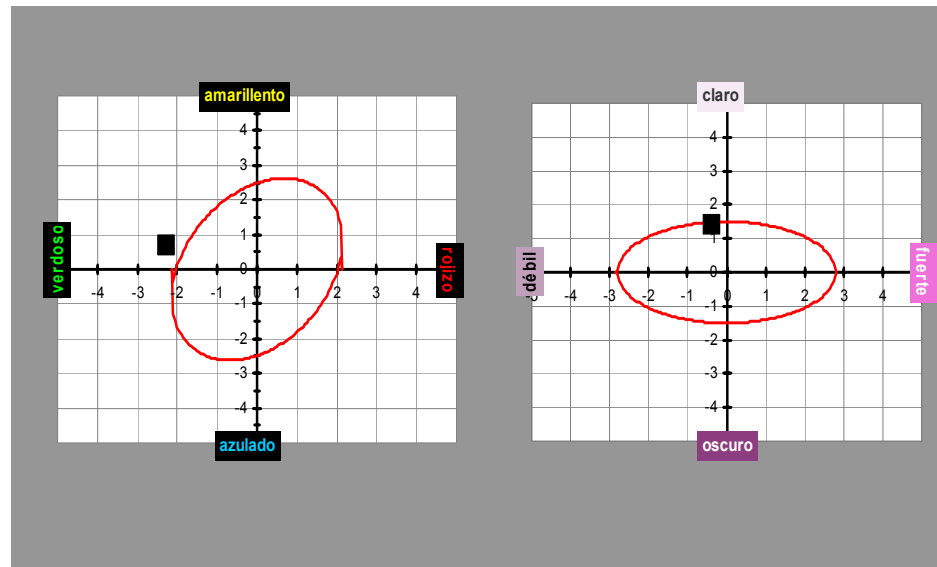


Determinación de tolerancias de color



Sumario de la clase

- **Preámbulo**
 - **Espacios uniformes de color**
 - $\text{CIE-L}^*a^*b^*C_{ab}^*h_{ab}^*$
 - **Fórmulas de diferencias de color (ΔE)**
- **Definición del problema**
- **Resolución paso a paso**
- **Conclusiones**
- **Bibliografía**

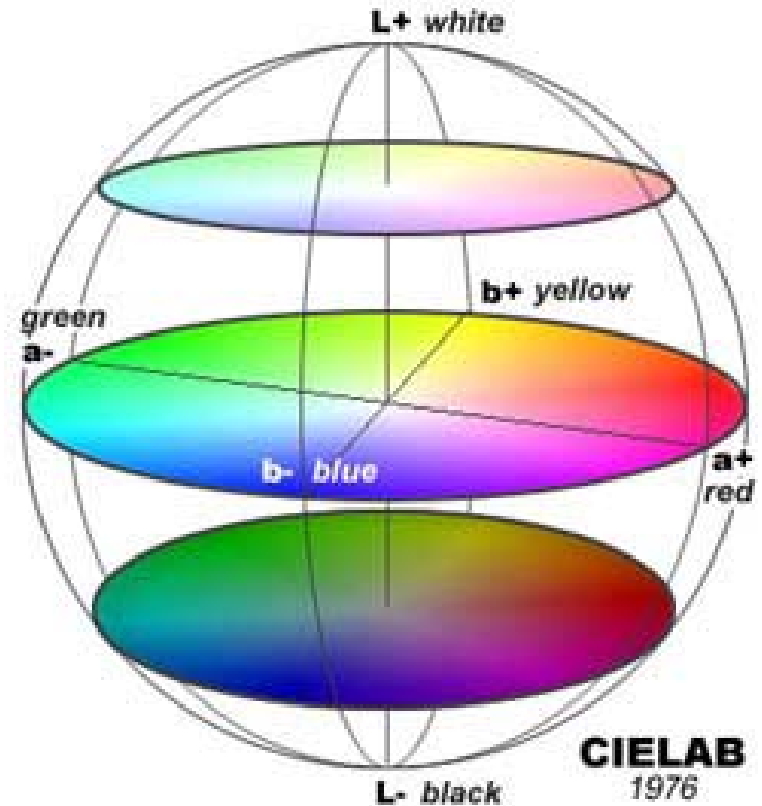
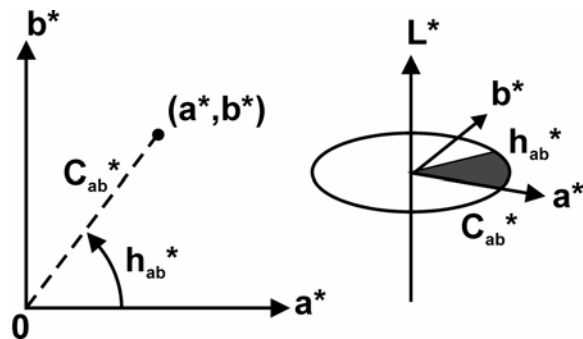
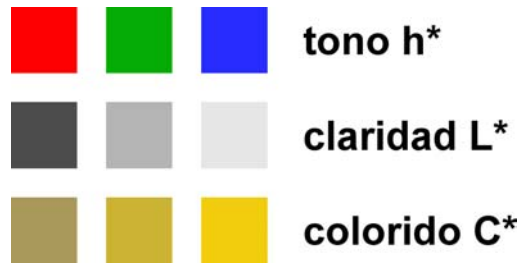
Preámbulo (I)

- **Disponemos de sistemas de codificación y representación del color (CIE-XYZ \rightarrow CIE-L*a*b*C_{ab}*h_{ab}*)**
- **Uso: comparar colores a nivel industrial**
 - Se pueden ordenar \rightarrow catálogos de colores
 - Corrección de recetas de color
 - etc
- **Valoración visual $\Delta V \propto \Delta E$ (diferencia numérica de color)**
 - **Aceptabilidad vs. Perceptibilidad**

Preámbulo (II)

- **Espacio CIELAB**

- Color psicofísico → XYZ
- Color percibido → $L^*a^*b^*C_{ab}^*h_{ab}^*$



Preámbulo (III)

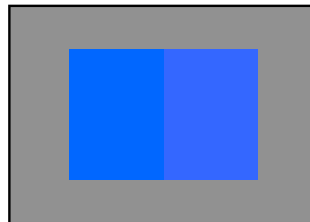
- **Fórmulas de diferencias de color basadas en CIELAB**
 - **Entrada: XYZ (m), XYZ (std \equiv cliente), XYZ (iluminante = D65)**
 - **Salida: L*a*b*C*h* (m), L*a*b*C*h* (std)**
 - **Diferencias parciales de color: ΔL^* , Δa^* , Δb^* , ΔC_{ab}^* , Δh_{ab}^* , ΔH_{ab}^***

$$\Delta E = \sqrt{\left(\frac{\Delta L^*}{k_L \cdot S_L}\right)^2 + \left(\frac{\Delta C_{ab}^*}{k_C \cdot S_C}\right)^2 + \left(\frac{\Delta H_{ab}^*}{k_H \cdot S_H}\right)^2}$$


$\Delta \equiv$ muestra - estándar

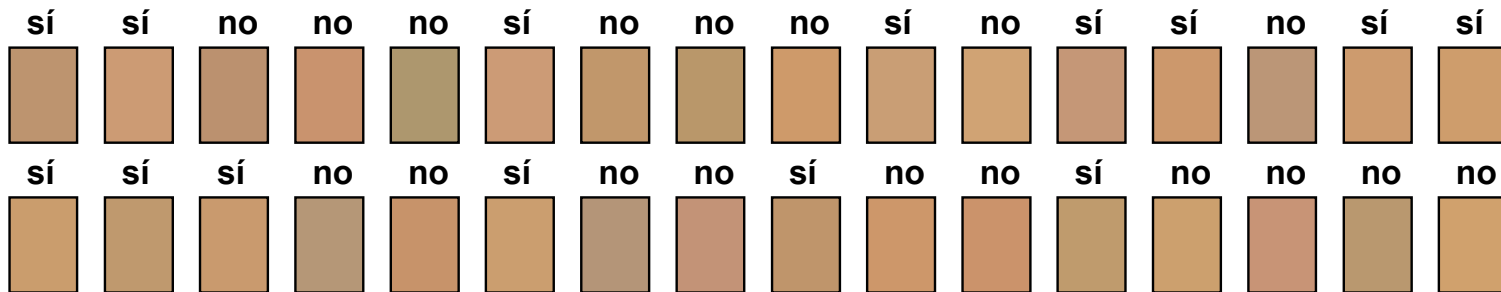
k : factor paramétrico

S : función de ponderación



Definición del problema

- **Situación habitual**
 - No se iguala al 100 % el color del cliente
 - Colorantes originales desconocidos
 - Fluctuaciones difíciles de controlar en el proceso de tinción
- **Ejemplo: color “beige”  igualado y valorado 32 veces**



- **Hoy: ¿  ? ¿Qué dirá mañana el cliente?**

Resolución paso a paso (I)

- **Planteamiento: método psicométrico**
 - Las respuestas “PASA” y “NO-PASA” son independientes
 - Búsqueda del punto de igualdad subjetiva
 - Tolerancias parciales de color: claridad, croma y tono
 - Elipses de aceptabilidad (tolerancia) con validez estadística
- **Paso 1: cálculo de las diferencias parciales de color**
- **Paso 2: separación en grupos “PASA” y “NO-PASA”**
- **Paso 3: ordenación creciente de los valores (sin signo)**
- **Paso 4: cálculo del porcentaje acumulativo**

Tema 5: Colorimetría diferencial

$ \Delta L^* $	DECISIÓN	% CUMULA
0.07	PASA	7.14
0.14	PASA	14.29
0.68	PASA	21.43
0.76	PASA	28.57
0.81	PASA	35.71
0.82	PASA	42.86
0.84	PASA	50.00
0.91	PASA	57.14
1.36	PASA	64.29
1.37	PASA	71.43
1.38	PASA	78.57
1.62	PASA	85.71
2.40	PASA	92.86
2.73	PASA	100.00

$ \Delta L^* $	DECISIÓN	% CUMULA
0.26	NO PASA	94.44
0.49	NO PASA	88.89
1.48	NO PASA	83.33
1.49	NO PASA	77.78
1.58	NO PASA	72.22
1.74	NO PASA	66.67
2.00	NO PASA	61.11
2.01	NO PASA	55.56
2.05	NO PASA	50.00
2.28	NO PASA	44.44
2.29	NO PASA	38.89
2.32	NO PASA	33.33
2.61	NO PASA	27.78
2.68	NO PASA	22.22
3.31	NO PASA	16.67
3.38	NO PASA	11.11
3.58	NO PASA	5.56
3.91	NO PASA	0.00

Resolución paso a paso (II)

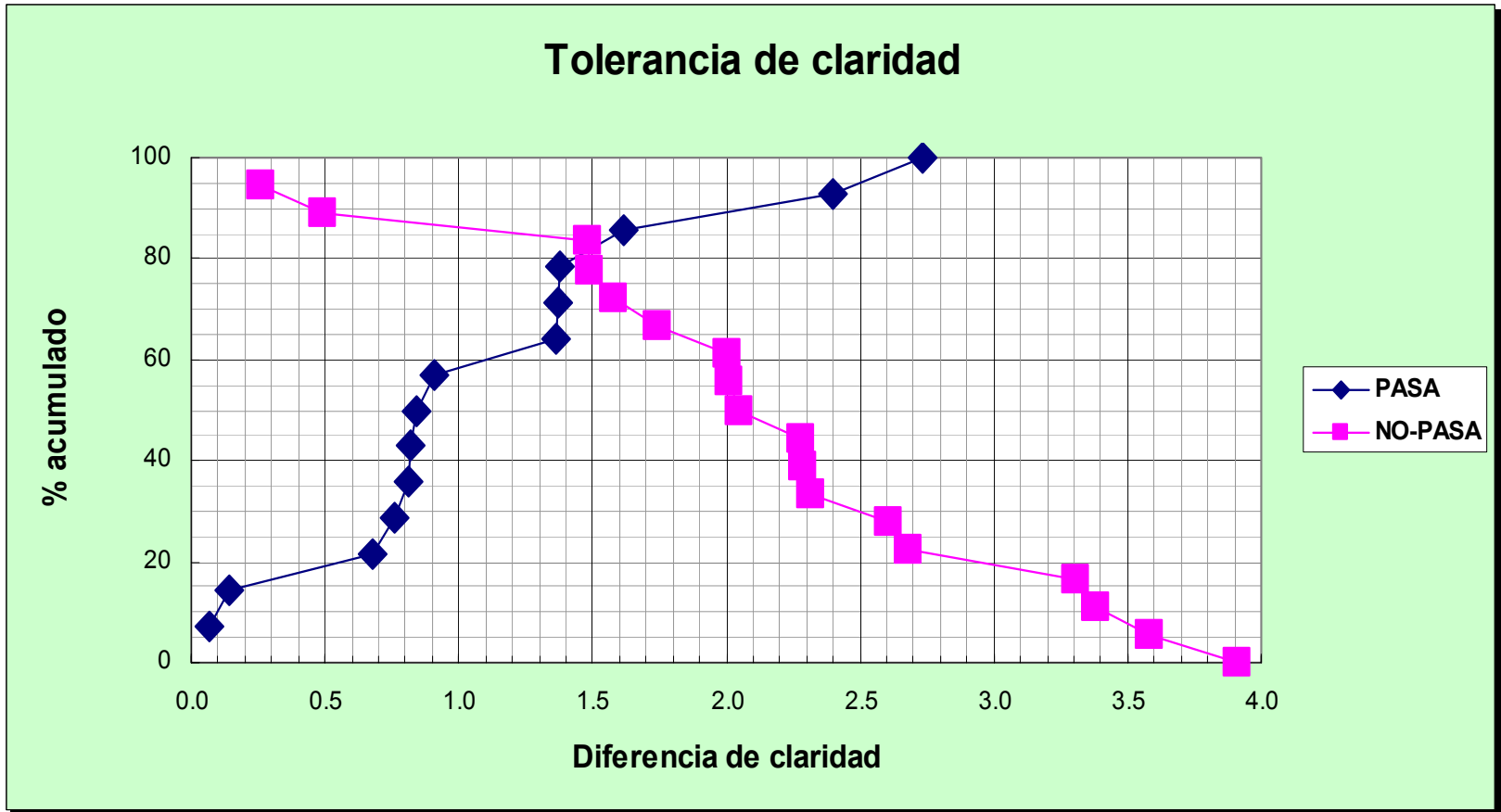
- **Paso 5: búsqueda del cruce de las 2 curvas**
- **Paso 6: diseño de las elipses de aceptabilidad**
 - **Perfiles en $(\Delta a^*, \Delta b^*)$ y $(\Delta C_{ab}^*, \Delta L^*)$**

$$\left(\frac{\Delta C_{ab}^*}{T_C}\right)^2 + \left(\frac{\Delta H_{ab}^*}{T_H}\right)^2 = 1 \quad , \quad \left(\frac{\Delta C_{ab}^*}{T_C}\right)^2 + \left(\frac{\Delta L^*}{T_L}\right)^2 = 1$$

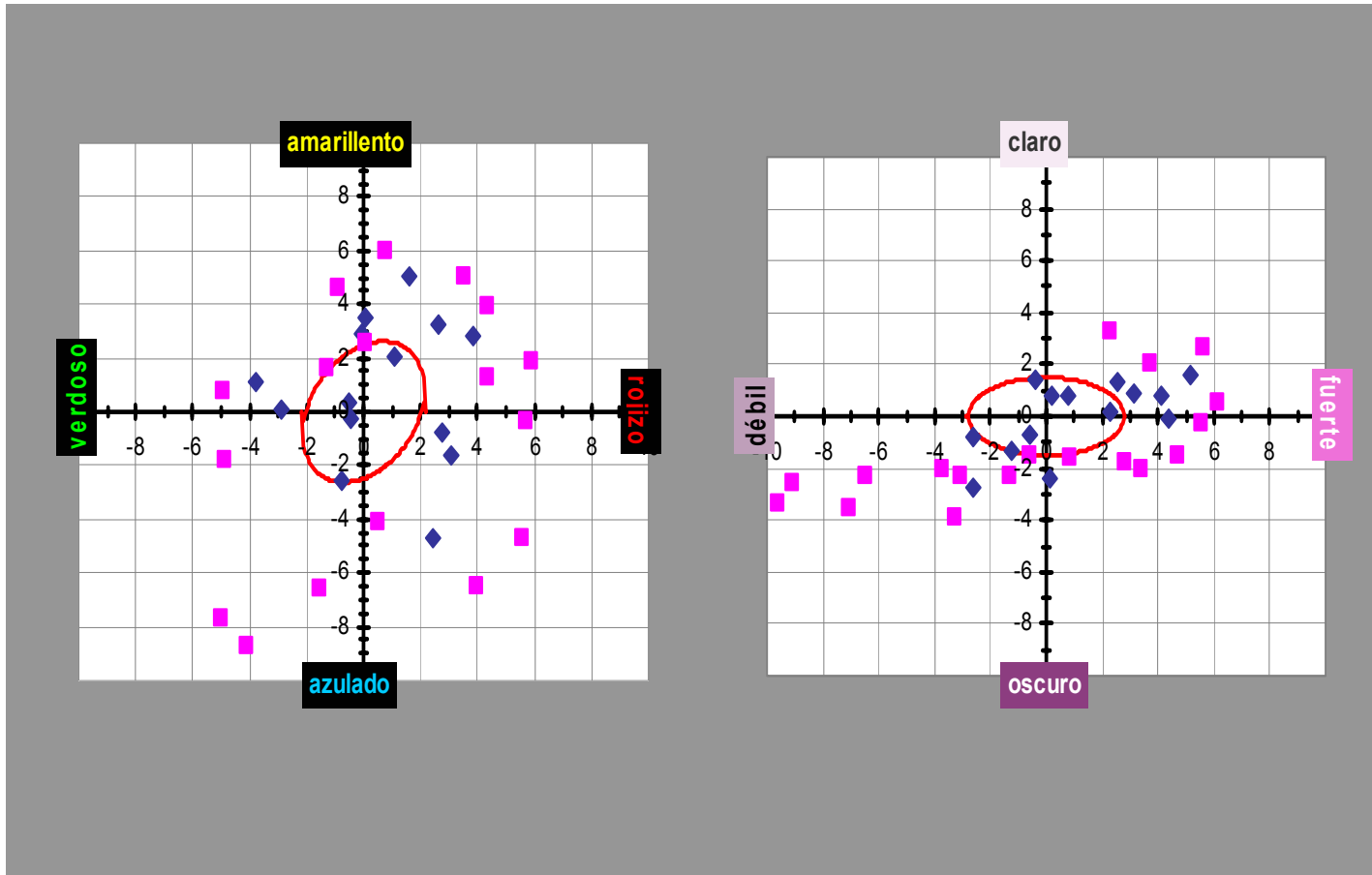
- **Paso 7: diseño del test PASA / NO-PASA**

$$si \quad \left(\frac{a_{std}^* \cdot \Delta b^* - b_{std}^* \cdot \Delta a^*}{C_{std}^* \cdot T_H}\right)^2 + \left(\frac{a_{std}^* \cdot \Delta a^* + b_{std}^* \cdot \Delta b^*}{C_{std}^* \cdot T_C}\right)^2 + \left(\frac{\Delta L^*}{T_L}\right)^2 < 1 \quad \Rightarrow \text{PASA}$$

Tema 5: Colorimetría diferencial



Tema 5: Colorimetría diferencial



Tema 5: Colorimetria diferencial

X (m)	Y (m)	Z (m)	L* (m)	a* (m)	b* (m)	C _{ab} * (m)	h _{ab} * (m)
-------	-------	-------	--------	--------	--------	-----------------------	-----------------------

35.00	33.00	18.00	64.16	12.87	28.44	31.22	66
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	----

X (std)	Y (std)	Z (std)	L* (std)	a* (std)	b* (std)	C _{ab} * (std)	h _{ab} * (std)
---------	---------	---------	----------	----------	----------	-------------------------	-------------------------

33.89	31.29	17.16	62.75	15.12	27.75	31.60	61
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	----

X (n)	Y (n)	Z (n)
-------	-------	-------

95.04	100.00	108.89
-------	--------	--------

ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔC_{ab}^*	Δh_{ab}^*	ΔH_{ab}^*	ΔE_{ab}	ΔE_{94}
--------------	--------------	--------------	-------------------	-------------------	-------------------	-----------------	-----------------

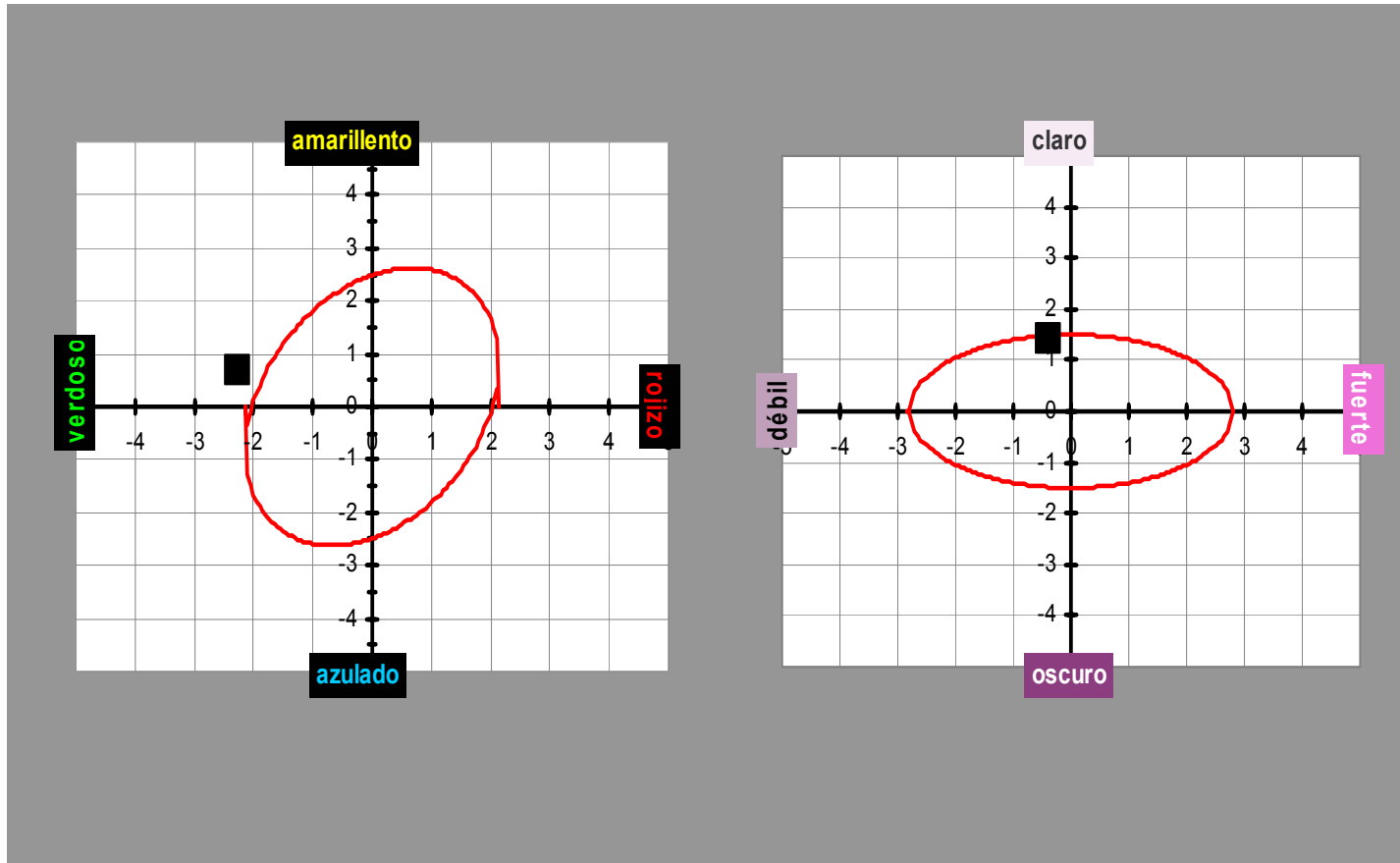
1.41	-2.25	0.69	-0.38	4.24	2.32	2.75	2.12
------	-------	------	-------	------	------	------	------

Tol(L*)	Tol(C*)	Tol(H*)
---------	---------	---------

1.50	2.80	1.90
------	------	------

DECISIÓN NO PASA

Tema 5: Colorimetría diferencial



Conclusiones

- **Las tolerancias de color dependen de:**
 - Naturaleza del sustrato a tintar
 - Cliente (uso del color)
 - Posición del color estándar dentro del espacio de color
 - Fórmula de diferencia de color (CMC, CIE94), etc
- **Recomendaciones:**
 - Diferencias relativas de color en perfiles (Δa^* , Δb^*) y (ΔC_{ab}^* , ΔL^*)
 - Recordar la función lógica AND
 - La colorimetría diferencial debe apoyarse en la estadística

Bibliografía

- **Básica:**
 - **Berns (2000)**
 - **Capilla, Artigas y Pujol (2002)**
 - **Gilabert (2002)**
 - **<http://www.techexchange.com/thelibrary/colortolerances.html>**

- **Complementaria:**
 - **Völz (2001)**
 - **Broadbent (2001)**