

Estudio sobre proyectores de iluminante de estado sólido

En primer lugar conviene clarificar algunos de los términos principales que se emplearán en este estudio:

ILUMINANTE: El medio o medios que se utilizan para generar luz en la proyección. La lámpara puede ser un iluminante incandescente, ya que se genera la luz sometiendo a un filamento de uno u otro material a una temperatura elevada. En las lámparas de Xenon y similares se genera la luz estableciendo un arco eléctrico entre dos electrodos. El LED es un iluminante electroluminiscente y el LASER genera luz mediante un fenómeno de fotoluminiscencia

MOTOR DE IMAGEN: Es el mecanismo que se emplea para obtener una imagen en proyección al atravesar o ser reflejada la luz por un dispositivo específico, como el panel LCD o el panel DLP

FUNGIBLES: Todos aquellos componentes que se consumen en el proceso de imagen, cuya sustitución es previsible y que presenta una temporalidad bien establecida. Una lámpara, por ejemplo, es un componente fungible. La rueda de fósforo de un proyector laser-led es también un componente fungible.

El primer fabricante que preparó un modelo de proyector basado en iluminante de estado sólido para su comercialización fue Schneider Electric, en el año 2.000. Crearon un proyector basado en tres haces laser que fue presentado en la feria IFA en Berlín. Sin embargo, no llegó a salir al mercado. Se rumoreaba que el coste de desarrollo del equipo fue tan elevado que creó graves problemas a la compañía.

El primer iluminante de estado sólido empleado en proyección comercial fue el diodo LED. Utilizado como motor de imagen en los paneles de matriz LED y manifestando una implantación progresiva en el mercado de iluminación, empezó a utilizarse recientemente en proyección como iluminante.

Existen cuatro formas de emplear el LED como iluminante único en un sistema de proyección.

Bien puede utilizarse según el sistema de los proyectores LCD, es decir utilizando espejos dicróicos y haciendo que la luz atraviese un conjunto de tres paneles LCD, bien puede utilizarse con paneles LCD pero utilizando tres LED en rojo, verde y azul. También puede utilizarse un LED blanco con rueda de color, emulando una lámpara incandescente, y por último pueden utilizarse 3 LEDs RGB como iluminante triple contra un panel DLP.

El proyector LED que se ha venido utilizando en los últimos años utiliza tres iluminantes LED en RGB contra un panel DLP. La generación de imagen es aún secuencial, ya que el sistema utiliza un único panel DLP, pero la secuenciación se logra encendiendo y apagando los iluminantes más que haciendo girar una rueda de color.

La respuesta de encendido/apagado del LED es mucho más rápida que la rotación de segmentos en una rueda de color, con lo que se consiguen evitar la mayor parte de los defectos asociados a estas y obtener a cambio una gran calidad de colorimetría y un contraste muy elevado.

También se han popularizado proyectores que emplean tres motores de imagen basados en chip DLP, iluminados cada uno de ellos con un LED dedicado para cada canal de color. Este sistema permite una gran calidad en colorimetría y un contraste muy elevado

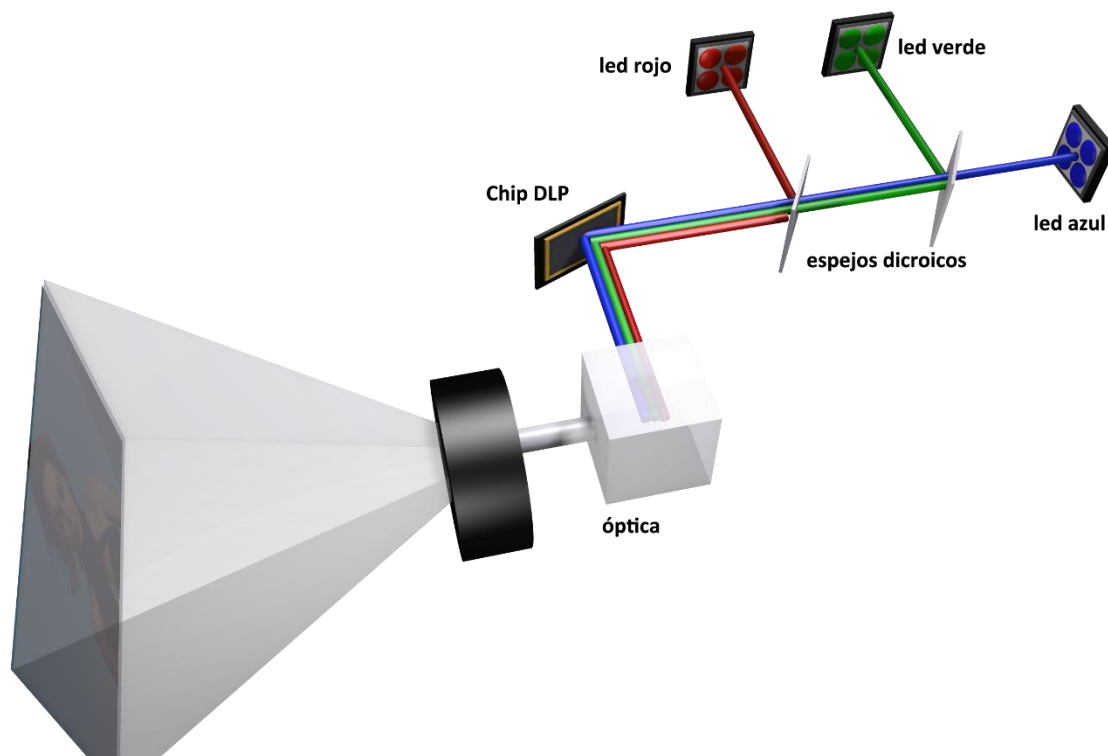


Ilustración 1: Funcionamiento simplificado de un proyector LED

El problema principal de este sistema es la baja luminosidad que puede obtenerse mediante un LED empleado como iluminante para un sistema de proyección. Las estimaciones más conservadoras citan unos 1.000 lm como luminosidad máxima para un proyector que utiliza el LED como iluminante, mientras que estudios más optimistas llegarían hasta los 2.000 lm.

Estas cifras podrían variar con algunos desarrollos innovadores. Hitachi, en concreto, ha iniciado el proceso de lanzamiento de una nueva gama de proyectores que utilizan iluminante de led/fósforo y según los datos iniciales permitirían obtener una luminosidad mayor.

El LED como iluminante presenta sensibles ventajas sobre las lámparas en proyección, dado que la generación de calor es menor y también la disipación energética. Muchas de estas ventajas son compartidas por los sistemas de laser/fosforo

El Laser como iluminante para proyección se basa en la lámpara laser, que utiliza como iluminante un panel de fósforo sobre el que se dirige un haz Laser. Este fósforo, al ser excitado por el láser y mediante un fenómeno de fotoluminiscencia, genera luz.

La lámpara láser se ha utilizado, por ejemplo, en los faros de algunos automóviles en el circuito de Le Mans.

Los proyectores que utilizan bien laser, bien sistemas híbridos Laser-led emplean este principio para iluminar sus motores de imagen.

Mención destacada merecen los proyectores Pure Laser o Genuine Laser, en los que se utilizan tres diodos laser como iluminantes para los canales rojo, verde y azul. Esto permite obtener una colorimetría de gran calidad y una gran potencia lumínica, si bien el uso de estos equipos acostumbra a estar restringido a aplicaciones de requerimientos muy elevados debido al coste de estos equipos.

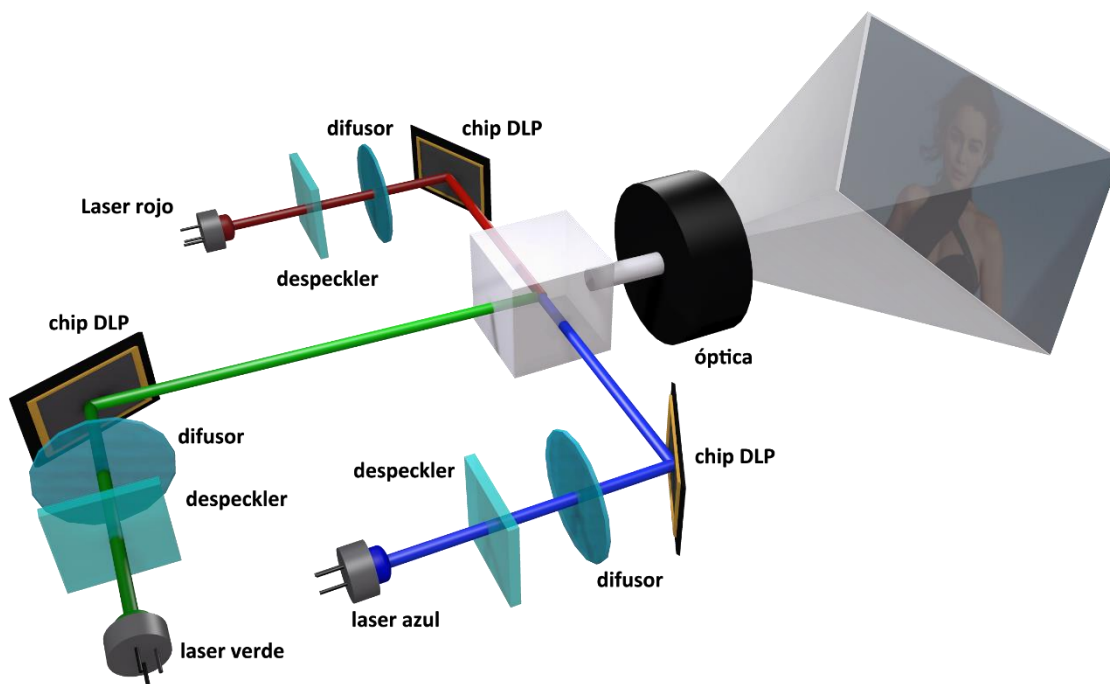


Ilustración 2: Funcionamiento simplificado de un proyector Laser

La mayoría de los fabricantes ha optado por un sistema de laser-fósforo, en el que se utiliza un conjunto de diodos láser azules para excitar una rueda de fósforo de la que se obtiene luz amarilla. Esta luz se divide mediante filtros para obtener los componentes rojo y azul, mientras que el haz directo de láser azul se trata en un filtro difusor.

Otro sistema basado en laser fósforo utiliza una rueda de con segmentos de fósforo verde y fósforo azul y una apertura para la luz láser directa que pasa por un sistema difusor.

La luz así generada se utiliza en el motor de imagen, que puede estar basado en un único chip DLP, un sistema de tres paneles LCD, un sistema de tres paneles LcOS o un sistema de triple chip DLP.

Los proyectores híbridos Laser-Led utilizan el mecanismo anteriormente descrito para obtener el canal de color verde, es decir utilizan un sistema de fósforo excitado por láser para obtener

este color. Se utiliza un LED rojo para este canal de color y la luz azul directa del diodo láser para el canal azul.

Un sistema híbrido anterior utilizaba el láser únicamente para el color verde, siendo los canales rojo y azul generados por sendos diodos LED

Algunos de estos sistemas eliminan a priori el mecanismo de rueda de color, si bien existen muchos modelos que usan un dispositivo de estas características para la separación de la luz amarilla. Sin embargo, la colorimetría tiende a mejorar si el color se genera en el dispositivo de imagen en forma secuencial, es decir encendiendo y apagando cada uno de los iluminantes.

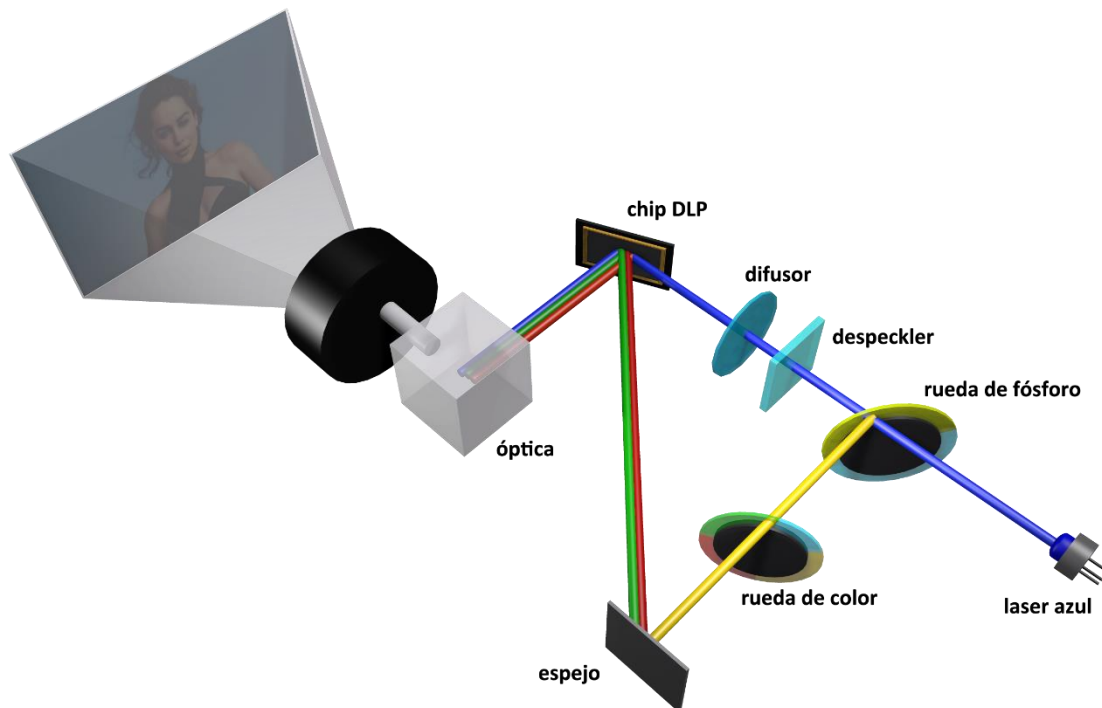


Ilustración 3: Funcionamiento simplificado de un proyector láser-fósforo

Los proyectores con iluminante de estado sólido presentan algunas ventajas con respecto a los proyectores con iluminantes tradicionales, que se resumen en los siguientes puntos:

Consumo: Tanto el LED como el láser consumen menos energía que las lámparas para generar el mismo nivel de luz. Son fuentes de luz con mayor eficiencia energética, con lo que disipan menos energía en forma de calor y permiten obtener un mejor rendimiento. En este sentido el láser es el doble de eficiente que el LED

Durabilidad: Puede esperarse cambiar una lámpara, en función de su régimen de uso, en unas 2.000 a 4.000 horas. La duración de un sistema basado en láser/fósforo se estima en 20.000 h, que es la duración calculada de la rueda de fósforo. Se estima una durabilidad del 80% de luminosidad a las 50.000 horas para el láser azul

Temperatura: Dado que la disipación de calor es menor, un sistema láser/fósforo genera menor temperatura que un sistema de lámpara. Esto facilita la refrigeración del sistema, que en muchos casos es por agua, y al evitarse el reflujo de aire caliente en el sistema de proyección en

ciertas orientaciones, permite que los proyectores que utilizan este sistema admitan cualquier tipo de colocación.

Menor mantenimiento: Se evitan los cambios de lámpara y en la mayor parte de los casos los cambios de filtro, ya que la mayor parte de los sistemas cuentan con un motor óptico sellado y refrigeración líquida

Encendido y apagado instantáneos: Al contrario que las lámparas, el Láser no tiene un periodo de calentamiento específico, lo que hace que un proyector basado en este sistema alcance su máxima eficiencia en un tiempo muy corto. El apagado es instantáneo, ya que simplemente se desactiva el láser y no es necesario dar un periodo de enfriamiento a la lámpara.

Potencia lumínica constante: En un modelo teórico, la caída de luminosidad de un iluminante láser/fósforo es más suave que la de una lámpara y su luminosidad permanece constante durante mucho más tiempo.

Mayor gama dinámica: Las lámparas siempre están encendidas, lo que causa un problema en el nivel de negro de una imagen ya que continuamente están emitiendo luz residual. Esto se reduce en los casos en que puede encenderse y apagarse el iluminante, tal como se da en estos nuevos sistemas, ya que la reducción de la luz residual baja el nivel de negro de la proyección y mejora la gama dinámica.

Huella de carbono reducida: Debido a lo mencionado anteriormente, unido a la mayor facilidad de gestión del residuo (el mercurio que contienen las lámparas tradicionales es altamente tóxico y el proceso de reciclaje es más complejo) puede inferirse que los proyectores de iluminante de estado sólido son menos perjudiciales para el entorno.

A pesar de ofrecer ventajas importantes, existen algunas debilidades inherentes a los nuevos iluminantes que también deben tenerse en cuenta:

Colorimetría:

El color en proyección se compone de tres canales: Rojo, verde y azul. La colorimetría más precisa, es decir el reflejo más fiel de los colores en el mundo real, se puede obtener con iluminantes separados que permitan dar la máxima pureza en cada uno de los canales primarios. Si además puede regularse de forma independiente la intensidad de cada uno de los canales de color, el efecto es mejor.

Fuera de los proyectores CRT, que permitían variar de forma independiente la intensidad de los canales de color al contar con iluminantes separados para cada uno de ellos, la separación de colores se ha conseguido en los modelos de proyector de lámpara manipulando la luz blanca procedente de una lámpara de haluro metálico, mercurio de alta presión o arco de xenón, por citar las más tradicionales.

Un factor crítico en estos casos es la calidad de luz blanca que ofrece el iluminante. Las lámparas de haluro metálico presentaban considerables derivas de color, que estaban presentes en

menor grado en las lámparas de mercurio de alta presión, si bien estas han evolucionado en los últimos tiempos hasta mejorar en gran medida su rendimiento.

La lámpara de arco de xenón es la que ofrece una mayor calidad de colorimetría dado que su espectro lumínico es mucho más parecido al de la luz solar.

La descomposición de la luz blanca en los proyectores de lámpara se realiza bien mediante espejos dicróicos, que reflejan únicamente ciertas frecuencias, bien mediante una rueda de color. El sistema de espejos dicróicos se utiliza con proyectores que tienen un motor de imágenes separado para cada uno de los canales de color (LCD, LCos o DLP) mientras que las ruedas de color se utilizan en sistemas que poseen un único motor de imagen (DLP single chip). Es este último caso el color se obtiene de forma secuencial.

En los nuevos iluminantes la obtención de canales de color separados es un proceso algo más complejo. Destacan los proyectores Pure Laser, que permiten obtener la mejor calidad de colorimetría al utilizar tres iluminantes láser separados, uno de cada color.

Debe mencionarse que los avances en estos nuevos sistemas son avances relativos al iluminante, no al motor de imagen, que es el mismo al de los sistemas basados en lámpara. Así podemos distinguir entre los modelos Pure Laser, con tres iluminantes separados y un motor de imagen DLP, los sistemas de Láser fósforo LCD, que utilizan un motor de imagen basado en tres paneles de cristal líquido y los modelos de láser/fósforo o Láser/fósforo/led que utilizan un único motor de imagen DLP

El sistema que presenta una mayor problemática en cuanto a colorimetría es el proyector de láser/fósforo/led. En este sistema se obtiene el color verde desde una rueda de fósforo verde iluminada mediante un diodo láser azul, mediante un diodo LED para el canal rojo y el propio láser azul para este último canal de color. El motor de imagen consta de un único chip DLP y el color se obtiene de forma secuencial.

Este sistema tiene el inconveniente de que es necesario equiparar las intensidades lumínicas de cada uno de los canales de color, que se están obteniendo mediante tres procedimientos diferentes. El láser azul debe pasar por un elemento difusor, debe obtenerse la máxima pureza de color en la luz procedente del fósforo verde y el LED presenta una gran diferencia con respecto al láser en cuanto a intensidad lumínica.

Además, la naturaleza del LED y del láser como iluminante presenta grandes diferencias. Un láser es una fuente de luz coherente, y tremendamente direccional. Un led, en cambio es una fuente muy difusa, que presenta problemas en cuanto a direccionalidad de su haz de luz. Uno de los grandes problemas de los proyectores basados en iluminante LED es conseguir reducir las pérdidas de luz para lograr una iluminación correcta del motor de imagen, hecho este que fija límites en cuanto a potencia lumínica para los proyectores que lo utilizan como única fuente de luz.

Esto hace que con este tipo de configuración sea muy difícil obtener una colorimetría adecuada.

En el sistema de láser fósforo encontramos un problema similar, aunque en menor medida. Se utiliza el láser azul, tras pasar por un filtro difusor, para obtener el canal azul. Para obtener el resto de los canales se utiliza una rueda de fósforo excitada por el láser azul, de la que se obtiene luz amarilla. Esta luz se divide en los canales rojo y verde mediante un prisma o una rueda de color.

Estos dos sistemas también son sistemas secuenciales de color, en los que los canales de luz inciden sobre un único chip DLP.

Los problemas de colorimetría que generan estos sistemas se centran tanto en la existencia de una rueda de color como en la diferencia de intensidades en los diferentes iluminantes. Mitiga el problema el hecho de que el canal azul sea tradicionalmente el de menor intensidad y el que presenta mayores problemas en los sistemas de display. En este caso, el uso de la luz directa del láser da mayor intensidad a este canal, lo que favorece la obtención de una colorimetría de calidad. La calidad de la difusión de la luz láser será crucial para la obtención de una buena colorimetría.

Sony utiliza un sistema diferente, que obtiene luz blanca a partir de la rueda de fósforo y en lugar de utilizar una rueda de color o prisma utiliza espejos dicróicos para hacer que la luz atraviese tres paneles LCD inorgánicos.

El sistema pure láser, con tres haces láser en rojo, verde, y azul, es el que presenta mayores ventajas y ofrece una colorimetría más natural.

Speckling:

Este es un problema generado por la luz láser, y es mayor en los equipos Pure Laser que en los equipos que utilizan láser/fósforo. Este problema se produce porque el láser es un haz coherente, en el que sus fotones vibran en la misma dirección y frecuencia. Sin embargo, debido a este fenómeno y a la direccionalidad del haz, se producen interferencias al incidir sobre una superficie. El efecto visible se traduce en zonas de mayor y menor intensidad lumínica en un espacio muy reducido, dando la impresión de chispas o brillos. Existen numerosas técnicas de reducción de este efecto, desde utilizar diferentes longitudes de onda para el láser hasta alterar la dirección de la luz y realizar una correcta difusión del haz láser.

El efecto se puede apreciar de forma ligera en algunos proyectores Pure Laser y en menor medida en los proyectores laser/fósforo, dado que sólo afecta a la luz que proviene directamente del haz láser

Gestión del calor:

Si bien estos sistemas necesitan una menor potencia para obtener el mismo resultado que un proyector de lámpara, y generan menor disipación térmica que estos, un punto de alta sensibilidad es la rueda de fósforo, que también está sometida a temperaturas elevadas. Normalmente la refrigeración del array de diodos láser se realiza mediante líquido, lo que reduce el ruido en el equipo al reducir el número de ventiladores. Sin embargo, en muchos casos las ruedas de fósforo disponen de ventiladores dedicados ya que las temperaturas que se generan en las mismas reducen la vida útil del fósforo y pueden provocar problemas en el equipo. Una correcta gestión de la temperatura es vital para la estabilidad de un sistema láser fósforo.

La temperatura es también un factor crucial en los equipos que utilizan un motor de imagen transitorio como el LCD. Si bien se reduce el daño por temperatura en el mismo con los sistemas láser/fósforo y si bien los paneles LCD se basan actualmente en componentes inorgánicos que aumentan su durabilidad, una tecnología transitoria continúa presentando inconvenientes con

respecto a una tecnología reflexiva como el DLP. Y dado que la respuesta de deflexión del chip DLP sigue siendo más rápida que la velocidad de polarización del LCD, los equipos basados en DLP, independientemente de su iluminante, siguen mejorando en contraste y gama dinámica a sus competidores.

Partes móviles:

La mayor parte de los fabricantes anuncian que los equipos basados en iluminantes de estado sólido presentan una mayor estabilidad y menor necesidad de mantenimiento debido al menor número de partes móviles. Si bien esto es cierto, no lo es el que se hayan eliminado las partes móviles o los elementos fungibles. Todos los equipos basados en láser/fósforo utilizan una rueda de fósforo, que es una parte móvil cuyo diseño debe ser enormemente preciso para evitar que se convierta en un punto débil en el equipo. Muchos presentan también una rueda de color, a la que se asocia la problemática habitual de estos elementos. Una rueda de color, además de representar una vulnerabilidad en el equipo, puede generar efecto arco iris, que es un artefacto de proyección frecuentemente relacionado con los proyectores DLP de chip único.

Cabe decir, sin embargo, que la tecnología en cuanto a ruedas de color ha evolucionado hasta el punto de que el efecto arco iris puede apreciarse en muy pocas ocasiones.

Coste:

En el estado actual de la industria, el coste de elaboración de los diodos láser, que estos equipos utilizan en array como iluminante, es más elevado que el de las lámparas. Esto es principalmente debido a una menor demanda, y a buen seguro evolucionará de forma favorable con el aumento de los equipos Láser y la evolución de los procesos de fabricación. El diodo láser azul es el que tiene un coste menor, principalmente debido a que se utiliza en los equipos blu-ray, y por tanto es el que se utiliza como estándar en los equipos de láser fósforo. Los proyectores Pure Laser deben asumir costes mayores debido a que incorporan láseres en rojo y verde también. A esto hay que unir una arquitectura de sistema más compleja y el uso de tres motores de imagen, lo que eleva su coste. Esto hace que en muchos casos no sean una alternativa ventajosa en sistemas de baja luminosidad.

Estabilidad:

Todos los fabricantes de equipos con iluminante de estado sólido anuncian equipos de gran estabilidad con una salida de luz constante y escaso mantenimiento. Sin embargo, no debemos olvidar que estamos ante una tecnología de reciente aparición, y que no ha permanecido en el mercado durante el tiempo suficiente como para dar objetividad a estas afirmaciones. La mayor parte de las mismas se fundamentan en el modelo teórico (20.000 horas de durabilidad esperada del fósforo).

Un factor a tener en cuenta es la presencia de una rueda de fósforo y en muchos casos una rueda de color. Si equiparamos la tecnología de estos elementos a la tecnología más parecida existente en el mercado, es decir la de la rueda de color de los proyectores DLP Single chip, puede inducirse la aparición de problemas en estos elementos hacia las 6.000 – 7.000 horas de vida.

Debe también tenerse en cuenta la degradación de la capa de fósforo y la novedad del uso del láser como iluminante, elementos sobre los que existe un acervo de conocimiento práctico mucho menor que el que a día de hoy tenemos sobre las lámparas.

Estudios experimentales realizados por algunos fabricantes muestran cifras de degradación de la potencia lumínica mucho mayores que las esperadas, con caídas importantes de la potencia lumínica hacia las 2.000 horas y fallo en algunas ruedas de fósforo hacia las 5.000 horas y no se han realizado estudios independientes que puedan desacreditar o dar solidez a estas afirmaciones

Todo esto evidencia que la tecnología de estado sólido es una tecnología todavía en desarrollo, sobre cuyos elementos debe trabajarse y que debe pulirse con el uso y la experiencia. Representa un avance de enorme importancia y ofrece ventajas vitales, pero la calidad en la fabricación y el estudio cuidadoso de métodos y componentes es vital en estas etapas iniciales.

Las tecnologías existentes hubieron de someterse a evoluciones y mejoras constantes a lo largo de su desarrollo, y es de esperar que lo mismo ocurra con esta tecnología naciente. Cabe afirmar que, si bien nos encontramos en un momento de cambio de paradigma en el mercado, no sería prudente todavía proclamar la muerte de los proyectores basados en lámpara.