

5. Comparaciones entre diferentes tipos de tecnologías

En el capítulo 3 vimos las tecnologías que existen actualmente, y vimos su funcionamiento generar así como algunas de sus características principales. Ahora profundizaremos en estas características. Viendo sus usos cotidianos, los recomendados por el Fideicomiso para Ahorro de energía (FIDE) en México, así como las recomendaciones dadas por los fabricantes.

También daremos un poco de teoría y conceptos que son necesarios para dar una comparación con bases sólidas y tener un mejor criterio para la comparación de nuestras luminarias, además de ver un poco de los diferentes tipos de balastos que nos ayuda a encender nuestras lámparas.

Empezamos con las definiciones de muchos conceptos que utilizaremos para nuestro análisis

Primero nos adentraremos a los conceptos de radiación lumínica, esto con el fin de conocer las longitudes de onda con las que cuentan los distintos tonos de luz visible. Ya que muchos de los conceptos básicos de iluminación de basan en estos conceptos.

La luz visible, que llega a nuestros ojos y nos permite ver, es un pequeño conjunto de radiaciones electromagnéticas de longitudes de onda comprendidas entre los 380 nm. Y los 770 nm. Claro esto se refiere a su espectro electromagnético, que comprende tipos de ondas como los rayos cósmicos, los rayos gamma, los ultravioletas, los infrarrojos y las ondas de radio o televisión entre otros. Cada uno de estos tipos de onda comprende un intervalo definido por una magnitud característica que puede ser la longitud de onda (λ) o la frecuencia (f). Recordemos que la relación entre ambas es:

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

Donde c es la velocidad de la luz en el vacío ($c = 3 \cdot 10^8$ m/s)

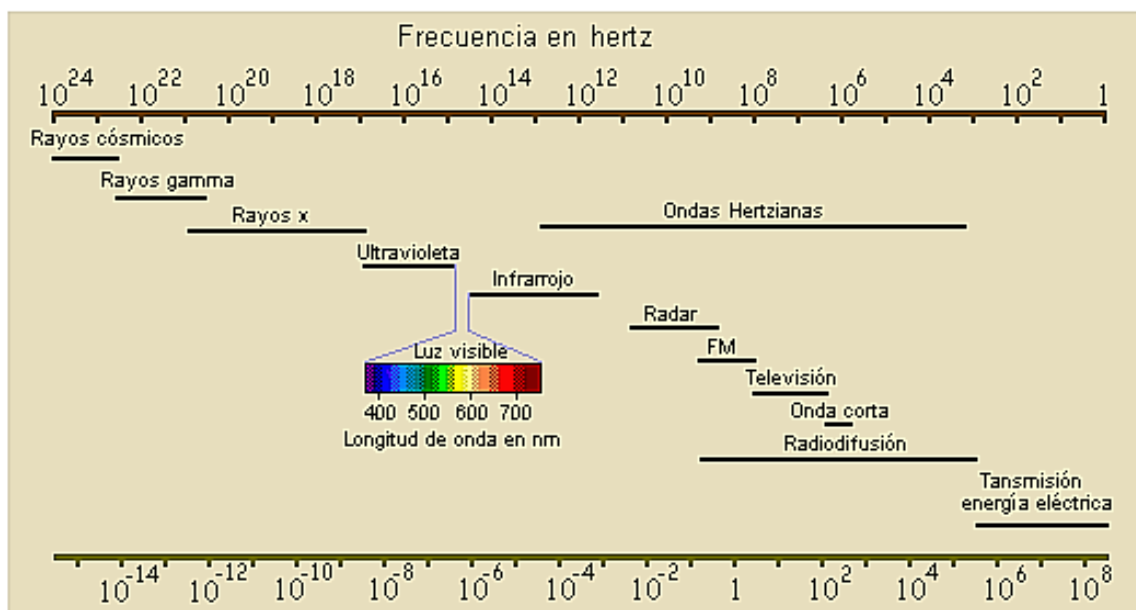


Imagen 5.1 longitud de onda del espectro electromagnético

El ojo humano sólo es sensible a las radiaciones pertenecientes a un pequeño intervalo del espectro electromagnético. Son los colores que mezclados forman la luz blanca. Su distribución espectral aproximada es:

TIPO DE RADIACIÓN	LONGITUDES DE ONDA (NM)
Violeta	380-436
Azul	436-495
Verde	495-566
Amarillo	566-589
Naranja	589-627
Rojo	627-720

Tabla 5.1 longitudes de onda de los diferentes colores

Estas ondas del espectro son transmitidas todas juntas en lo que llamamos luz blanca, estos haces de luz blanca pueden ser descompuestos en las demás longitudes de ondas que pertenecen a los demás colores que nosotros podemos ver. Por medio del fenómeno de reflexión y reflexión es como nosotros podemos ver los colores de las cosas, esto sucede en el momento en que el haz de luz blanca choca contra un objeto, el objeto absorbe un limitado rango de las longitudes de onda, el resto al chocar con el objeto y entrar en nuestros ojos. Las componentes reflejadas son las del color que percibimos, si el objeto que vemos nos párese blanco es porque el material refleja todo el haz y cuando lo vemos negro es porque el material absorbe todas las longitudes de onda.

Para el análisis de la comparación de las tecnologías de iluminación es necesario entender como funciona el ojo humano ya que el propósito de la iluminación es hacer posible la visión. Solo cuando entendamos el funcionamiento del ojo podremos entender como proporcionar luz adecuada para la realización de las tareas visuales con exactitud, comodidad y con un mínimo de esfuerzo y de fatiga.

El ojo es un órgano sensitivo que recibe la luz procedente de los objetos. La enfoca sobre la retina formando una imagen y la transforma en información comprensible para el cerebro. La existencia de dos ojos nos permite una visión tridimensional o estereoscópica.

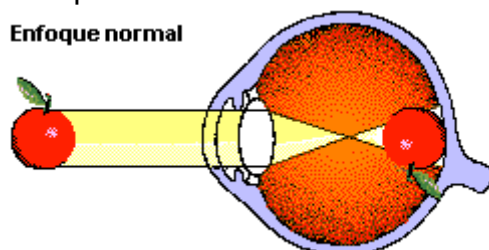


Imagen 5.2 estructura del ojo humano

Otra característica de cómo nuestro ojo capta las imágenes es que lo hacen de manera invertida. Las partes que mas nos interesan del complejo conjunto que

forman el órgano del ojo veremos aquellos que nos permiten la percepción de los colores y los que son sensibles a los niveles de iluminación

Conos son los receptores de la retina que hacen posible la discriminación de los detalles finos y la percepción del color. Son insensibles a los niveles bajos de iluminación; se encuentran principalmente cerca del centro de la retina, con mayor concentración en la Fóvea, que es una zona de 0,3 mm. de diámetro aproximadamente, que solo esta compuesta de conos. Es en la Fóvea donde el ojo enfoca, involuntariamente, la imagen de un objeto que deba ser examinado minuciosamente.

Los bastones son los receptores de la retina, sensibles a niveles bajos de iluminación. No responden al color y existen solamente fuera de la región Fóveana, aumentando su número a medida que aumenta su distancia a la Fóvea, La parte más superficial de la retina, compuesta principalmente de bastoncillos, no ofrece una visión precisa, pero es muy sensible al movimiento y a las oscilaciones luminosas.

Fóvea o mancha amarilla. Es una pequeña depresión, poco profunda, situada en la retina donde solo hay un tipo de células nerviosas: los conos. Es el área de mayor agudeza visual ya que aquí se concentran las imágenes procedentes del centro del campo visual

Púrpura retiniana (rhodopsin). Es un líquido purpúreo que se encuentra en los bastones, sensible a la luz, y se decolora rápidamente cuando es expuesto a ella. Su regeneración es un factor importante en la adaptación a la oscuridad.

Punto ciego. Es el punto de la retina por donde entra en el ojo el nervio óptico, el cual conduce las sensaciones de luz al cerebro. En este punto no hay bastones ni conos y por consiguiente un estímulo de luz no provoca sensación alguna.

Las partes que nos muestran al mundo como lo percibimos, por lo antes mencionado, son los bastones y los conos. Ahora veamos como se encuentran en nuestro ojo y como sacar provecho de sus características.

Bastones	Conos
Captan luz escotó pica	Captan luz fotopica
Alta sensibilidad a baja luz (luz nocturna)	Resuelven los detalles bajo una buena luz
Identificación pobre de color, detalles	Buena identificación de colores (visión de colores)
Ciegos a luz roja	
Sensibles al movimiento	

Tabla 5.2 comparación entre conos y bastones

Estas distintas formas en que nuestro ojo ve las cosas con los niveles de flujo luminoso que se va presentando con respecto el sol cambia de posición al surcar el cielo en el día. Dio pie a una serie de investigaciones para buscar las radiaciones de luz que captamos normalmente y más específicamente para

encontrar los niveles máximos que nuestra visión nos puede brindar, en términos de nm (longitud de onda)

La sensibilidad del ojo a las distintas longitudes de onda de la luz del mediodía soleado, suponiendo a todas las radiaciones luminosas de igual energía, se representa mediante una curva denominada “*curva de sensibilidad del ojo*” ó “*curva V*”

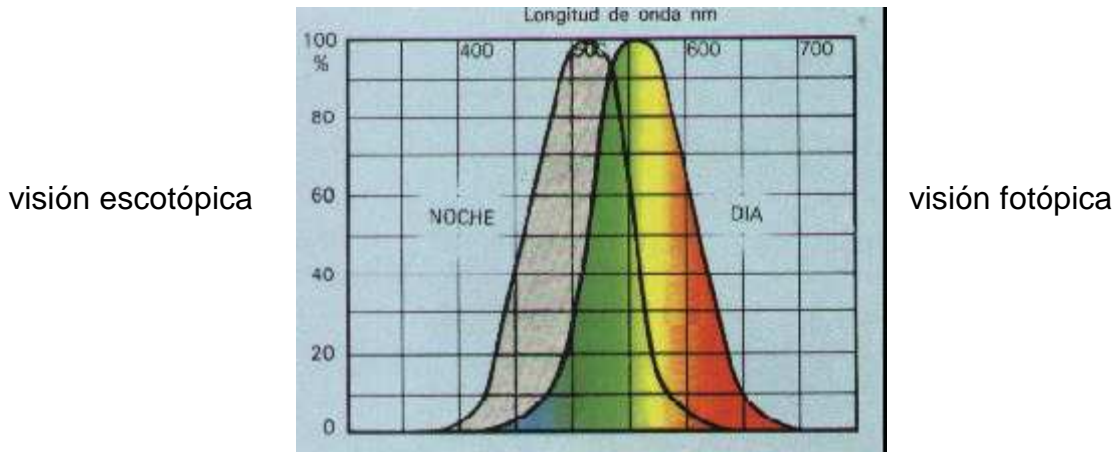


Imagen 5.3 curvas de sensibilidad del ojo en día y noche¹

El ojo tiene su mayor sensibilidad en la longitud de onda de 555 nm que corresponde al color amarillo y verdoso, y la mínima a los colores rojo y violeta. Esta situación es la que se presenta a la luz del día ó con buena iluminación y se denomina “*visión fotópica*” (actúan ambos sensores de la retina: los *conos* y los *bastoncillos*)

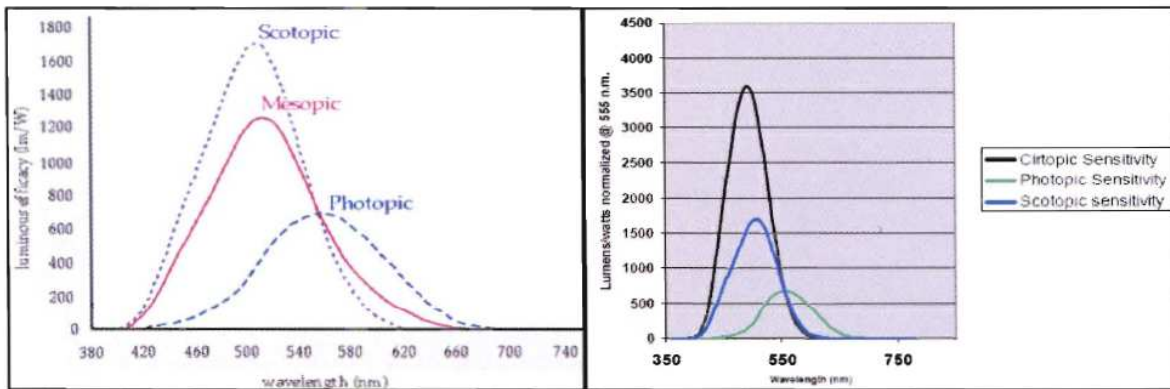
“En el crepúsculo y la noche, (“*visión escotópica*”) se produce el denominado Efecto Purkinje, que consiste en el desplazamiento de la curva VI hacia las longitudes de onda más bajas, quedando la sensibilidad máxima en la longitud de onda de 507 nm. Esto significa que, aunque no hay visión de color, (no trabajan los conos) el ojo se hace relativamente muy sensible a la energía en el extremo azul del espectro y casi ciego al rojo; es decir que, durante el Efecto Purkinje, de dos haces de luz de igual intensidad, uno azul y otro rojo, el azul se verá mucho más brillante que el rojo”.²

“A finales del 2002 se encontró otro tipo de visión que tiene nuestra vista, se trata de un receptor fotosensible de la retina localizado en las regiones no centrales del ojo, se le nombro como “*melanopsin*” y su pico sensible ocurre cerca de los 482nm . La función principal de estas células es afectar directamente las partes del cerebro responsables de las funciones de la vista sin imágenes tales como la regulación cicardiana, esto se refiere al ciclo del sueño o del cansancio y la variación del tamaño de la pupila.

1. Documento El paradigma de la medición de luz por métodos convencionales proporcionado por el Ing. Alex Ramírez
2. Ing. Alex Ramírez consultor. Conferencia Conceptos Modernos sobre Luz Blanca y los Métodos de Medición Marzo 5 de 2009

Aparte de este descubrimiento, los científicos han observado en la práctica que estos receptores pueden explicar la conocida percepción del brillo, y la idea de ver más brillo en la luz más rica en temperaturas de color altos (tonos conocidos como fríos, azul violeta etc.) que la vista en luz con temperatura de color baja (rojos, anaranjado, etc.), ambas con mediciones iguales de lúmenes medidas con los luxómetros. Esto se debe a que los luxómetros que usamos en el campo están diseñados bajo el concepto de que solo existen 2 tipos de visiones de la luz, la fotópica y la escotópica, por lo que hay que dar un cambio en el paradigma de la medición de la luz tanto radiada (lúmenes) como la incidente (luxes)".¹

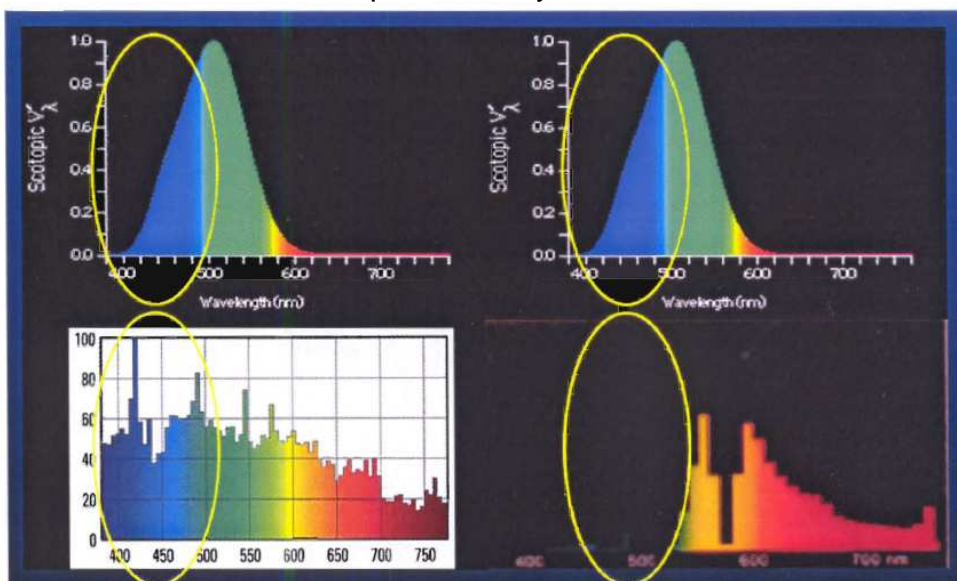
Lo primero que se ve modificado es la relación en las curvas de sensibilidad que se usaban en el pasado, ahora tenemos 3 curvas independientes con 3 puntos máximos de percepción a diferentes longitudes de onda, esto se ve mucho mas claro en las siguientes gráficas.



Curvas de Sensibilidad del Ojo Humano: Fotópica (P), Mesópica (M), Escotópica (S) y Cirtópica (C)

Graficas de sensibilidad del ojo humano¹

Y hay que ajustar los niveles de iluminación y de percepción de la luz con las nuevas gráficas. Acerca de que con un cierto tipo de iluminación algunos colores se hacen opacos y otros mas claros,



Curva escotópica y cromas de lámparas de vapor de aditivos metálicos (izquierda) y vapor de sodio en alta presión (derecha).

1. Documento El paradigma de la medición de luz por métodos convencionales proporcionado por el Ing. Alex Ramírez

5.1. Criterio de comparación

Con los conceptos vistos hasta este momento podemos definir el método de comparación para los sistemas de alumbrado que hemos visto. Esto con el fin de hacer una comparación fidedigna y ecuánime para determinar los sistemas de iluminación que se ajusten a nuestras necesidades sin descuidar nuestro objetivo, el ahorro energético.

Una de las bases que usaremos para la sustitución adecuada es el trabajo realizado por los escritores de las normas antes citadas. Para esto dividiremos nuestro criterio en dos fundamentales. Un criterio exclusivo y apropiado para todo aquel sistema de alumbrado interior, claro que aquí habrá algunos sub. criterios para áreas específicas donde las diferentes características de las lámparas son necesarias, llámese a esto el rendimiento de color, la eficiencia lumínica, la temperatura de color, y toda aquel plus que el lugar necesite para mejorar la calidad del trabajo realizado. Y se usara otro criterio diferente, que se aplicara a todo aquel sistema exterior de iluminación, el cual también contara con diferentes niveles cualitativos de CRI, temperaturas de color, vida útil.

Aparte de que nuestra selección de alumbrado idóneo para el cambio se base en lo antes mencionado es necesario tener en cuenta la potencia que requieren los diferentes tipos de lámparas, recordemos que nuestro objetivo en esta propuesta es el ahorro energético, para tener un funcionamiento eficiente. Otra cosa que llama la atención cuando se comparan las tecnologías y sistemas de alumbrado son sus formas, aclarando aquí que por forma me refiero al tipo de bulbo que tiene, así como la base que se usa para su conexión, en generar en su luminaria.

Veamos primero la estructura a seguir para los sistemas de iluminación interna para todos los lugares residenciales y no residenciales que se encuentran en nuestro análisis de las lámparas usadas en dependencias, laboratorios bibliotecas salones y demás lugares cerrados. Lo que nos interesa es mantener el flujo luminoso en las áreas para ello nos apoyamos en las normas donde nos dicen los DPA y los niveles de luxes que se necesitan por área de trabajo. Pero también nos basamos en la capacidad que se encuentra instalada en los lugares que encontramos.

El procedimiento de esta comparación fue el siguiente. Se revisaban los niveles de iluminación de las lámparas instaladas si estos concordaban con los niveles propuestos en las normas se colocaba en la base de datos, las lámparas que no cumplían con los luxes necesarios marcados se eliminaban de la base de datos y se marcaban como urgente para realizarse el cambio. Este fue nuestro primer filtro para descartar las lámparas obsoletas que se utilizaban en los lugares donde la iluminación necesitaba mas luxes y lúmenes, para la parte de los reflejos por desgracia no podían ser usadas para la propuesta ya que es algo que cambia dependiendo de los materiales de las paredes y cosas que reflejen los haces de luz y los colores de las mismas, y esto es algo que no podemos prevenir así que se tuvo que hacer otro tipo de criterios.

El siguiente paso que se planteo fue hacer otra base de datos con todas las lámparas que podrían ser ocupadas. Y los criterios que usamos son: comparar la lámpara que sabemos que cumple con los niveles de luxes; buscamos otro tipo de lámpara que contenga los mismos niveles de iluminación, esta información nos la da los fabricantes, ya teniendo las posibles lámparas para el cambio hay que tener mucho cuidado de revisar que las otras características también se mantengan mas o menos similar, esto por el problema del brillo y del resalte de las cosas, si no podemos controlar la reflexión del haz de luz si podemos hacer que las lámparas cambiadas proporcionen la misma longitud de onda para que el reflejo en las cosas se mantenga con un porcentaje de error muy reducido. Aquí unos ejemplos de esta parte del estudio

CARACTERISTICAS	SISTEMA CONVENCIONAL	SISTEMAS PROPUESTOS	
	T 12	T 8	T 5
Modelo		F17T8/TL830	F14W/T5/HE/830
Marca		Philips	GE
Potencia nominal Watts	20	17	14
Bulbo	T12	T8	T5
Flujo Luminoso mínimo Lúmenes	1,100	1,300	1,350
Eficacia mínima lm/W	55	75	96
Temperatura de Color K	2,900	3,000	3,000
Tipo de luz	BC	BC	BC
CRI mínimo	85	85	85
Vida útil mínima Horas	7,500	20,000	20,000
Base	Fa8	G13	15
Encendido de lámpara	ER	ER	ER
Tipo de balastro	Electromagnético	Electrónico	Electrónico
Factor de balastro		1.00	1.06
Diámetro y longitud	38mm, 558mm	26mm, 610mm	16mm, 610mm
Observaciones	Alto rendimiento de color	Sello FIDE	Usar reflector especular
Potencia del sistema 2X20 W	50	39	34

Tabla 5.1.1 ejemplo de comparación de tecnologías en lámparas

Este es el formato que se dio para todas las comparaciones. Podemos ver claramente como se realizo la comparación. Vemos que en el sistema convencional se anotan todas sus características, estas son las que compararemos; después con las bases de datos, claro para saber con que tipo de tecnología se pueden cambiar nos basamos en las recomendaciones del FIDE y en las que nos dan los fabricantes, revisamos que tipo de lámpara nos da los niveles de iluminación similares a la lámpara actualmente instalada, en este ejemplo vemos como el tubo T12 nos da 1,100 lm. y las propuestas nos dan 1,300 la T8 y 1350 la T5 por lo que son perfectas para proponer el cambio. Podemos ver que los factores importantes que tenemos que tener en cuenta para la correcta sustitución de las lámparas son muy variadas, por un lado esta el índice de rendimiento de color, recordemos que esto se refiere al porcentaje en que la luz emitida resalta los colores de las cosas en donde los haces de luz

choque y que la referencia es el 100% para luz de día, en este caso las 3 lámparas poseen los mismos valores de rendimiento de color, esto es favorable a la hora de la sustitución, ya que nos garantiza que el brillo que nos proporcionan las lámparas es muy similar, otro factor que podemos ver en las comparación es la temperatura de color, vemos que estos también son similares ya que esta característica nos dice que tipo de luz es, y que colores se ven mejor bajo su haz luminoso, pero en lo generar nos da el área en que podemos instalar la lámpara.

Las demás particularidades que nos ofrecen las lámparas, son el segundo nivel de comparación. Aquí esperamos que las lámparas propuestas sean mejores que las lámparas a sustituir, en primer lugar se tiene que comparar la potencia que gasta la lámpara a sustituir, comprobando que la lámpara que pensamos sustituir no solo mantenga los niveles adecuados de iluminación si no que lo haga a una potencia menor, lo que nos daría como resultado el ahorro en energía eléctrica. Para evitar futuros gastos esta estandarización contempla las mejores tecnologías que tenemos en este momento.

Otro aspecto que es necesario comparar es la forma de los luminarios y la dimensiones que estos tienen y como se colocan las lámparas, me refiero a la rosca o forma de conexión, estas deben ser iguales para evitar gastos en el cambio del sistema, en el ejemplo se muestra que el sistema convencional y los sistemas propuestos coinciden en tener una base ER esto nos permitir utilizar los mismos luminarios, teniendo cuidado en el tamaño del gabinete para que las nuevas lámparas ajusten en esté.

Al final de la tabla comparativa tenemos la potencia que consumiría un sistema de lámpara 2X20 incluyendo el factor de balastro, esto nos permite observar en qué forma nos beneficiamos con el cambio, cabe aclarar que aquí solo se está ejemplificando un poco el cambio, los horas en consumo y en potencia facturable se verán en el capítulo siguiente; Aquí podemos ver como la lámpara actual nos costaría 50 W por el sistema completo, en cambio en el mejor de los casos se propone un consumo no mayor de 39 W viendo un ahorro notable en el sistema. Aunque el ahorro en la potencia es buena también hay que pensar en el beneficio ecológico, no solo ahorramos la energía eléctrica que consume la lámpara, sino que al ser un sistema tecnológicamente superior su vida útil mejora, así evitamos el cambio constante de tubos y también el gasto en mantenimiento.

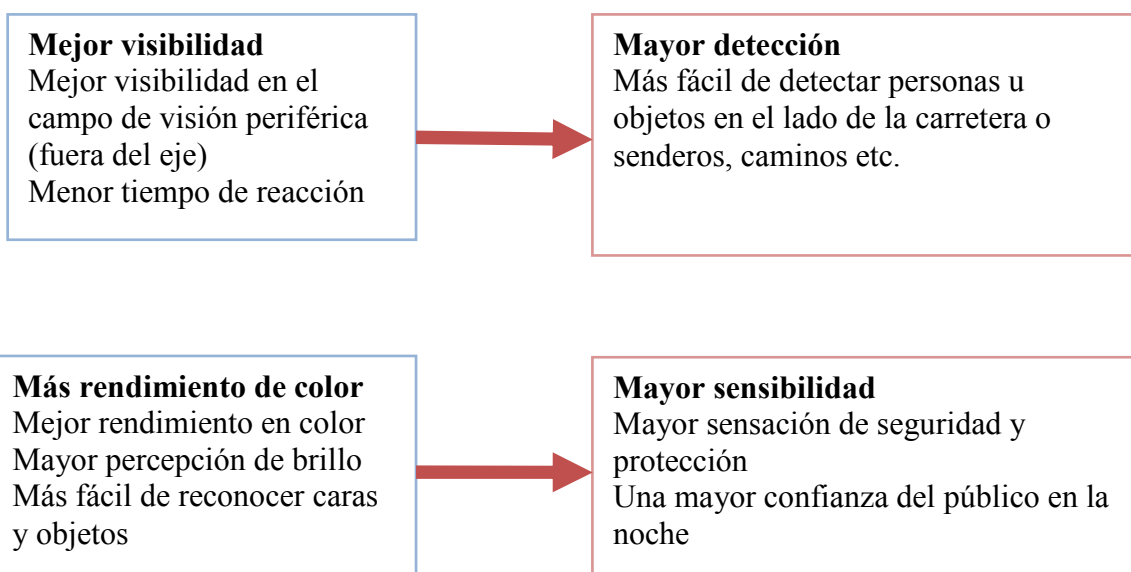
Por otro lado el criterio para las lámparas situadas en exteriores fue un poco diferente, en este capítulo 5 comenzamos dando una breve explicación de la teoría usada para el criterio de comparación para alumbrado exterior. Esta teoría nos fue proporcionada por el ingeniero Álex Ramírez el cual nos explica que los lúmenes que tomamos en ese alumbrado son incorrectos; que existe una modificación en el brillo de la luz blanca que no es posible medir con los luxómetros actuales, solo por un radiómetro₂

Según lo visto al principio del capítulo 5 podemos saber que las comparaciones hechas en el alumbrado exterior no pueden hacerse con el mismo criterio de comparación que usamos para la iluminación interior. Esto debido a las curvas vistas al principio del capítulo; estas curvas nos dicen que bajo las condiciones de usar diferentes niveles de iluminación continua, como es el caso del alumbrado exterior, el punto más alto de las gráficas de la forma en que nuestro ojo ve mejor los colores, brillo y luminiscencia se mueve un poco del punto máximo que conocemos. Así que el ingeniero Alex Ramírez, quien ha cooperado junto con Proyectos de Ahorro de Energía para la propuesta de estandarización en el alumbrado exterior, con su gran práctica en alumbrado nos orienta en la forma correcta en que deben compararse las lámparas para este fin.

El ingeniero Ramírez dice que nuestros luxómetros nos engañan, que los niveles de lúmenes que marca son menores en algunos casos y mayores en otros. Que nuestro ojo ve otras cosas además de los lúmenes, y con esto se refiere al fenómeno conocido como brillo de la luz blanca nos explica que el nivel más alto de iluminación es la luz de medio día que nos brinda el sol, la cual es luz blanca, y en la mañana y en la noche la luz solar se presenta de forma amarilliza, estos momentos son los dos momentos del día con menos intensidad luminosa presentada por el astro.

Con esto el ingeniero nos permite darnos cuenta que aunque nuestros luxómetros nos marquen la misma cantidad de luz en una lámpara con tonos amarillos o rojos que una lámpara que nos brindan luz blanca o tonos azules, esta última nos brindará mejor confort a nuestro ojo, debido a el fenómeno del brillo de la luz blanca.

Con el brillo de la luz blanca y la medición de los niveles de iluminación con un radiómetro podemos ver otros beneficios que la luz blanca tiene en comparación con la amarilla..



Mejor percepción

Mayor percepción de brillo
Buen rendimiento en color

Más eficiencia con luz azulada que amarilla

En relación con la visión mesopica (mesopic): la eficacia luminosa de la luz amarilla y que provienen de la luz blanca es el aumento de las fuentes

Ya que se aclaró cuáles son las verdaderas ventajas de usar la luz blanca hay otras cosas que el Ingeniero nos muestra en su presentación de alumbrado público también hace otro tipo de comparaciones entre las tecnologías que existen actualmente para alumbrado público, identificando las características que a él le parecen las más importantes

Aquí el ingeniero enumera las características que nos dan los fabricantes, explica que este no es el criterio que el usa para designar la tecnología más apta para el alumbrado público, más bien nos presenta características propias de las lámparas. Sin embargo esta tabla nos sirve para ejemplificar como las tecnologías que nos proporcionan luz blanca presentan las ventajas que ya se mencionaron. Vemos en las lámparas de inducción su alto rendimiento de color, su vida útil superior, y una eficacia mayor que sus competidoras.

Esto nos sirve precisamente para ejemplificar con mayores pruebas lo que le ingeniero Alex Ramírez nos propone acerca de los beneficios de usar lámparas que proporcionan luz azul. Como ejemplo en la tabla anterior tenemos las lámparas de inducción; Podemos ver que esta tecnología nos proporciona un mayor rendimiento de color que las otras lámparas encontradas en el mercado, lo que nos brinda mejor percepción no solo de los colores sino de todo el entorno que está siendo iluminado por su luz, su eficiencia lumínica, que está definida como su luminiscencia que nos brinda contra la potencia que usa para producirla, es muy alta lo que nos demuestra de lleno su ahorro energético. Aparte de esto se ve que todas las lámparas cuentan con dos rangos de eficacia, esto se debe a que con el nuevo concepto de máximos valores de percepción es necesario ajustar nuestras mediciones de luminiscencia.

CARACTERÍSTICAS	VAPOR DE SODIO ALTA PRESION BC	VAPOR DE ADITIVOS METALICOS BC C	VAPOR DE ADITIVOS METALICOS BC PS	INDUCCION HT	LEDs BLANCO HT
Electrodos de Arranque	Sin	Con	Con	Sin	Sin
Vida nominal (Hr)	24,000	18,000	20,000	100,000	100,000
Vida Util (L ₇₀) (Hr)	18,000	12,000	18,000	60,000	50,000
Depreciación de Lúmens de Lámpara (Adim)	0.7 a 0.8	0.4 a 0.55	0.55 a 0.65	0.85 a 0.9	0.5 a 0.7
Rango de Eficacia (lm _{conv} /w)	50 a 140	40 a 110	70 a 120	65 a 90	25 a 83
Rango de Eficacia (lm/w)	28 a 80	60 a 160	110 a 190	110 a 160	40 a 140
Velocidad de Encendido (Im ₉₀)	0.5 a 2 min	2 a 5 min	1 a 3 min	Menos de 0.5 seg	Menos de 0.5 seg
Sensación visual	Efecto de aura	A veces lóbrego	A veces lóbrego	Muy natural	Natural a Muy Natural
Parpadeo visible (fkr)	Bajo	Bajo a Medio	Bajo a Medio	Muy bajo	Nulo
Ruido audible	Bajo	Bajo	Bajo	Muy bajo	Muy bajo
Balastro / Controlador	Mag. ó Eln. LF	Mag. ó Eln. LF	Mag. ó Eln. LF	Generador HF	Controlador CD
Puntos de falla	Medios a Altos	Medios a Altos	Medios a Altos	Bajos	Bajos
Pérdidas balastro / controlador	De medias a bajas	De medias a bajas	De medias a bajas	Muy bajas	Muy bajas
Velocidad de Reencendido (Im ₉₀)	Menos de 1 min	6 a 15 min	2 a 6 min	Menos de 0.5 seg	Menos de 0.5 seg
Factor de Daño	Medio	Medio a alto	Medio a alto	Muy bajo	Nulo
Indice de Rendimiento de Color (Adim)	21	65	65 a 75	80 a 90	45 a 85
Coefficiente de Utilización	Medio	Medio	Medio	Bajo a Alto	Muy Alto
Garantía	2 a 3 años	2 a 3 años	1 a 3 años	3 a 5 años	1 a 3 años
Costo inicial para potencia equivalente	Medio	Medio a Alto	Alto	Muy Alto	Muy Alto
Costo de Operación	Medio	Alto	Muy Alto	Muy bajo	Muy bajo

Alex Ramirez, Consultor 1

Tabla 5.1.1 características lámparas exterior¹

Para estos nuevos valores de eficiencia lumínica se hace una relación directa entre la temperatura de color, el rendimiento de color y las cromas, esto se ve reflejado en las siguientes gráficas.

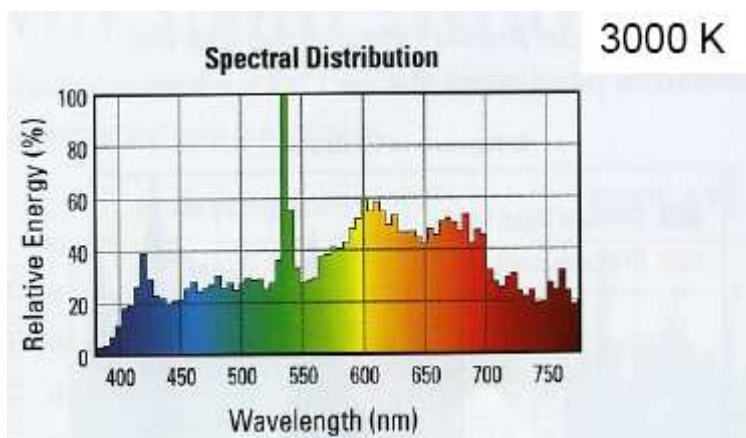


Imagen 5.1.1 distribución energético a temperatura de 3000 k¹

1. Ing. Alex Ramirez consultor. Conferencia Conceptos Modernos sobre Luz Blanca y los Métodos de Medición Marzo 5 de 2009

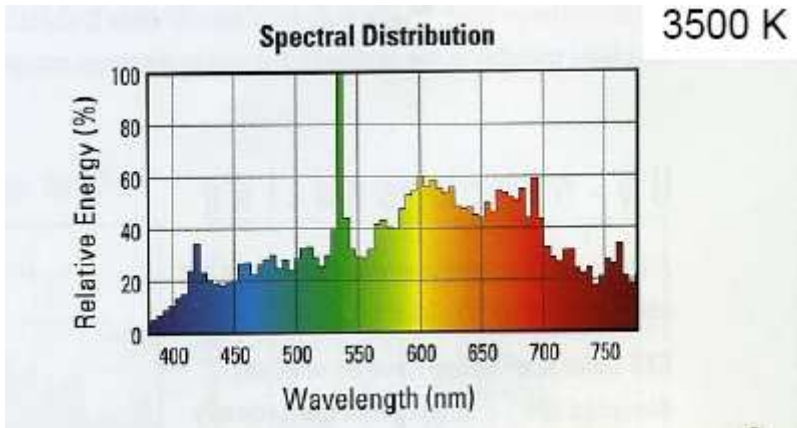


Imagen 5.1.2 distribución energético a temperatura de 3500 k¹

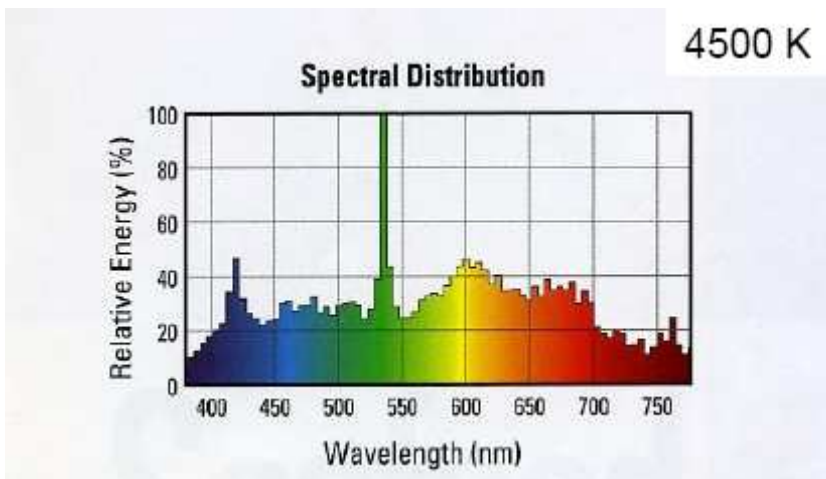


Imagen 5.1.3 distribución energético a temperatura de 4500 k¹

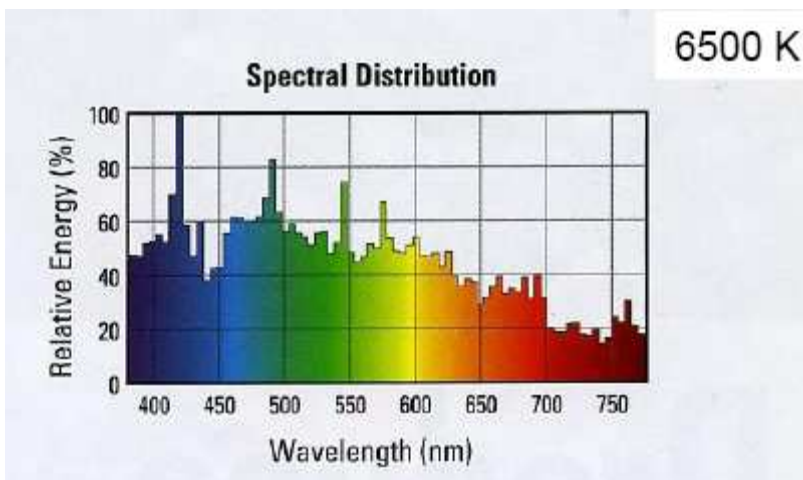


Imagen 5.1.4 distribución energético a temperatura de 6500 k¹

1. Ing. Alex Ramírez consultor. Conferencia Conceptos Modernos sobre Luz Blanca y los Métodos de Medición Marzo 5 de 2009

En esta serie de gráficas se midió con el radiómetro a diferentes niveles de temperaturas de color viendo el espectro lumínico en función de la longitud de onda contra la energía relativa y podemos ver como entre mas alto sea la temperatura, hay mas ondas de longitudes 400 a 500 nm (las que corresponden a las azuladas y verdes) esto nos dice que la relación entre el rendimiento de color y la temperatura de color es proporcional a la eficiencia lumínica.

Por ello el ingeniero nos presenta una comparación de S/P, esto se refiere a una relación entre las dos curvas que se muestran al inicio del capítulo 5, estas curvas son las de la visión fotopila (P) y ecotopica (S) para diferentes fuentes luminosas que se encuentran en el mercado actualmente. Esta relación de las gráficas esta hecha mediante un radiómetro, mide las longitudes de onda que saca estas lámparas, se comparan con los puntos en los que se encuentran las curvas de percepción del ojo, y con la comparación se logra una nueva curva que cubre ambas curvas, las características de visión del ojo.

Comparison of s/p ratio for different sources

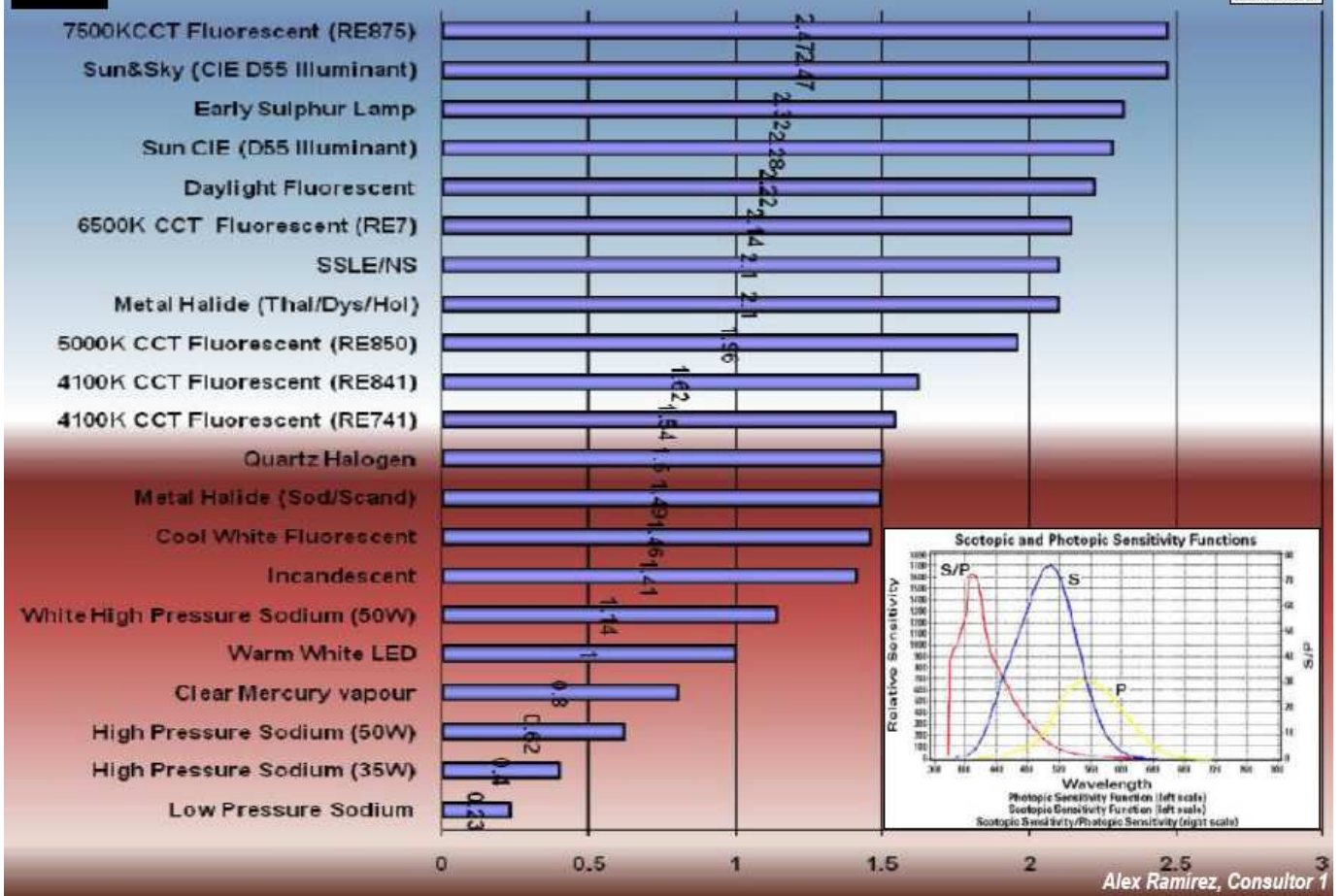


Imagen 5.1.5 comparación de las ondas perceptivas del ojo¹

Ya con esto podemos ver que criterio de comparación nos propone el ingeniero para alumbrado publico, ya vimos que la luz blanca es mejor para estos casos que la amarilla y roja, también vimos que en aspectos de luz para el exterior las curvas del ojo cambian un poco y que la relación de estas curvas cambian el punto máximo de eficiencia para nuestro ojo. Ahora hay que ajustar las mediciones tomadas por los luxómetros y los dados por el fabricante, el ingeniero también nos proporciono una tabla con los nuevos valores de Lx (lúmenes) y los nombra tLx (lúmenes reales).

1. Ing. Alex Ramírez consultor. Conferencia Conceptos Modernos sobre Luz Blanca y los Métodos de Medición Marzo 5 de 2009

FACTORES DE CORRECCION PARA DIFERENTES FUENTES DE LUZ											
LUMENS CONVENCIONALES A LUMENS VERDADEROS											
	Sodio Baja Presión	Sodio Alta Presión (35w)	Sodio Alta Presión (50w)	Sodio Alta Presión (150w)	Vapor de Mercurio (Fosforado)	LED Blanco Cálido	Sodio Blanco	Incandescente Estándar	Fluorescente Blanco Frío	Aditivos Metálicos Fosforado	Halógeno
TCC	1,800	1,900	1,950	2,050	3,000	3,000	2,500	2,650	4,100	3,200	3,000
Mr	556	526	513	488	333	333	400	377	244	313	333
CRI	0	21	21	22	43	80	83	95	62	72	1
S/P	0.23	0.4	0.52	0.55	0.8	1	1.14	1.41	1.46	1.49	1.5
FC Im _{eq}	1.000	1.319	1.642	1.830	1.865	2.086	2.227	2.476	2.520	2.546	2.554
	Fluorescente RE741	Fluorescente RE841	Fluorescente RE850	Aditivos Metálicos Claro	Fluorescente RE765	Inducción 5K	Fluorescente Luz de día	Luz Solar CIE	Lámpara de Azufre	Luz Solar con Bóveda	Fluorescente RE875
	4,100	4,100	5,000	4,200	6,500	5,000	6,300	6,200	6,400	7,000	7,500
	244	244	200	238	154	200	159	161	156	143	133
	72	82	82	65	72	90	75	95	84	99	82
	1.54	1.62	1.96	2.1	2.14	2.21	2.22	2.28	2.32	2.47	2.47
	2.588	2.654	2.920	3.022	3.051	3.061	3.107	3.149	3.176	3.278	3.278

Alex Ramírez, Consultor 1

Imagen 5.1.6 factores de corrección para lúmenes reales¹

Esta tabla nos presenta precisamente la relación S/P que vimos anteriormente, en base a esta relación, y los niveles de temperatura de color, rendimiento de color y las cromas podemos darle un factor de corrección para los lúmenes reales; Lo que es necesario hacer es multiplicar el valor de corrección por el valor de lumen que nos dice los fabricantes que tienen sus lámparas. Con respecto a lo anterior se ve que la tecnología con menos eficiencia lumínica es la lámpara de vapor de sodio a baja presión, en relación a su S/P vemos que es el más bajo entonces este será nuestro referente para los factores de corrección, así le ponemos a este un factor de 1, a partir de ahí el factor va aumentando para todas las lámparas, llegando al valor más alto con la luz solar al medio día.

Con estos factores de corrección se hacen las comparaciones del alumbrado exterior, en lo demás la comparación no llevara conceptos diferentes a los del alumbrado interior. Cabe aclarar que este factor no se utiliza en alumbrado interior por que la iluminación con luz azul o blanca en lugares cerrados produce cansancio y la regulación circadiana puede ser afectada.

2. Ing. Alex Ramírez consultor. Conferencia Conceptos Modernos sobre Luz Blanca y los Métodos de Medición Marzo 5 de 2009