177
460	34.2562	7.0680	196.6318	9'2492	1'9084	53'0906	8'5641	1'7670	49'1579
480	11.0800	16.1101	94.2267	2'2160	3'2220	18'8453	2'2160	3'2220	18'8453
500	0.5361	35.3362	29.7568	0'1072	7'0672	5'9514	0'1072	7'0672	5'9514
520	6.6338	74.4080	8.1954	1'4594	16'3698	1'8030	1'4594	16'3698	1'8030
540	30.3178	99.5976	2.1193	7'2763	23'9034	0'5086	7'2763	23'9034	0'5086
560	59.4500	99.5000	0.3900	15'4570	25'8700	0'1014	15'4570	25'8700	0'1014
580	87.7815	83.3460	0.1629	24'5788	23'3369	0'0456	24'5788	23'3369	0'0456
600	95.5980	56.7900	0.0720	28'6794	17'0370	0'0216	28'6794	17'0370	0'0216
620	74.9309	33.4137	0.0175	29'9724	13'3655	0'0070	29'9724	13'3655	0'0070
640	37.4892	14.6475	0	18'7446	7'3238	0	18'7446	7'3238	0
660	13.2250	4.8922	0	7'9350	2'9353	0	7'9350	2'9353	0
680	3.6644	1.3311	0	2'5651	0'9318	0	2'5651	0'9318	0
700	0.8162	0.2936	0	0'6530	0'2348	0	0'6530	0'2348	0
SUMA-COLUMNA	10122'5	10591'1	11622'3	3363'7	2889'1	3365'7	3218'5	2881'5	2788'8
k^*	95'58	100	109'74	31'48	27'28	31'78	30'39	27'21	26'33
XYZ	X_w	Y_w	Z_w	X_A	Y_A	Z_A	X_B	Y_B	Z_B

SUMA-COLUMNA

$$k = \frac{100}{10591'0676} = 0'00944$$

0'1

VALORES TRIESTÍMULO DE:

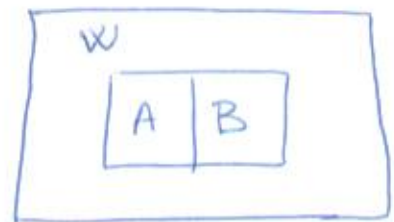
ILUMINANTE D65

COLOR A

COLOR B

ILUMINANTE D65 = W:

$$\begin{bmatrix} X_W \\ Y_W \\ Z_W \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 95'58 \\ 100 \\ 109'74 \end{bmatrix} \quad 0'1$$



COLOR A (FLUORESCENTE):

$$\begin{bmatrix} X_A \\ Y_A \\ Z_A \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 31'48 \\ 27'28 \\ 31'78 \end{bmatrix} \quad 0'1 \quad A \equiv \beta_T$$

COLOR B (CONVENCIONAL O NO-FLUORESCENTE):

$B \equiv \beta_S \equiv \text{std (referencia)}$

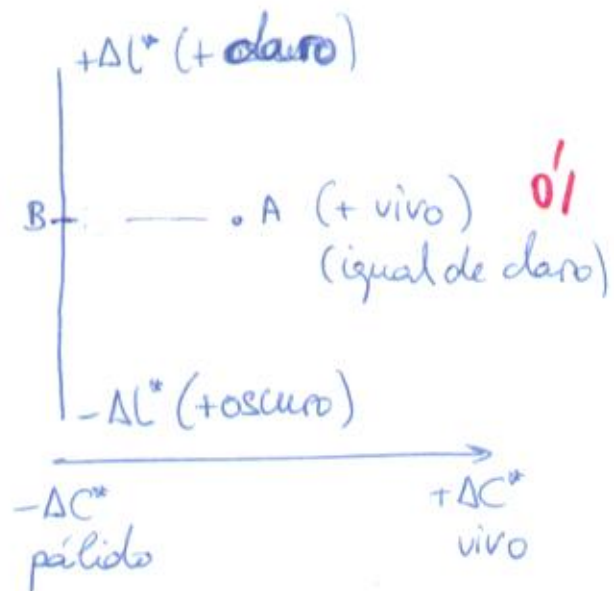
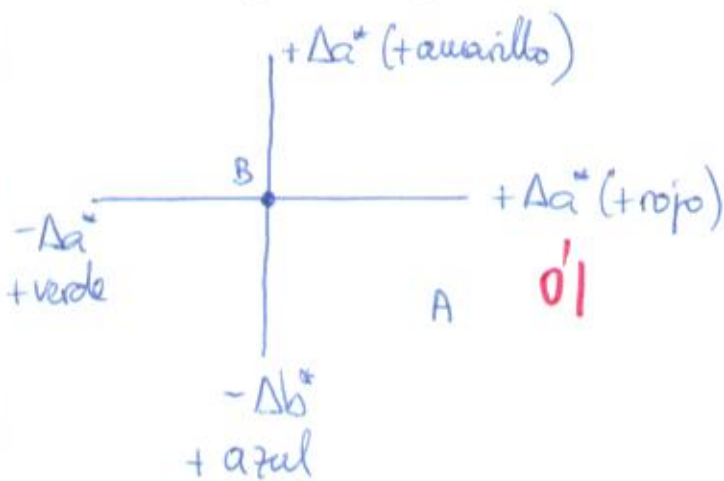
$$\begin{bmatrix} X_B \\ Y_B \\ Z_B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 30'39 \\ 27'21 \\ 26'33 \end{bmatrix} \quad 0'1$$

Paso de CIE-XYZ $\xrightarrow{\text{formulario}}$ CIE- $L^*a^*b^*C^*h^*$

$$\begin{bmatrix} L_A^* \\ a_A^* \\ b_A^* \\ C_A^* \\ h_A^* \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 59'23 \\ 21'02 \\ -2'61 \\ 21'18 \\ -7'08 \text{ deg} \end{bmatrix} \quad 0'1$$

$$\begin{bmatrix} L_B^* \\ a_B^* \\ b_B^* \\ C_B^* \\ h_B^* \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 59'16 \\ 17'28 \\ 5'31 \\ 18'08 \\ 17'09 \text{ deg} \end{bmatrix} \quad 0'1$$

diagrama cromático



formulario \rightarrow

$$\Delta L^* = L_A^* - L_B^* = 0'07$$

$$\Delta C^* = C_A^* - C_B^* = 3'10$$

$$\Delta H^* = 2 \sqrt{C_B^* C_A^*} \text{ sen} \left(\frac{h_A^* - h_B^*}{2} \right) = 18'09$$

0'1

$$k_L = 1$$

$$k_C = 1$$

$$k_H = 1$$

$$\Delta E_{94} = 14'33 \quad 0'1$$

