

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 422 212**

51 Int. Cl.:

F21K 99/00 (2010.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.09.2008 E 08801969 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.03.2013 EP 2188851**

54 Título: **Módulo LED, medios de iluminación LED y luminaria LED para la reproducción energéticamente eficiente de luz blanca**

30 Prioridad:

12.09.2007 DE 102007043355

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

09.09.2013

73 Titular/es:

**LUMITECH PRODUKTION UND ENTWICKLUNG
GMBH (100.0%)
TECHNOLOGIEPARK 10
8380 JENNESDORF, AT**

72 Inventor/es:

**BAUMGARTNER, ERWIN y
SCHRANK, FRANZ**

74 Agente/Representante:

TRIGO PECES, José Ramón

ES 2 422 212 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Módulo LED, medios de iluminación LED y luminaria LED para la reproducción energéticamente eficiente de luz blanca.

Estado de la técnica

[0001] Se conocen diversas ejecuciones de luminarias eléctricas, las cuales generan luz blanca basándose en LEDs. Se conocen principalmente dos tipos de ejecución. En el primer tipo, la emisión de tres LEDs monocromos se mezcla de manera aditiva con el blanco. Habitualmente se emplean los colores primarios rojo, verde y azul, generalmente denominados de forma abreviada "RGB".

[0002] El segundo tipo de ejecución se basa en la utilización de materiales luminiscentes de conversión, generalmente denominados de forma abreviada "fósforos". En virtud de ello, una parte de la emisión primaria del LED (habitualmente del color azul en la gama de longitud de onda de aproximadamente 460 nm) es absorbida por el fósforo y emitida de nuevo como radiación secundaria a una longitud de onda mayor. La longitud de onda de emisión puede de esta manera variar entre 500 nm (verde) y 630 nm (rojo). Cuando se emplea un fósforo con emisión de un color complementario (para el azul será el amarillo), se pueden realizar emisiones blancas de forma aditiva. Este tipo de soluciones está descrito en una gran cantidad de patentes, como por ejemplo en las WO 02/054502A1, DE 19638667C2 o WO2007/017122.

[0003] En las ejecuciones RGB, las desventajas de las luminarias eléctricas según el estado de la técnica son la dependencia de la temperatura del color de emisión, debido a que los LEDs individuales tienen coeficientes de temperatura distintos y también muestran un comportamiento distinto a lo largo de su vida útil. Esto se puede compensar mediante un control o una regulación que resultan en costes respectivos, tal y como se describe por ejemplo en la DE60021911T2.

[0004] Otra desventaja esencial de las soluciones RGB es el escaso rendimiento cromático. Con la combinación de los LEDs citados en la Tabla 01 se alcanza un valor Ra8 de 22. El espectro está representado en la Fig. 01. La abscisa representa la longitud de onda en nm y la ordenada representa la intensidad.

Tabla 01: LEDs RGB

Color de la luz	x	y	Longitud de onda dominante (nm)
Azul	0,1442	0,0410	462,9
Verde	0,1983	0,6966	529,7
Rojo	0,7000	0,2996	627,4

[0005] El rendimiento cromático puede mejorarse añadiendo LEDs de color ámbar. Con la combinación de los LEDs citados en la Tabla 02 se alcanza un valor Ra8 de 82. El correspondiente espectro está representado en la Fig. 02. Sin embargo, este LED adicional aumenta el coste de control o regulación.

Tabla 02: LEDs RGBA

Color de la luz	x	y	Longitud de onda dominante (nm)
azul	0,1442	0,0410	462,9
verde	0,1983	0,6966	529,7
ámbar	0,6010	0,3983	529,0
rojo	0,7000	0,2996	627,4

[0006] En la ejecución "LED azul más fósforo" se puede realizar una subdivisión en 2 grupos: el grupo de las soluciones LED que emiten luz fría (p.ej. 6500K) y el grupo de las que emiten luz cálida (p.ej. 3000K).

[0007] Con las ejecuciones con temperatura de color 6500K la eficiencia es elevada, pero la solución tiene una reproducción cromática insuficiente de un valor aproximado de Ra8=70-75. Esta forma de ejecución se podrá emplear por lo tanto en la iluminación general solo de manera limitada.

[0008] Con la ejecución con una temperatura de color de 3000K se puede alcanzar un valor de Ra8>90. Una desventaja importante de esta solución es que la emisión del fósforo se lleva a cabo dentro de una gama de longitudes de ondas relativamente amplia (gran anchura a media altura). La energía radiométrica (potencia de radiación) generada mediante el fósforo se emite en la gama de longitudes de ondas de 520 nm a 800 nm. La curva de sensibilidad del ojo V(λ) evalúa como muy baja esta energía en longitudes de onda a partir de 650 nm. De

esta manera se malgasta energía de forma innecesaria.

Descripción breve de las figuras

5 [0009] Estas correlaciones se describen de forma más detallada mediante figuras y tablas.

Descripción resumida de las figuras:

10 [0010]

- Fig. 01: Estado de la técnica; espectro RGB solución 3000K;
- Fig. 02: Estado de la técnica; espectro RGBA solución 3000K;
- Fig. 03: Estado de la técnica; espectro solución fósforo 3000K y $V(\lambda)$;
- Fig. 04: Estado de la técnica; comparación de la potencia de radiación acumulada con el flujo luminoso acumulado;
- Fig. 05: Tabla cromática CIE 1931;
- Fig. 06: Emisión de fósforos de distinta longitud de onda máxima, representada en el espacio de color CIE 1931;
- Fig. 07: Reducción de la potencia de radiación con creciente concentración de los fósforos;
- Fig. 08: Eficiencia de los fósforos en lúmenes por vatios como función de la concentración (se representa el eje x ascendente de las coordenadas CIE 1931); los valores están normalizados con respecto al LED azul (=1) para facilitar la comparación;
- Fig. 09: Ejemplo de una mezcla de colores de LEDs del grupo P y de LEDs del grupo R en el espacio de color CIE 1931;
- Fig. 10: Ejemplo de una mezcla de colores de LEDs del grupo P y de LEDs del grupo R representado como espectro, donde también se muestra la curva fototópica $V(\lambda)$;
- Fig. 11: Comparación de la potencia de radiación acumulada con el flujo luminoso acumulado de la lámpara de ensayo conforme con la Fig. 09;
- Fig. 12: Ejemplo de una mezcla de colores de LEDs del grupo P, de LEDs del grupo B y de LEDs del grupo R en el espacio de color CIE 1931;
- Fig. 13: Ejemplo de un módulo LED conforme al ejemplo de la Fig. 12 que muestra que la potencia de los LEDs del grupo B y LEDs del grupo R se puede regular y controlar; por consiguiente los tres espectros representados pueden realizarse con un módulo;
- Fig. 14: Diagrama unifilar de cuatro LEDs en serie;
- Fig. 15: Diagrama unifilar de cuatro LEDs; dos grupos pueden controlarse y regularse por separado;
- Fig. 16: Diagrama unifilar de seis LEDs; tres grupos pueden controlarse y regularse por separado;
- Fig. 17: Representación de un módulo LED con 18 LEDs; tres grupos pueden controlarse y regularse por separado;
- Fig. 18: Representación de un medio luminiscente LED con casquillo estándar E27;
- Fig. 19: Representación de una luminaria LED con reflector, en la que se puede emplear uno o más módulos LED;
- Fig. 20: Representación esquemática de un módulo LED con LEDs del grupo B y LEDs del grupo R bajo un elemento de fósforo común.

45 [0011] Para generar luz blanca cálida (2700-3500K) habrán de emplearse también fósforos rojos. Un correspondiente espectro 3000K está representado en la Fig. 03. La abscisa de la Fig. 03 representa la longitud de onda en nm, la ordenada representa la intensidad normalizada a 1. También se incluye en la Fig. 03 la curva fototópica del ojo $V(\lambda)$. Es importante observar el área de superficie xx a partir de los 600 nanómetros. Esta área de superficie xx se produce entre el tramo recesivo de la curva $V(\lambda)$ y el espectro.

50 [0012] En esta área, la potencia de radiación se evalúa por la $V(\lambda)$ como muy mala. Esto significa que se requiere relativamente mucha energía para generar poca luz, debido a que los fósforos emiten en un espectro amplio.

ES 2 422 212 T3

Tabla 03: Pasos de 10 nm - energía radiométrica acumulada (potencia de radiación) en % y correspondientes lúmenes acumulados en %

nm mín.	nm máx.	3000K-mW	3000K-lm
380	389	0,01%	0,00%
390	399	0,02%	0,00%
400	409	0,03%	0,00%
410	419	0,04%	0,00%
420	429	0,08%	0,00%
430	439	0,28%	0,01%
440	449	1,48%	0,09%
450	459	4,59%	0,43%
460	469	7,19%	0,86%
470	479	8,97%	1,30%
480	489	10,23%	1,78%
490	499	11,49%	2,52%
500	509	13,13%	4,02%
510	519	15,42%	7,11%
520	529	18,34%	12,23%
530	539	21,79%	19,23%
540	549	25,67%	27,71%
550	559	29,98%	37,36%
560	569	34,73%	47,77%
570	579	39,90%	58,38%
580	589	45,42%	68,53%
590	599	51,16%	77,55%
600	609	56,93%	84,98%
610	619	62,56%	90,65%
620	629	67,91 %	94,61 %
630	639	72,84%	97,10%
640	649	77,31 %	98,56 %
650	659	81,27%	99,33%
660	669	84,71 %	99,70 %
670	679	87,69%	99,87%
680	689	90,23%	99,95%
690	699	92,37%	99,98%
700	709	94,16%	99,99%
710	719	95,64%	100,00%
720	729	96,87%	100,00%
730	739	97,89%	100,00%
740	749	98,72%	100,00%
750	759	99,40%	100,00%
760	769	99,96%	100,00%
770	779	100,00%	100,00%

[0013] El 99% del flujo luminoso se genera con el 80% de la energía radiométrica (potencia de radiación). El 20% de la energía radiométrica (a partir de aproximadamente 650 nm) se genera solo con el 1 % del flujo luminoso. La Fig. 04 es una representación gráfica de esta correlación. La abscisa de la Fig. 04 representa la longitud de onda en

nm y la ordenada representa la potencia de radiación acumulada o el flujo luminoso acumulado en %.

[0014] Debido a la amplia emisión de los fósforos rojos y la menor eficiencia de los fósforos rojos (Fig. 08), las soluciones de conversión de fósforo producen una potencia de radiación que es evaluada como muy mala por la $V(\lambda)$. Se requiere un 20 % de la potencia de radiación para producir un 1 % de luz.

[0015] Además de los dos modos de ejecución arriba descritos también se conocen modos de ejecución mixtos. A modo de ejemplo, se cita la DE10353293A1, en la que un LED rojo monocromático se puede añadir manualmente a un LED (con fósforo) que emite en blanco. De esta manera se realiza una lámpara subacuática que le permitirá al usuario de la lámpara compensar los diferentes alcances de colores espectrales individuales causados por una absorción dependiente de la longitud de onda en determinados rangos. En la DE10216394B3 se describe una construcción en la que además de LEDs blancos (azul más fósforo) también se emplean los cuatro colores cian, verde, amarillo y rojo. De esta manera se consigue una muy buena reproducción cromática, pero no se mejora la eficiencia.

[0016] En la DE20104704U1 se describe la combinación de un LED blanco con amarillo. La característica esencial es que la porción azul debe compensarse con el amarillo. Obviamente se emplea un blanco frío con una elevada porción azul, lo que no permite en ningún caso la realización de un medio luminiscente LED de elevada eficiencia.

[0017] La DE202006003878U1 describe luminarias para biorreactores, en las que para cultivos celulares fototrópicos se deberá emplear preferentemente aquella gama de longitudes de ondas en la que dicho cultivo celular se desarrolle mejor. Los rangos espectrales individuales también se pueden controlar de manera individual.

[0018] En la DE20317444U1 se describe una luminaria vial, en la que la porción principal de la emisión espectral se sitúa en el rango verde, pero también se emplean el rojo, ámbar, azul y blanco.

[0019] Cabe mencionar que las desventajas que resultan del estado de la técnica son la insuficiente reproducción cromática, el uso ineficaz de la energía radiométrica (potencia de radiación) así como la construcción técnicamente compleja.

[0020] El objetivo de la presente invención consiste en proporcionar un módulo LED para medios de iluminación LED y luminarias LED que presente una elevada eficiencia y una elevada reproducción cromática sin presentar las desventajas de soluciones existentes.

Descripción detallada de la invención

[0021] Para lograr el objetivo planteado, la invención se caracteriza por la enseñanza técnica según la reivindicación 1.

[0022] El módulo LED según la invención reúne las ventajas de las soluciones de LED basadas en fósforo con las ventajas de las soluciones RGB.

Definiciones:

CIE 1931:

[0023] El sistema de referencia colorimétrico CIE o sistema de cromaticidad CIE es la definición de la Comisión Internacional de Iluminación (CIE: Commission internationale de l'éclairage) para representar colores basándose en la percepción humana del color. Esta representación permite representar un lugar de color en el diagrama cromático con 2 coordenadas. La Fig. 05 muestra el diagrama CIE 1931. La abscisa representa el valor x del diagrama CIE 1931 y la ordenada representa el valor y del diagrama CIE 1931.

[0024] En la tabla de cromaticidad CIE, el rango de posibles colores en forma de herradura está trazado en un sistema de coordenadas, en el que puede leerse directamente la porción x e y de los colores básicos teóricos X, Y y Z estandarizados por la CIE (también denominado espacio de color CIE XYZ) de cualquier color A, B, C, D, E. Utilizando la condición básica $x + y + z = 1$ se puede determinar mediante cálculo la correspondiente porción z ($z = 1 - x - y$). Todos los posibles colores son enmarcados por la línea de color espectral (colores espectrales puros) y la línea del púrpura.

[0025] La referencia central de la tabla es el punto blanco A (aproximadamente 3000K), esencial en cada situación de medición de colores. Dependiendo de la situación de iluminación, éste puede hallarse prácticamente en cualquier parte dentro de la herradura. Sin embargo, solamente la curva del cuerpo negro tiene una relevancia técnica, en cuyo tramo los colores A, B, C, D, E se indican como temperatura de un proyector ideal (cuerpo negro) en Kelvin. Más allá del espacio de color utilizado, el color espectral correspondiente a una situación específica se puede leer sobre la línea de color espectral. En el lado exactamente opuesto a A, B, C, D, E pueden leerse los colores complementarios sobre una línea prolongada. Así, el punto representa el más extremo (más puro) color

complementario, que en este caso se define por la intersección con la línea del púrpura.

[0026] Los puntos A, B, C, D, E indicados en la Fig. 05 hacen referencia a la siguiente explicación:

5 [0027] Originariamente, el sistema de referencia colorimétrico CIE se desarrolló sobre todo con relación a cuestiones de iluminación. El sistema permite en principio cualquier combinación concebible de valores X, Y y Z. Sin embargo, en aras de la simplicidad y comparabilidad se definieron determinados colores estándar del espectro, estando todos ellos localizados más o menos sobre la curva del cuerpo negro, y correspondiéndose a una determinada temperatura de color.

10

Tabla 3A: Iluminaciones estándar conforme a CIE

Iluminación estándar CIE	valor x	valor y	Observaciones
Iluminación estándar CIE A	0,4476	0,4074	Espectro de luz similar a una lámpara incandescente
Iluminación estándar CIE B	0,3484	0,3516	-
Iluminación estándar CIE C	0,3101	0,3162	Punto blanco de la norma NTSC-TV
Iluminación estándar CIE E	1/3	1/3	Punto blanco del espacio de color CIE-RGB; X, Y y Z a proporciones exactamente iguales
D5000 o D50	0,3457	0,3585	Punto blanco para Wide-Gamut-RGB y Color-Match-RGB
D5500 o D55	0,3324	0,3474	Espectro de luz similar al de la luz diurna media, espectro similar a un cuerpo negro a 5500 Kelvin
D6500 o D65	0,312713	0,329016	Punto blanco para sRGB, Adobe-RGB y la norma PAUSECAM-TV,
			Espectro similar a un cuerpo negro a 6504 Kelvin
D7500 o D75	0,2990	0,3149	Espectro similar a un cuerpo negro a 7500 Kelvin
D9300	0,2848	0,2932	Espectro similar a un cuerpo negro a 9300 Kelvin

Temperaturas de color estándar:

15 [0028] Los colores estandarizados con las siguientes temperaturas de color se pueden representar con coordenadas x, y como sigue:

Tabla 4: Coordenadas CIE 1931 de temperaturas de color estándar

Color	x-CIE 1931	y-CIE 1931
6500K	0,313	0,337
5000K	0,346	0,359
4000K	0,380	0,380
3500K	0,409	0,394
3000K	0,440	0,403
2700K	0,463	0,420

20 Fósforos:

[0029] Generalmente se entienden como tales los luminóforos que absorben la radiación de una determinada longitud de onda y emiten radiación en otra longitud de onda. La radiación emitida tiene generalmente una longitud de onda mayor. La estimulación del fósforo se produce en la gama UV o también en la gama visible. Los fósforos obtenibles se estimulan por lo general en gamas de longitud de onda amplias, lo que se denomina espectros de estimulación. La emisión tampoco se produce en una longitud de onda, sino también sobre una determinada gama de longitud de onda. Así, para la caracterización de los fósforos siempre se indican varios valores característicos, como la longitud de onda máxima, la longitud de onda dominante, la anchura a media altura (gama en nm a una intensidad del 50% del máximo) o lugar de color en el espacio de color CIE (1931). La longitud de onda de emisión determina el color de la luz emitida. El rendimiento cuántico indica las proporciones de la radiación absorbida que se vuelven a emitir de nuevo.

35 [0030] Para la generación de luz blanca con LEDs son interesantes sobre todo aquellos tipos que absorben una radiación primaria con una longitud de onda dominante de aproximadamente 460 nm y emiten luz en la gama de longitudes de ondas entre 500 nm y 630 nm de la longitud de onda máxima. Este tipo de soluciones está descrito en una gran cantidad de patentes, como por ejemplo en la patente WO02/054502A1 citada anteriormente, o en la

DE19638667C2.

[0031] A modo de ejemplo se representan unos tipos de fósforo en la Tabla 5:

5

Tabla 5: Longitudes de onda máximas y coordenadas CIE 1931 de fósforos

Designación del fósforo	Longitud de onda máxima [nm]	CIE 1931 x	CIE 1931 y
P-535	533	0,342	0,608
P-565	564	0,448	0,538
P-610	610	0,568	0,430
P-YAG	559	0,451	0,531

[0032] Los fósforos arriba mencionados son tipos estándar comercialmente disponibles en cantidades de producción. Lo que resulta determinante a efectos de una aplicación ventajosa es la longitud de onda máxima y el lugar de color en el espacio de color CIE.

10

[0033] La Fig. 06 muestra, a modo de ejemplo, la mezcla de colores de LEDs azules con fósforos. La abscisa de la Fig. 06 representa la coordenada x y la ordenada representa la coordenada y del diagrama CIE 1931. En función de la concentración del fósforo o de la mezcla de fósforos, puede ajustarse cada punto sobre la línea entre el LED azul y el fósforo (o la mezcla).

15

Eficiencia:

[0034] Además de los procesos de absorción y emisión arriba descritos, también se manifiestan siempre en el uso de fósforos la dispersión de la luz y la reflexión. Estos dos procesos conducen a una reducción del rendimiento lumínico.

20

[0035] Cuando los elementos de fósforo con una concentración creciente del fósforo se disponen a través de un LED con una longitud de onda dominante de aproximadamente 460 nm, puede mostrarse al instante mediante la medición de la potencia de radiación que las pérdidas aumentan con la concentración del fósforo.

25

[0036] La Fig. 07 ilustra esta correlación. La abscisa de la Fig. 07 representa la coordenada x del diagrama CIE 1931 y la ordenada la potencia de radiación en mW. Aquí puede apreciarse con claridad que la potencia de radiación se reduce significativamente al aumentar la concentración del fósforo. Esta correlación es válida para todos los fósforos actualmente conocidos y accesibles para fines de medición.

30

[0037] No obstante, para el uso como fuente luminosa se requiere una valoración en función de la sensibilidad del ojo (V_{λ}). Si se realiza esta valoración y luego se observa la intensidad luminosa (en lúmenes) como función de la concentración de fósforo, la intensidad primero aumenta, pasa por un máximo y luego vuelve a descender. Es decir, a partir de una determinada cantidad de fósforo dominan las pérdidas. La Fig. 08 ilustra esta correlación.

35

[0038] La abscisa de la Fig. 08 representa la coordenada x del diagrama CIE 1931 y la ordenada representa la eficiencia (lm/W) normalizada al LED azul.

40

[0039] Con respecto a la eficiencia de la fuente luminosa, esto significa que para cada tipo de fósforo empleado existe un máximo de eficiencia, indicado en lúmenes/vatios. La Fig. 08 muestra que el fósforo P-535 tiene la máxima eficiencia x de aproximadamente 0,31 en la coordenada x CIE 1931.

45

[0040] La Fig. 08 también muestra que el fósforo P-565 tiene la máxima eficiencia x de aproximadamente 0,41 en la coordenada x CIE 1931. La Fig. 08 muestra además que la máxima eficiencia del fósforo P-610 en la coordenada x CIE 1931 se encuentra dentro de una gama de valores x de entre aproximadamente 0,39 y aproximadamente 0,56. Además, la Fig. 08 muestra que los fósforos tienen diferentes máximas de eficiencia. El fósforo P-535 es más eficiente que el fósforo P-565.

50

[0041] La invención hace uso del conocimiento de emplear un medio de iluminación LED solo de tal forma que el fósforo que emite radiación opere, en cada caso, en su máximo de eficiencia (o en una gama alrededor del máximo).

55

[0042]. A pesar de la preferencia de llevar a cabo la operación en el propio máximo, la invención comprende, sin embargo, también un modo de operación en una gama de hasta menos 20 % del máximo del respectivo fósforo o las mezclas de fósforo. Se aplica así un valor de color que corresponda a este máximo o se acerque a éste.

55

Grupo B:

[0043] El grupo B es un diodo de luminiscencia o varios diodos de luminiscencia con una longitud de onda

dominante en la gama de valores entre 380 nm y 480 nm. Asimismo, el grupo B puede formarse mediante varios diodos de luminiscencia con distintas longitudes de onda dominantes en la gama de valores entre 380 nm y 480 nm.

Grupo G:

[0044] El grupo G es un diodo de luminiscencia o varios diodos de luminiscencia con una longitud de onda dominante en la gama de valores entre 500 nm y 560 nm. Asimismo, el grupo G puede formarse mediante varios diodos de luminiscencia con distintas longitudes de onda dominantes en la gama de valores entre 500 nm y 560 nm.

Grupo R:

[0045] El grupo R es un diodo de luminiscencia o varios diodos de luminiscencia con una longitud de onda dominante en la gama de valores entre 600 nm y 640 nm. Asimismo, el grupo R puede formarse mediante varios diodos de luminiscencia con distintas longitudes de onda dominantes en la gama de valores entre 600 nm y 640 nm.

Grupo P:

[0046] El grupo P es un diodo de luminiscencia o varios diodos de luminiscencia, en el que diodos de luminiscencia del grupo B estimulan los fósforos. La concentración de los fósforos/mezclas de fósforo se selecciona de tal manera que la eficiencia fotométrica (lm/W) se sitúa en el máximo o cerca del máximo.

Planteamiento de solución según la invención

[0047] El planteamiento de solución según la invención hace uso de la eficiencia de los fósforos (grupo P) alcanzada en la gama del máximo de la eficiencia (lm/W) para producir luz blanca de la misma.

[0048] La Fig. 09 representa esta mezcla de colores en el CIE 1931. Aquí se genera luz blanca cálida de la temperatura de color 3000K mediante la mezcla de colores de LEDs del grupo P y del grupo R. El espectro de la mezcla de colores está representado en la Fig. 10. La abscisa de la Fig. 10 representa la longitud de onda en nm y la ordenada representa la intensidad en mW. También se representa la curva V(lambda) en la Fig. 10. Esta mezcla de LEDs del grupo P con LEDs del grupo R representa un balance óptimo de energía entre la potencia de radiación y la eficiencia fotométrica (lm/W). La reproducción cromática Ra8 es 91. Este balance óptimo de energía según la invención se produce por medio del aprovechamiento de la máxima eficiencia de los fósforos (grupo P) en combinación con la reducción de la superficie xx en el tramo recesivo de la curva V(lambda) (utilización del grupo R). El área sombreada en la Fig. 10 muestra el área xx fuertemente minimizada en comparación con el estado de la técnica (Fig. 03). De esta superficie minimizada xx en la Fig. 10 resulta la ventaja esencial según la invención en comparación con el estado de la técnica.

[0049] Las soluciones según el estado de la técnica intentan acertar de forma exacta la curva de Planck mediante conversión del color (fósforos). La invención se desmarca de forma consciente de este planteamiento y aprovecha de forma ejemplar la máxima eficiencia del fósforo (grupo P) en conexión con la anchura a media altura reducida de los LEDs de los grupos B y R, dado que una anchura a media altura reducida es ventajosa en las gamas que obtienen mala valoración por la curva V(lambda).

[0050] En la Tabla 6 y en la Fig. 11 se presentan los valores de medición correspondientes a una muestra de ensayo. Mediante la adición de LEDs del grupo R a LEDs del grupo P se genera luz blanca. El espectro así generado se representa en la Fig. 10.

Tabla 06: Pasos de 10 nm - energía radiométrica acumulada (potencia de radiación) en % y correspondientes lúmenes acumulados en %

mín.	máx.	3000K invención-mW	3000K invención-lm
380	389	0,01 %	0,00%
390	399	0,02%	0,00%
400	409	0,03%	0,00%
410	419	0,06%	0,00%
420	429	0,13%	0,00%
430	439	0,50%	0,01 %
440	449	2,14%	0,11%
450	459	5,94%	0,45%
460	469	9,27%	0,90%

mín.	máx.	3000K invención-mW	3000K invención-lm
470	479	11,51 %	1,36 %
480	489	12,92%	1,80%
490	499	14,05%	2,34%
500	509	15,50%	3,44%
510	519	17,82%	6,03%
520	529	21,28%	11,04%
530	539	25,89%	18,75%
540	549	31,40%	28,67%
550	559	37,43%	39,80%
560	569	43,57%	50,89%
570	579	49,47%	60,88%
580	589	54,98%	69,24%
590	599	60,18%	75,98%
600	609	65,86%	81,98%
610	619	74,59%	89,12%
620	629	87,24%	96,87%
630	639	92,27%	99,04%
640	649	94,40%	99,62%
650	659	95,80%	99,85%
660	669	96,84%	99,94%
670	679	97,63%	99,98%
680	689	98,24%	99,99%
690	699	98,70%	100,00%
700	709	99,05%	100,00%
710	719	99,31%	100,00%
720	729	99,51%	100,00%
730	739	99,67%	100,00%
740	749	99,78%	100,00%
750	759	99,87%	100,00%
760	769	99,94%	100,00%
770	779	100,00%	100,00%

[0051] La Fig. 11 representa esta correlación de forma gráfica. La abscisa de la Fig. 11 representa la longitud de onda en nm y la ordenada representa la potencia de radiación acumulada o el flujo luminoso acumulado en %.

5 [0052] El 92% de la potencia de radiación genera el 99% del flujo luminoso. El 8% de la energía radiométrica (a partir de 650nm) genera el 1 % del flujo luminoso (véase Fig. 11).

10 [0053] El modo de realización según la invención posibilita que un módulo LED, un medio de iluminación LED o bien una luminaria LED presente tanto una eficiencia excelente como también una muy buena reproducción cromática. En comparación con una solución basada íntegramente en fósforo, la eficiencia (con una reproducción del valor cromático comparable) se ha mejorado al menos en un 20%. En un ejemplo elaborado y comprobado, se logró un ahorro de energía del 25 %.

15 [0054] Otra ventaja esencial adicional de esta solución consiste en que mediante la agregación de LEDs del grupo B (LEDs azules) se puede regular y controlar la temperatura de color de manera continua y de forma muy sencilla. De este modo, se genera un espacio de color situado entre los vértices de esquina de los respectivos grupos (grupo B, grupo P, grupo R), pudiéndose así reproducir todos los colores dentro de este espacio de color. La Fig. 12 muestra el espacio de color generado por los tres grupos.

[0055] En particular, se puede generar de esta manera luz blanca a lo largo de la curva de Planck de forma muy eficiente y con una alta reproducción cromática. Los valores de medición correspondientes a una muestra de ensayo indican que la temperatura de color entre 2500K y 8000K es controlable y regulable y que la reproducción cromática Ra8 se sitúa por encima de toda la gama de temperatura de color en aproximadamente 90.

[0056] El ajuste de una temperatura de color (p. ej. 4200K) se produce de tal forma que partiendo del lugar de color en el diagrama cromático del grupo P, la intensidad del grupo B se aumenta hasta que el lugar de mezcla de color deseado se genera en la recta entre los puntos del grupo P y grupo B. La intensidad del grupo R deberá aumentarse hasta que se alcance el lugar de color de destino (p.ej.: 4200K) sobre la curva de Planck. La Fig. 12 muestra la mezcla de los 3 grupos al lugar de color de destino 4200K. La Fig. 13 muestra los espectros de los lugares de color 2800K, 4200K y 6500K.

[0057] Un modo de realización preferente del módulo LED es un módulo LED según la invención sobre una base COB (Chip on Board).

[0058] Otro modo de realización ventajoso del módulo LED se caracteriza porque los LEDs del grupo P y los LEDs del grupo R están dispuestos bajo una capa de conversión de color común.

[0059] En otro modo de realización ventajoso, el módulo LED según la invención está basado sobre componentes SMD-LED.

[0060] Como primer ejemplo de un modo de realización se representa en la Fig. 14 una conexión en serie de varios LEDs para conseguir el lugar de color. El módulo LED se forma de 3 unidades de LEDs del grupo P con un LED del grupo R.

[0061] La cantidad de los LEDs elegidos depende del rendimiento de cada LED individual. La cantidad de LEDs y sus relaciones recíprocas no deberán por lo tanto entenderse de manera limitativa.

[0062] La relación podría también ser 2 : 1 o 4 : 2 o similar.

[0063] La Fig. 15 muestra, como ejemplo de un modo de realización modificado, que los LEDs del grupo P pueden accionarse de manera separada de los LEDs del grupo R. Ello permite una regulación más precisa. La curva de Planck para el respectivo lugar de color se puede alcanzar de forma aún más precisa.

[0064] La Fig. 16 muestra un diagrama unifilar con 6 LEDs, de nuevo controlables por separado. De forma complementaria a los LEDs del grupo P y grupo R pueden emplearse LEDs del grupo B. Con este modo de realización puede ajustarse la temperatura de color en la gama de 2500K a 8000K.

[0065] La Fig. 17 muestra un módulo COB LED con 18 LEDs, conector inclusive. La temperatura de color puede controlarse y regularse entre 2500K y 8000K. El módulo representado tiene actualmente una eficiencia de 601 m/W sobre toda el área de control así como un valor Ra8 de más de 90.

[0066] La Fig. 18 muestra un módulo LED según la invención y la correspondiente electrónica instalados en una carcasa, donde la conexión eléctrica, la forma y las mediciones se eligen de tal manera que se puede sustituir a un medio de iluminación estándar normalizado; en particular, las lámparas incandescentes normalizadas, lámparas halógenas normalizadas o lámparas fluorescentes y lámparas fluorescentes compactas normalizadas. Tales lámparas normalizadas pueden estar definidas en particular conforme a uno de los estándares E** (especialmente E27), G*, GU*, M*, B* o T*. El módulo LED según la invención estando incorporado en medios luminiscentes estándares puede, por lo tanto, sustituir con éxito una lámpara incandescente etc. conforme a uno de estos estándares.

[0067] El medio de iluminación LED representado en la Fig. 18 tiene actualmente un consumo de potencia ejemplar de 8 a 10 vatios de potencia eléctrica y una potencia luminosa en la gama de 500 y 600 lúmenes. Esto significa que los 10 vatios consumidos corresponden aproximadamente a una lámpara incandescente de 60 vatios con respecto a la potencia luminosa. Con la variante representada en la Fig. 18 puede ahorrarse aproximadamente un 80 % de energía. En la Fig. 19, un medio de iluminación LED está equipado con uno o varios de los módulos LED descritos anteriormente. La cubierta sirve como guardapolvo y/o como difusor. El disipador de calor presenta aletas de refrigeración que garantizan una disipación favorable del calor.

[0068] La Fig. 19 muestra un módulo LED según la invención instalado en una luminaria, en la cual el módulo LED está instalado en un reflector, en cuya superficie inferior se disponen disipadores de calor. Mediante el ángulo del reflector se concentra la característica de emisión en una gama media central. Este ejemplo sirve para mostrar que el módulo LED también puede instalarse en una luminaria y no solamente usarse como medio luminiscente.

[0069] La Fig. 20 muestra de forma esquemática un módulo LED con LEDs del grupo B y LEDs del grupo R bajo un elemento de fósforo común. Este modo de realización es especialmente ventajoso con respecto a la mezcla de las

proporciones espectrales, pudiéndose prescindir del empleo de un difusor.

[0070] El medio luminiscente aquí mostrado aún en un espacio muy reducido LEDs del grupo P y LEDs del grupo R sobre un sustrato común, siendo conectados de tal forma sobre el sustrato que conduzcan la electricidad.

[0071] Los LEDs del grupo B estimulan el fósforo a radiar, y éste emite su radiación de conversión hacia fuera. Puesto que la radiación de los LEDs del grupo R no se ve influida por el fósforo, se produce en la superficie del elemento de fósforo cubriendo la deseada impresión de luz blanca de la mezcla aditiva de radiación del grupo P y grupo R.

[0072] De forma resumida se representan las características esenciales de la invención en forma de apuntes:

- módulo LED con óptimo balance energético – eficiencia
- módulo LED con Ra8 \geq 85, tipo 90 – 95
- módulo LED basado en tecnología COB o tecnología SMD
- LEDs de grupos distintos bajo un elemento de fósforo
- módulo LED según la invención para medio luminiscente LED con casquillo estándar (p.ej.: E27)
- luminarias con módulos LED según la invención con reflector
- luminarias con módulos LED según la invención con lentes
- módulos LED con temperatura de color controlable y ajustable

[0073] El módulo LED según la invención genera luz blanca muy eficiente y de gran calidad (Ra8>85). Por consiguiente, este módulo LED ha de emplearse preferentemente para aplicaciones en la iluminación general, iluminación de tiendas, iluminación de oficinas, iluminación de museos, ingeniería médica, iluminación industrial, etc.

[0074] La temperatura del color controlable y regulable permite una variación sin escalonamiento de la ratio S/P (luminancia escotópica/ luminancia fotópica). De este modo, este módulo LED puede emplearse de forma ventajosa en el alumbrado público. Mediante la modificación sin escalonamiento de la temperatura de color se tienen en cuenta las necesidades del ojo humano en la visión crepuscular (mesópica).

Tabla 07: Ratio S/P de las muestras según la Fig. 13

Temperatura de color	Ratio S/P
2800K	1,4
4200K	1,8
6500K	2,3

REIVINDICACIONES

1. Módulo LED compuesto por

- 5 (a) al menos un LED de un grupo P de LEDs que comprende uno o más LEDs estimulantes de fósforos o de mezclas de fósforos y que forman parte de un grupo B de LEDs, donde el grupo B de LEDs comprende uno o más LEDs con una longitud de onda dominante en la gama de 380 nm a 480 nm, y
- (b) al menos un LED de un grupo R de LEDs, donde el grupo R de LEDs comprende uno o más LEDs, cada uno con una longitud de onda dominante en la gama de 600 nm a 640 nm, y/o
- 10 (c) al menos un LED del grupo B y/o
- (d) al menos un LED del grupo G, donde el grupo G de LEDs comprende uno o más LEDs, cada uno con una longitud de onda dominante en la gama de 500 nm a 560 nm,
- (e) donde las radiaciones de al menos un LED del grupo P y de al menos otro LED están mezcladas de forma aditiva,

15 caracterizado por que

- (f) la concentración del fósforo o de la mezcla de fósforo del al menos un LED del grupo P está seleccionada de tal manera que su eficiencia fotométrica, medida en lm/W, en función de la coordenada x CIE está situada en un máximo o a no más del 20% por debajo del máximo, y
- 20 (g) el al menos un LED del grupo P y el al menos otro LED están configurados y son activables de tal forma
- (i) que se genera luz blanca, y el lugar de color de la luz blanca está situado sobre o cerca de la curva de Planck, y
- 25 (ii) que la reproducción cromática Ra8 es al menos de 85.

2. Un módulo LED según la reivindicación 1, caracterizado por que el módulo LED se compone exclusivamente de LEDs del grupo P y grupo R, y por que la luz blanca generada presenta una temperatura de color fija en la gama entre 2500 K y 8000 K.

30

3. Un módulo LED según la reivindicación 1, caracterizado por que el módulo LED se compone exclusivamente de LEDs del grupo P y grupo B, y por que la luz blanca generada presenta una temperatura de color fija en la gama entre 5000 K y 8000 K.

35

4. Un módulo LED según la reivindicación 1, caracterizado por que el módulo LED se compone exclusivamente de LEDs del grupo P y grupo G, por que el fósforo de los LEDs del grupo P tiene una longitud de onda máxima en la gama de valores entre 590 y 640 nm, y por que la luz blanca presenta una temperatura de color fija en la gama entre 2500 K y 8000 K.

40

5. Un módulo LED según la reivindicación 1, caracterizado por que el módulo LED consiste de LEDs del grupo P y grupo R y grupo B, y puede ser controlado o regulado de tal forma que la temperatura de color de la luz blanca generada se puede ajustar sin escalonamiento dentro de al menos una gama parcial de aquella gama de la curva de Planck que se encuentra dentro del espacio de color que se extiende por los lugares de color de los LEDs del grupo P, del grupo R y del grupo B.

45

6. Un módulo LED según la reivindicación 5, caracterizado por que el módulo LED puede ser controlado o regulado de tal forma que la temperatura de color de la luz blanca generada se puede ajustar sin escalonamiento en la gama de 2500 K a 8000 K.

50

7. Un módulo LED según una de las reivindicaciones 1, 2, 5 o 6, caracterizado por que LEDs del grupo B y LEDs del grupo R están dispuestos bajo una capa de conversión de color común.

55

8. Un módulo LED según la reivindicación 1, caracterizado por que el módulo LED consiste de LEDs del grupo P y grupo G y grupo B, y puede ser controlado o regulado de tal forma que la temperatura de color de la luz blanca generada se puede ajustar sin escalonamiento dentro de al menos una gama parcial de aquella gama de la curva de Planck que se encuentra dentro del espacio de color que se extiende por los lugares de color de los LEDs del grupo P, del grupo G y del grupo B, donde el fósforo del grupo P tiene una longitud de onda máxima en la gama de valores entre 590 nm y 640 nm.

60

9. Un módulo LED según la reivindicación 8, caracterizado por que el módulo LED es controlable o regulable de tal modo que la temperatura de color de la luz blanca generada se puede ajustar sin escalonamiento en la gama de 2500 K a 8000 K.

65

10. Un medio luminiscente estándar con un módulo LED según una de las reivindicaciones 1-9.

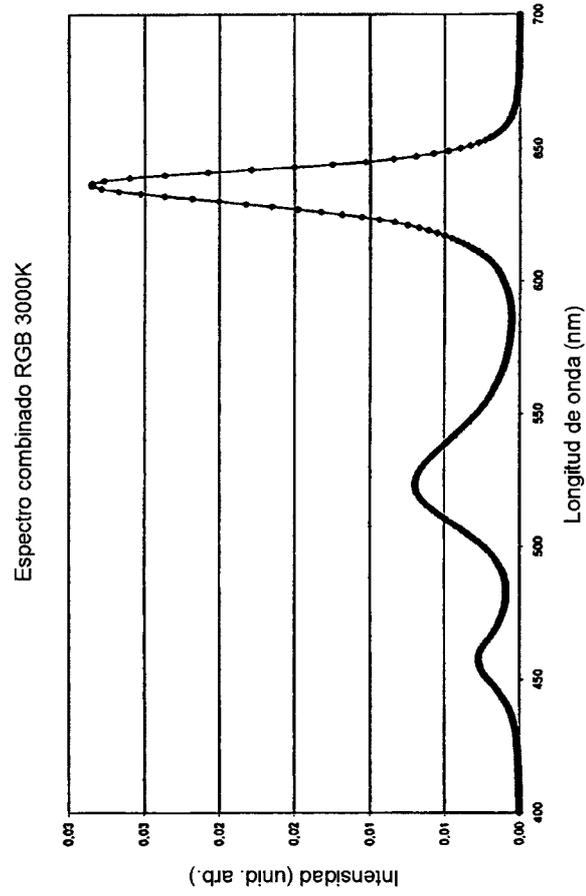


Fig. 01 - Solución RGB 3000K - lugar de color (0,4400/0,4030)

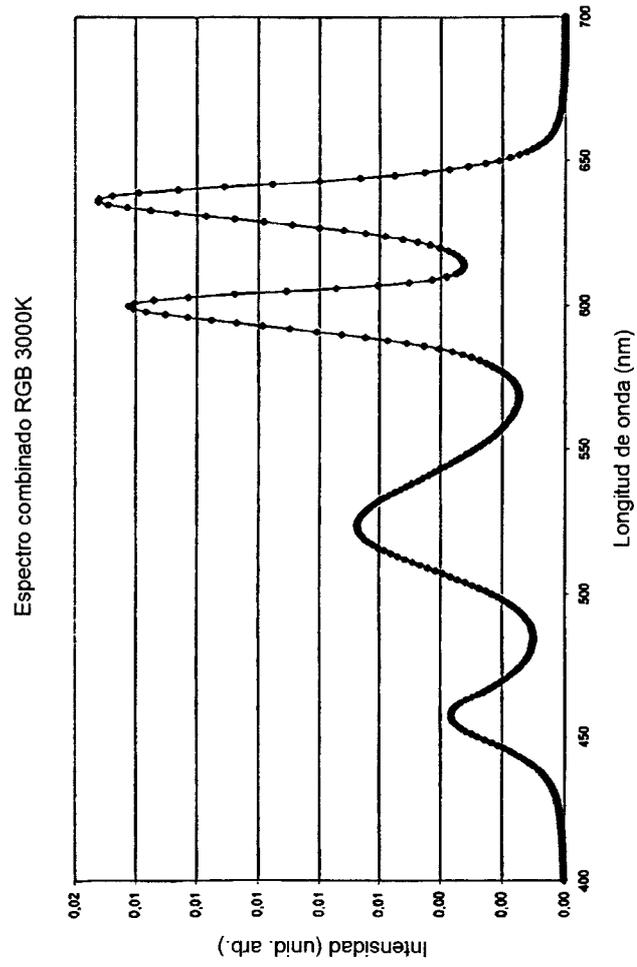


Fig. 02 - Solución RGB 3000K - Lugar de color (0,4400/0,4030)

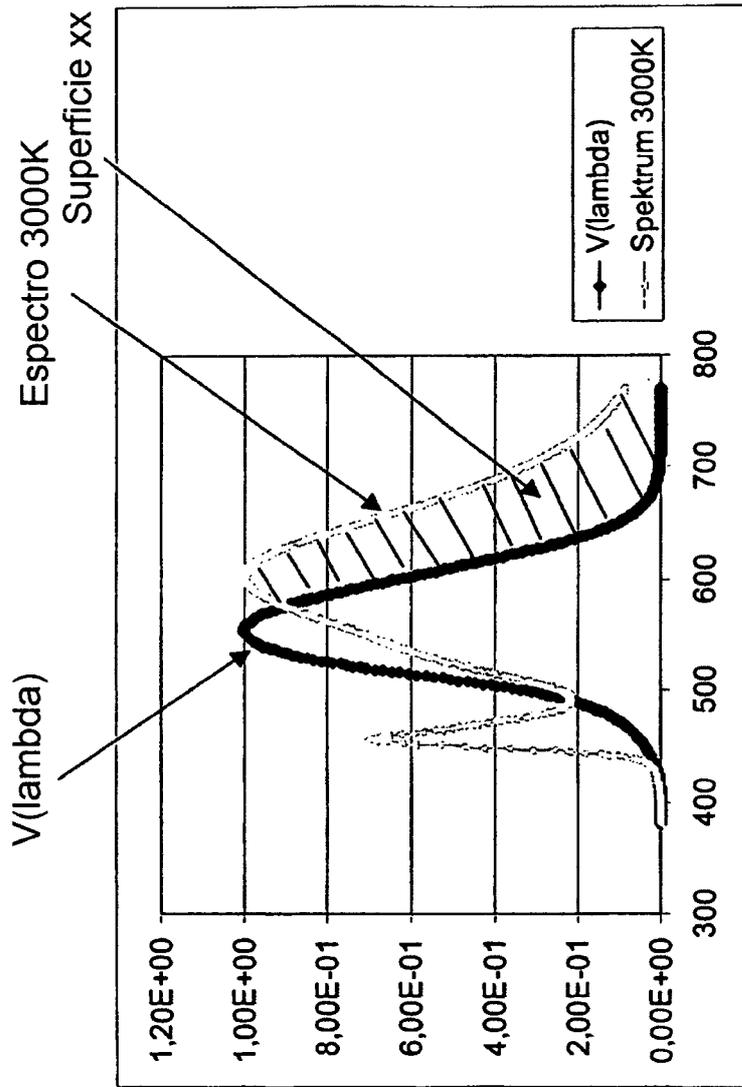


Fig. 03 - Solución azul + fósforo 3000K

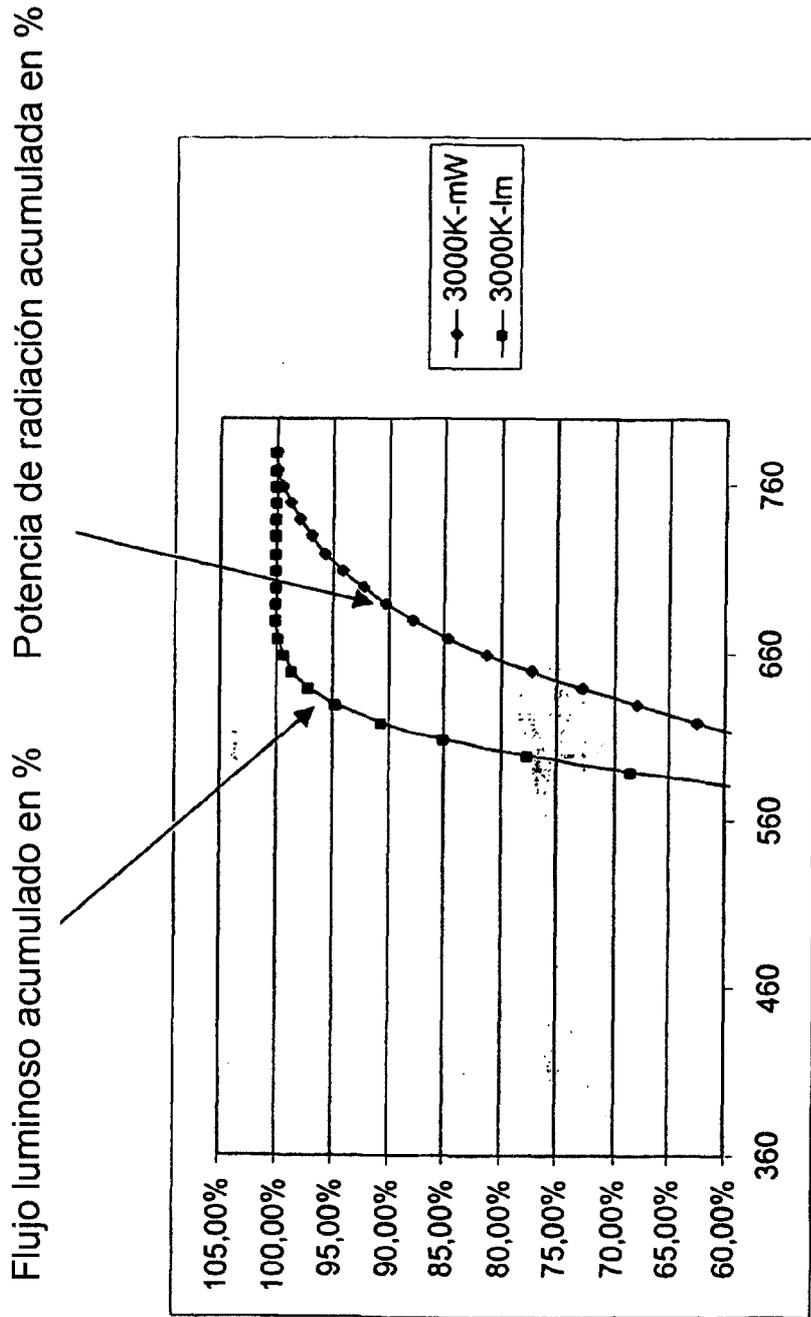


Fig. 04: Solución LED blanca cálida (3000K) - Potencia de radiación - Flujo luminoso

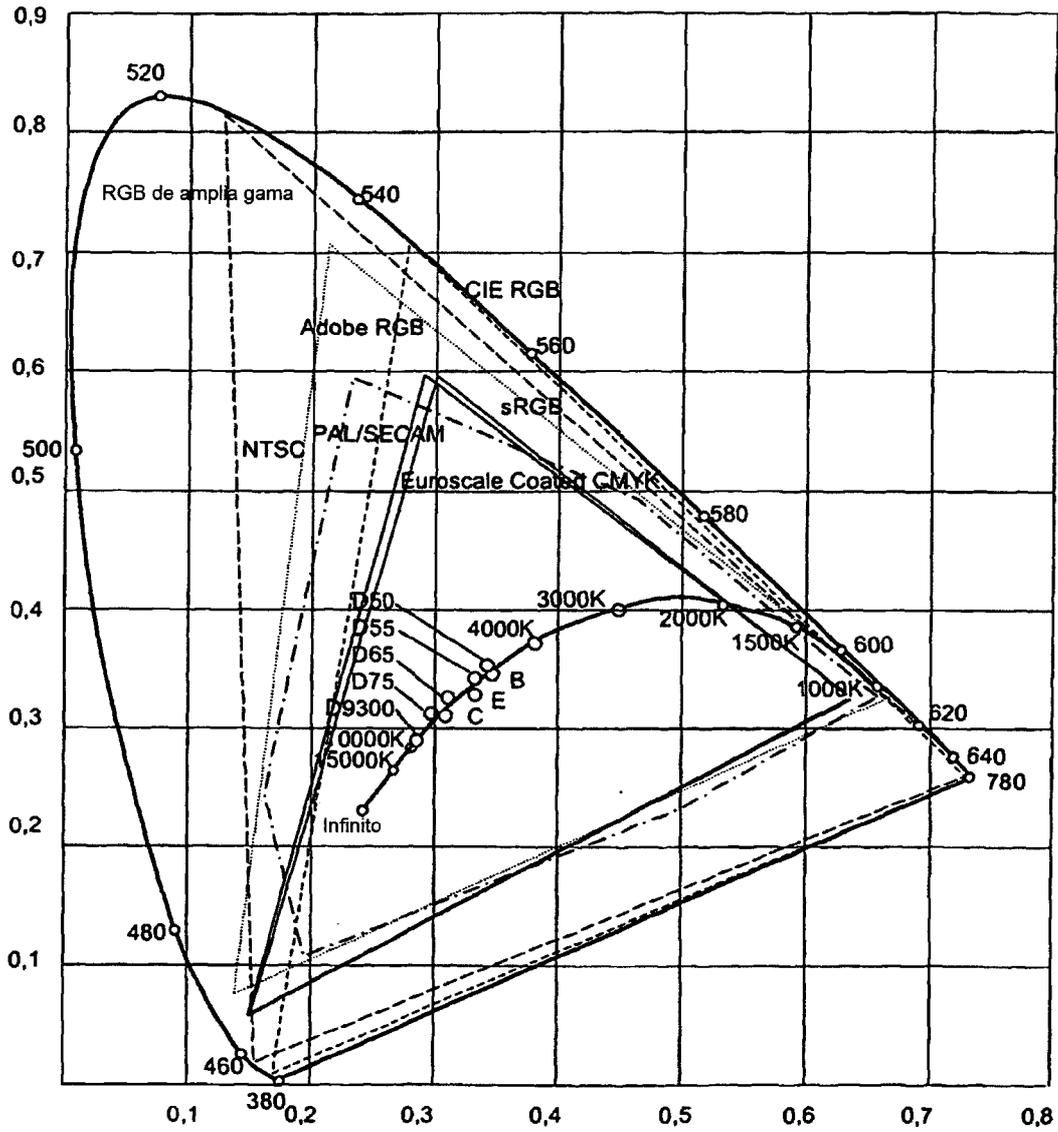


Fig. 05: Tabla cromática CIE 1931

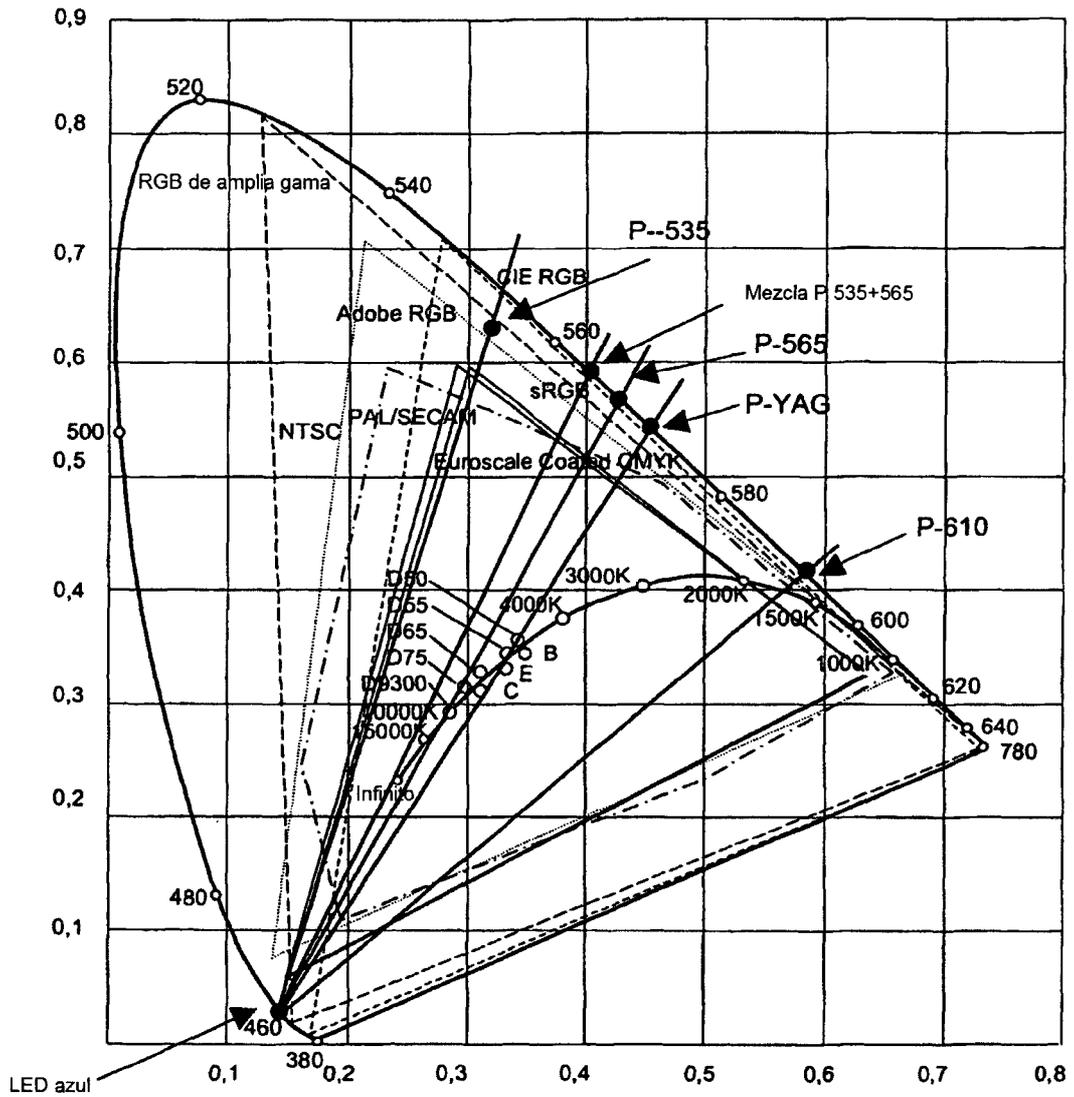


Fig. 06: Fósforo de distinta longitud de onda máxima

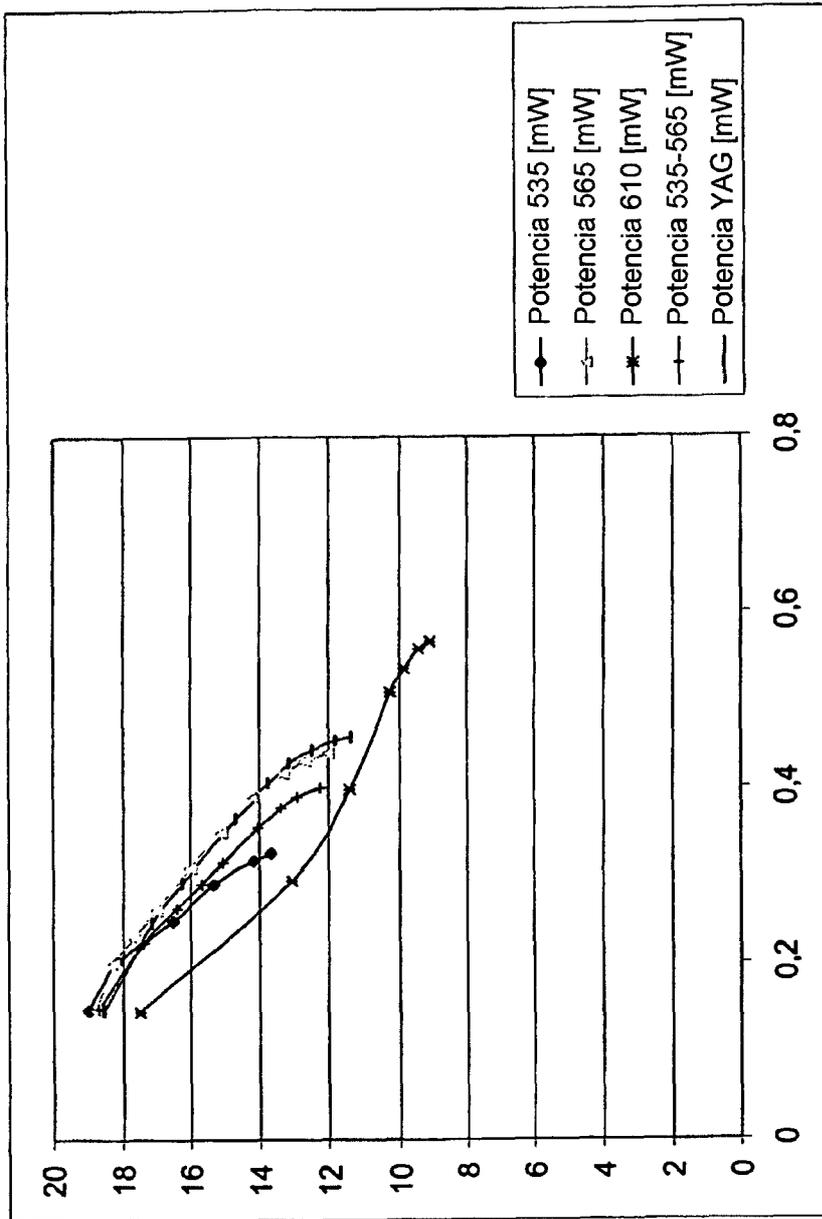


Fig. 07: Potencia de radiación en función de la coordenada x CIE

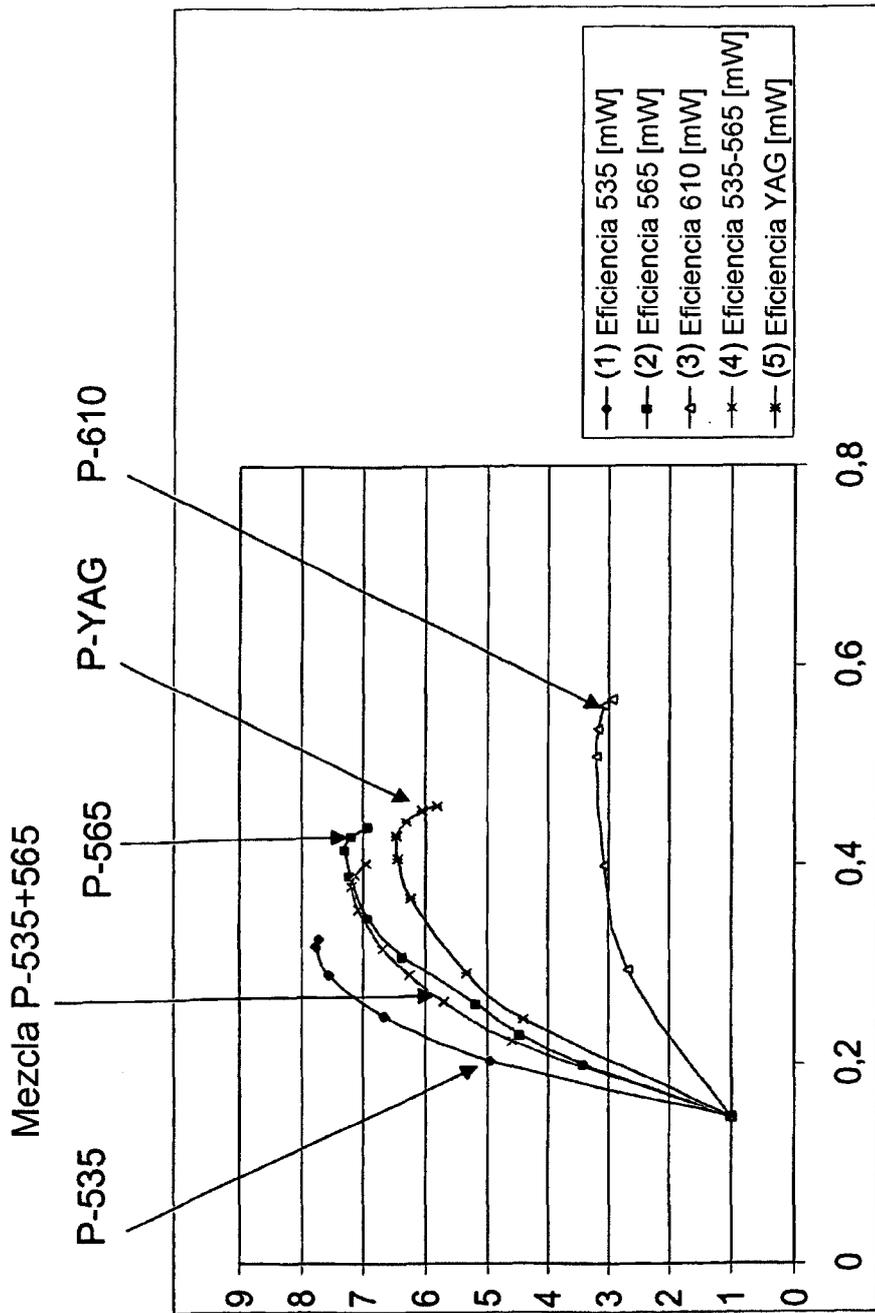


Fig. 08: Eficiencia (lm/W) en función de la coordenada x CIE

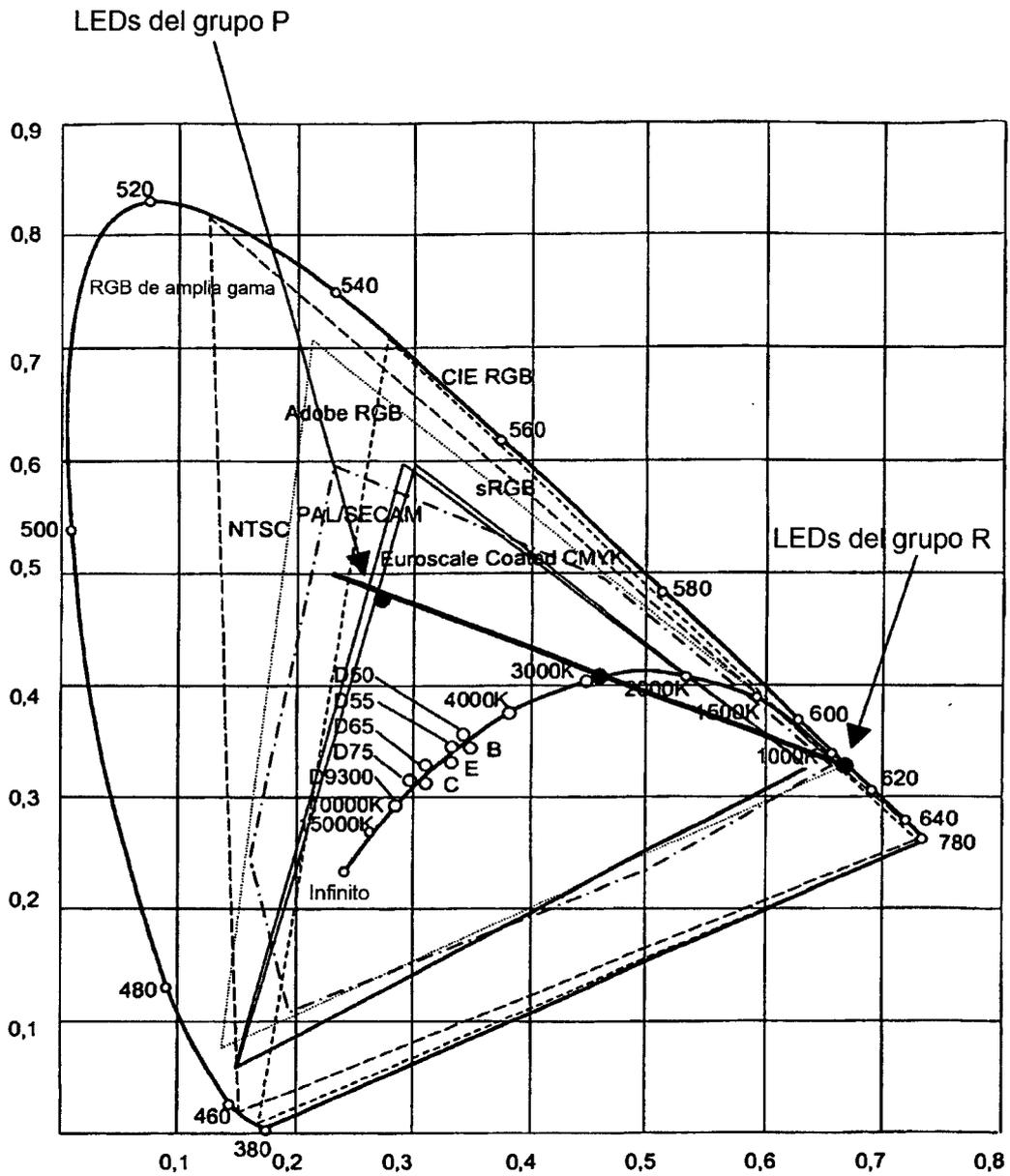


Fig. 09: Mezcla de colores grupo P y grupo R

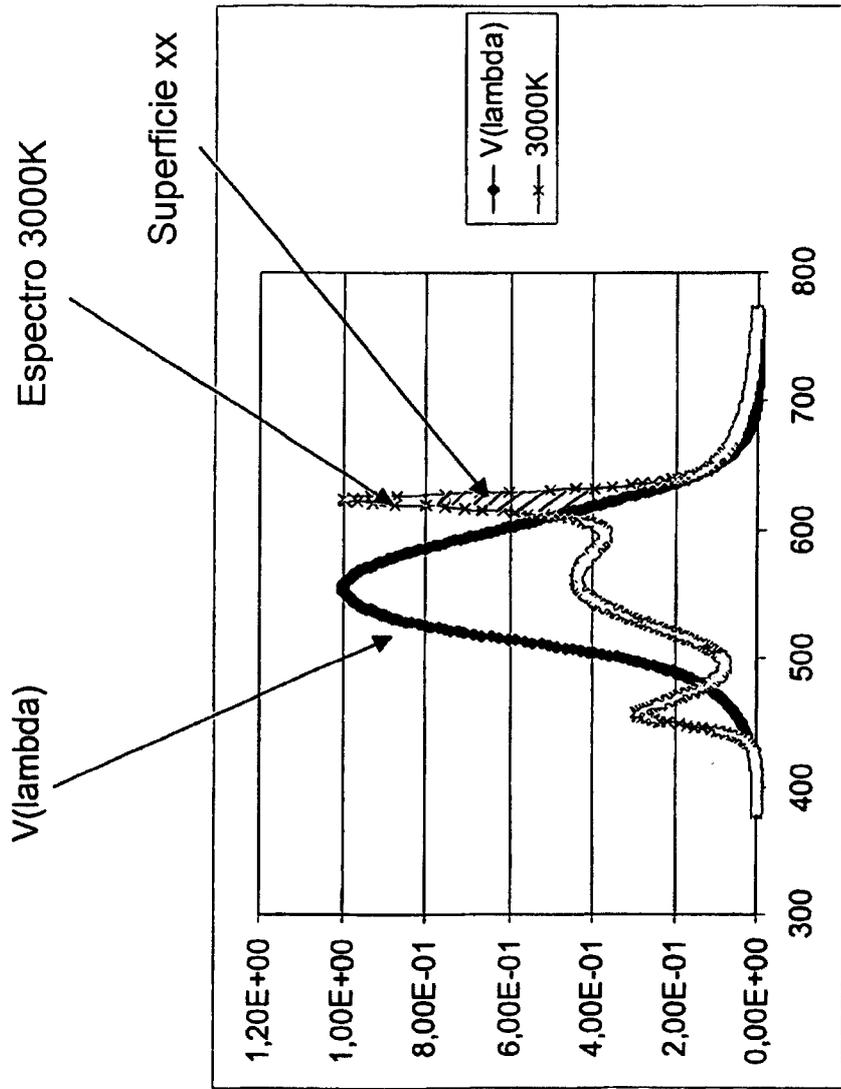


Fig. 10 - Espectro del grupo P + grupo R

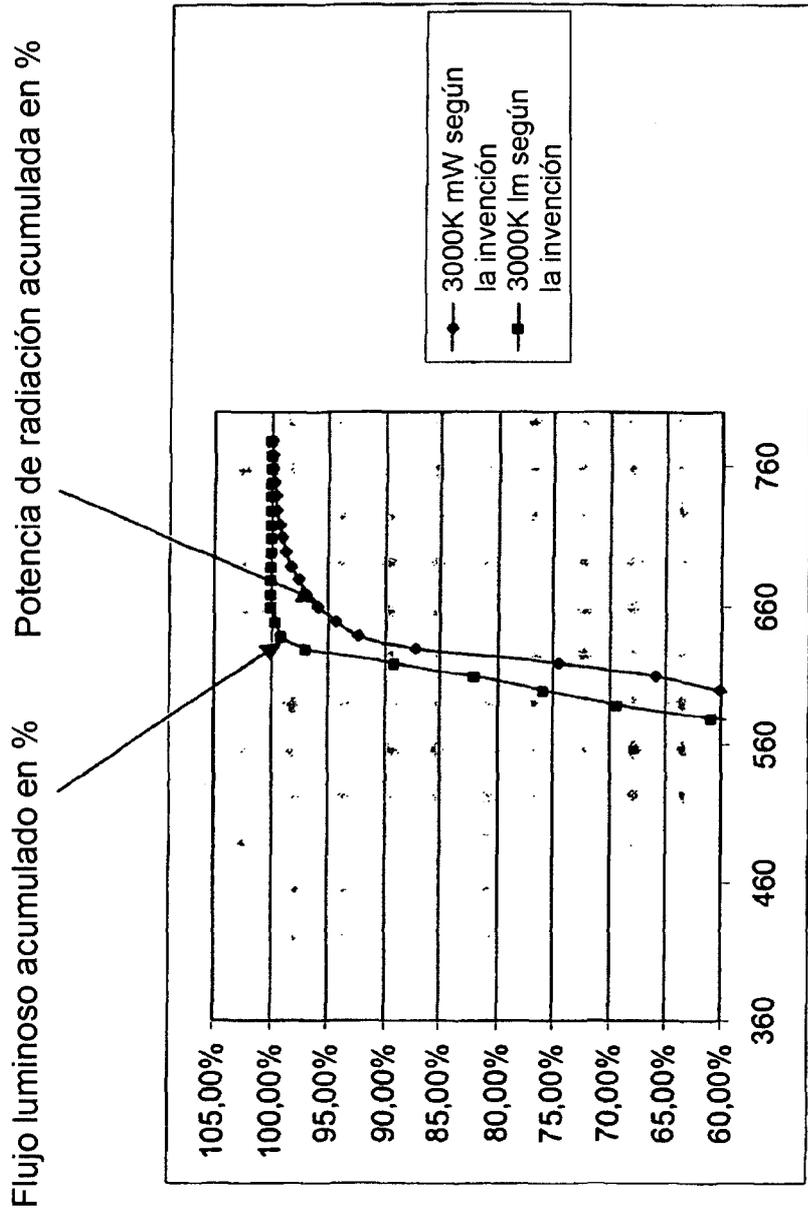


Fig. 11: Solución LED blanca cálida (3000K) - Potencia de radiación - Flujo luminoso

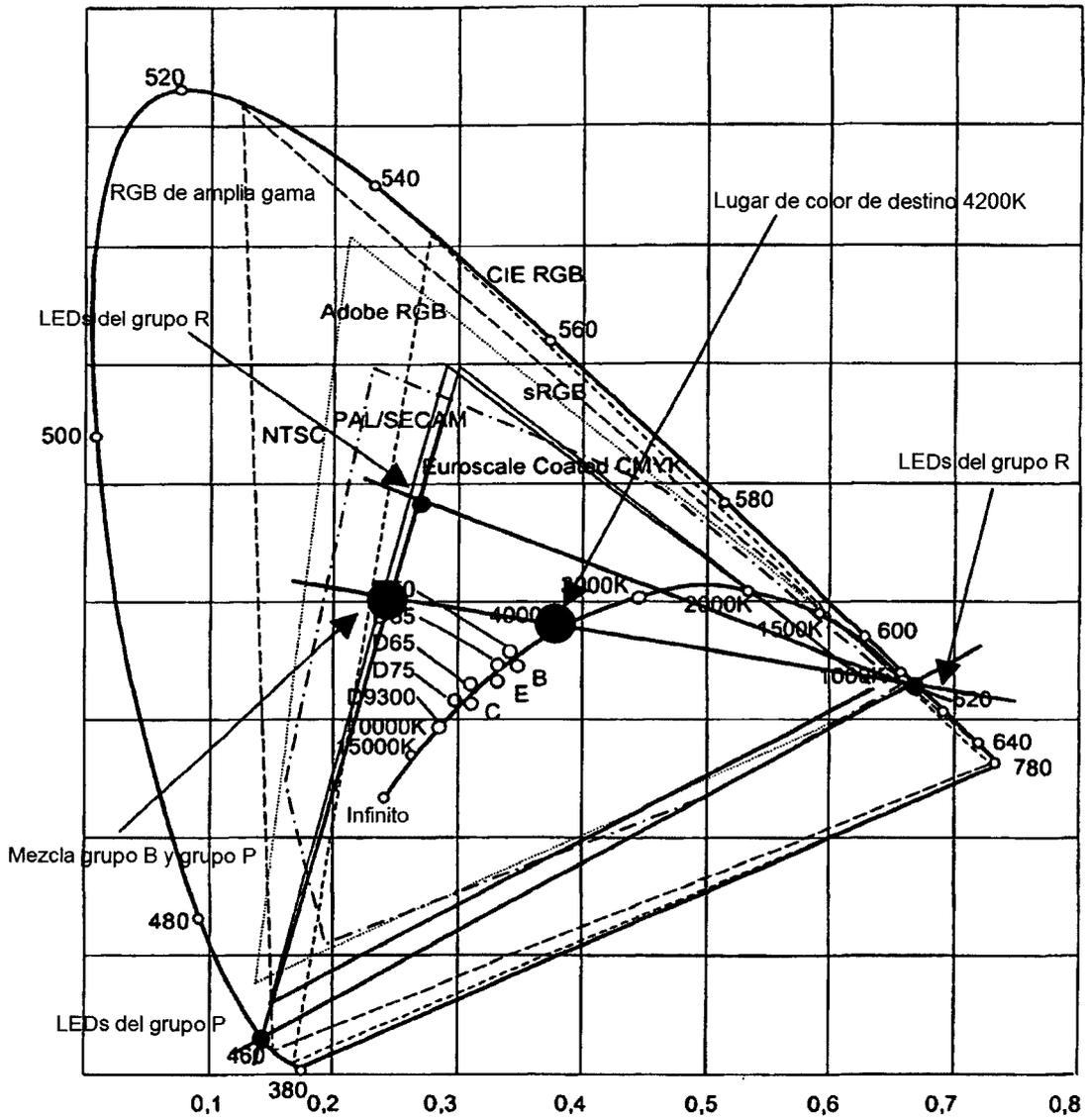


Fig. 12: Mezcla de colores grupo P + grupo R + grupo B

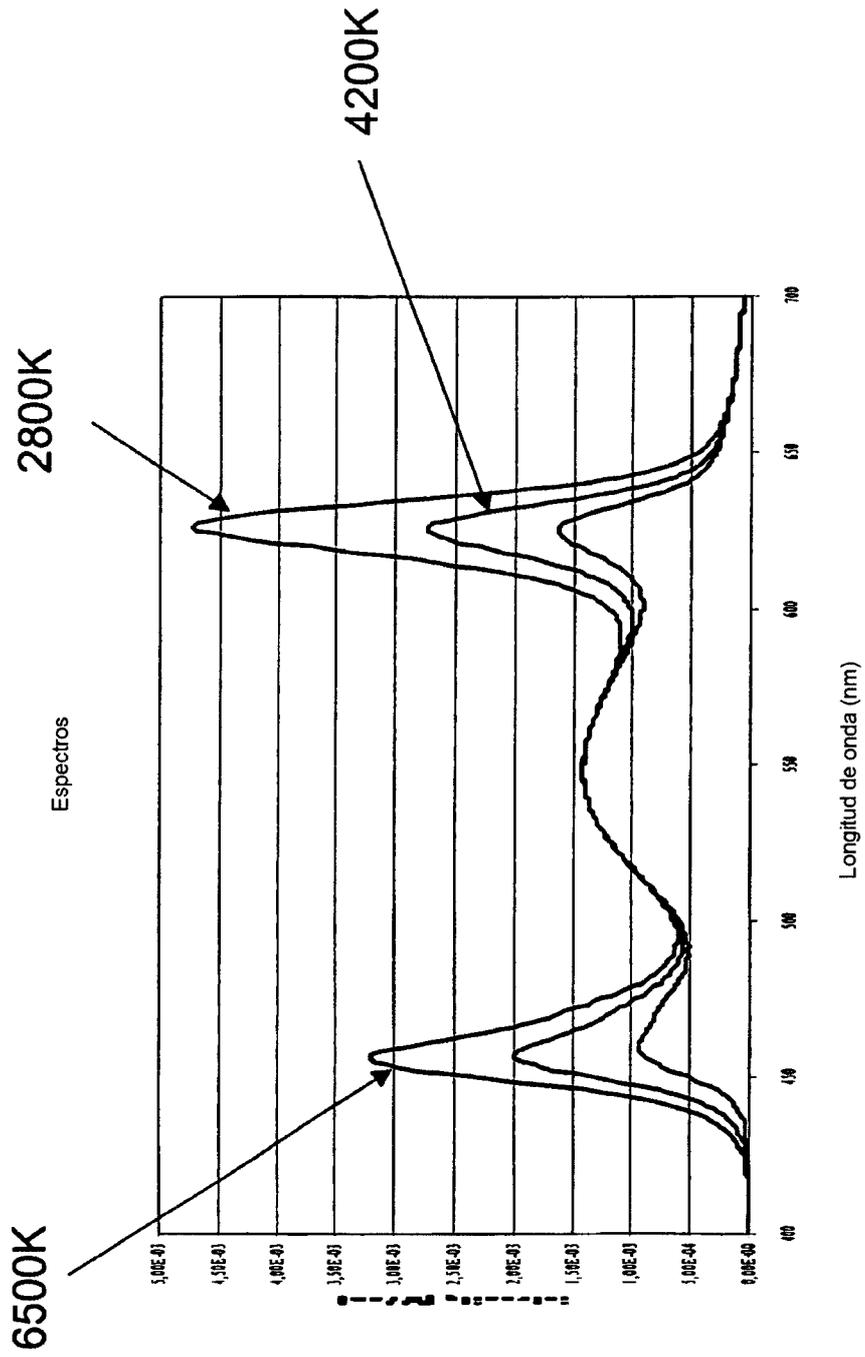


Fig. 13: Espectros de distintas temperaturas de color (2800K, 4200K, 6500K)

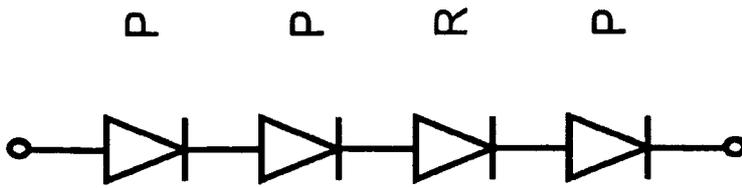


Fig. 14 - Diagrama unifilar con 3 LEDs en serie

3 unidades de LEDs del grupo P
1 unidad de LED del grupo R

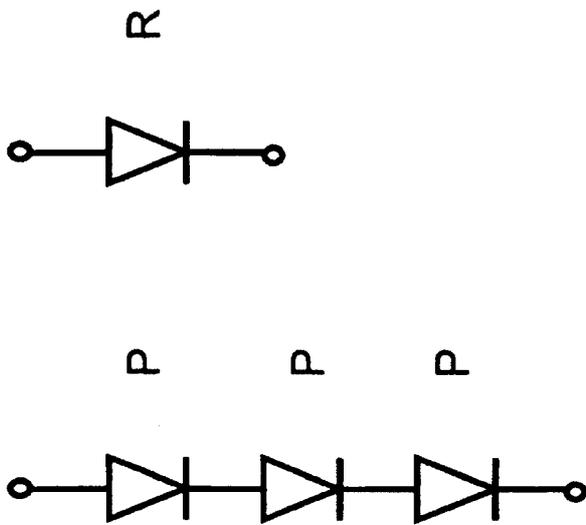


Fig. 15 - Diagrama unifilar con 4 LEDs controlables y regulables por separado

- 3 unidades de LEDs del grupo P
- 1 unidad de LED del grupo R

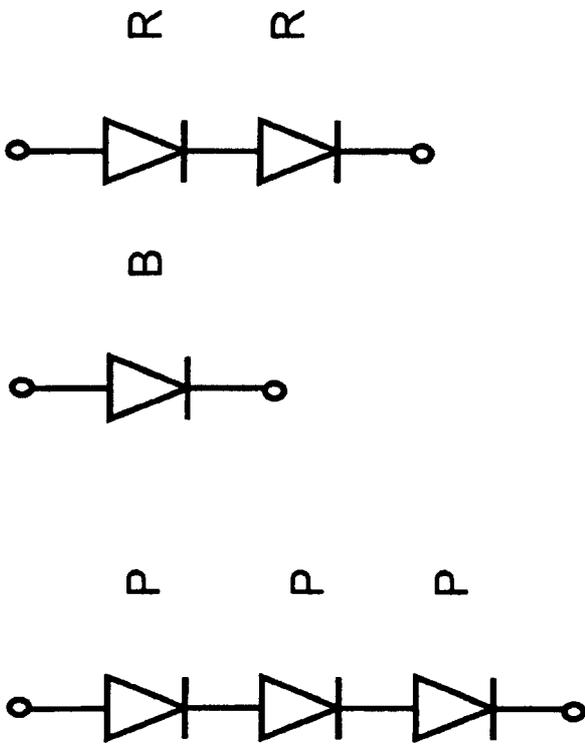


Fig. 16 - Diagrama unifilar con 6 LEDs controlables y regulables por separado

- 3 unidades de LEDs del grupo P
- 1 unidad de LED del grupo B
- 2 unidades de LEDs del grupo R

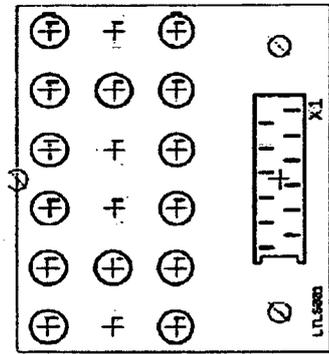


Fig. 17 - Módulo LED con 18 LEDs controlables y regulables por separado

- 12 unidades de LEDs del grupo P
- 2 unidades de LEDs del grupo B
- 4 unidades de LEDs del grupo R

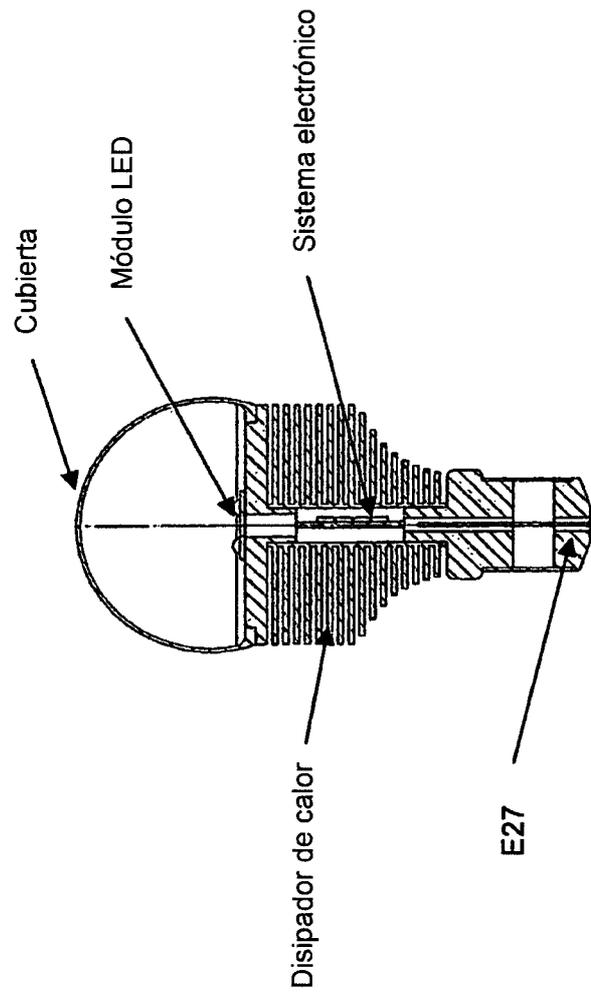


Fig. 18 - Medio de iluminación LED con casquillo estándar E27

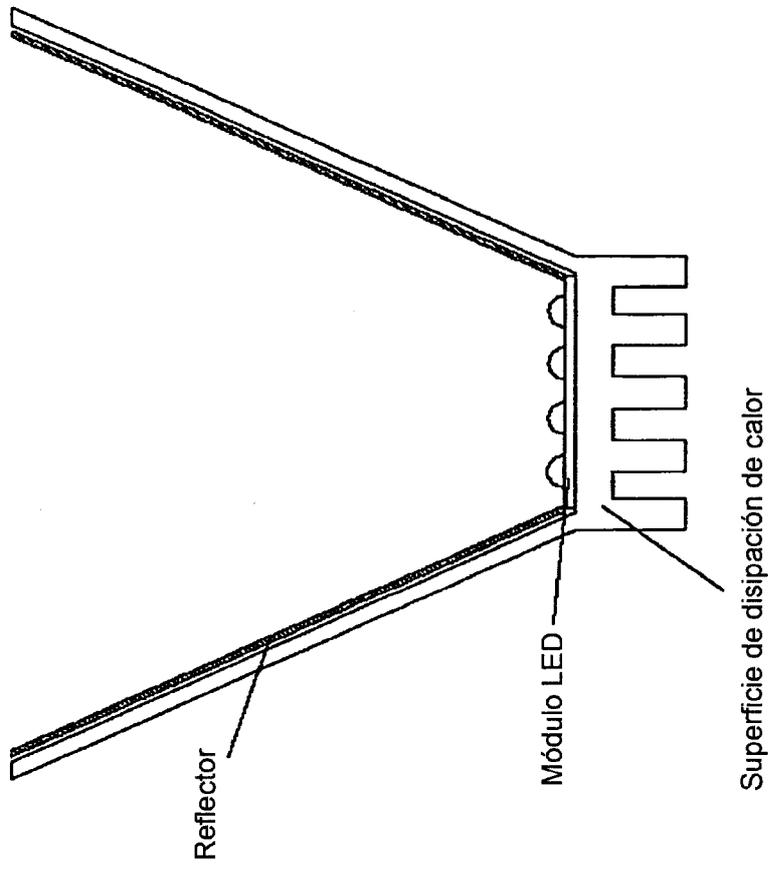


Fig. 19 - Luminaria LED con reflector y varios módulos LED

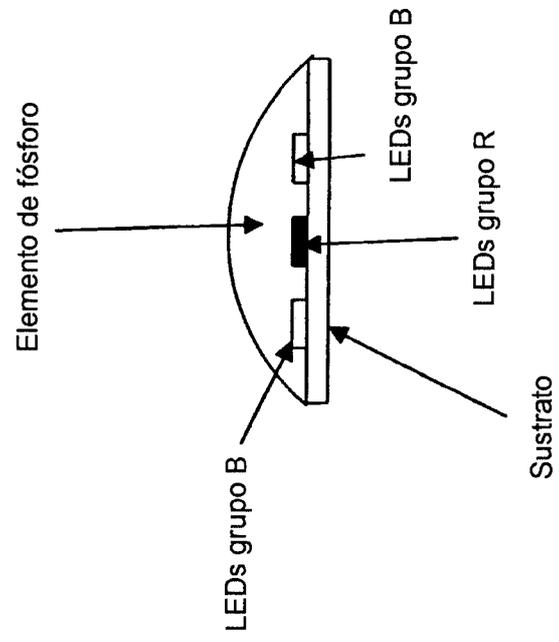


Fig. 20: LEDs azules y rojos debajo de un elemento de fósforo común