

Título del trabajo/ Title of paper

Más allá de la iluminancia y la uniformidad: Diseño de iluminación de instalaciones deportivas

Autor/es/ Author/s

Leandro Boyano Vannucchi

Empresa/s Company/s

Ledvance Lighting

Dirección principal/ Mail address

Calle Ronda de Europa 5, Edificio D, planta 4^a
Tres Cantos, Madrid

Teléfono, fax, e-mail de la persona de contacto/
Phone, fax number and e-mail address of the contact person

607 414 368

Tema:

Científico y formativo en aspectos generales de la iluminación

INTRODUCCIÓN

La iluminación artificial de instalaciones deportivas debe atender a las necesidades lumínicas de una serie de actores, según las necesidades del juego:

- Usuarios de campo: Jugadores y oficiales de campo
- Espectadores
- Cámaras para retransmisión televisiva
- Anuncios publicitarios: Cartelería a pie de campo

Asimismo, se debe tener en cuenta el entorno que rodea a las instalaciones deportivas, ya sea por la existencia de edificios aledaños o vías de circulación próximas. En todo caso, debe evitarse la existencia de luz perturbadora, así como el resplandor luminoso, responsables de la contaminación lumínica.

A menudo, el diseño de una instalación deportiva es abordado como un procedimiento relativamente sencillo donde el objetivo es cumplir con unos niveles de iluminancia y uniformidad determinados sobre el terreno. El objeto de este trabajo es mostrar que deben tenerse en cuenta una serie de consideraciones más allá de estos dos parámetros al realizar cualquier diseño lumínico.

En la actualidad, no todos los instaladores y propietarios están familiarizados con los requerimientos mencionados. En ocasiones, se da el caso de que en instalaciones existentes se solicita el reemplazo de lámparas de descarga por tecnología LED, sin comprender lo que realmente conlleva el diseño lumínico en sí mismo. Afortunadamente, la labor de divulgación llevada a cabo por parte de ingenierías y fabricantes es cada vez más notoria, dando paso a una progresiva mejora de las instalaciones en las que se logran resolver los errores de diseño heredados.

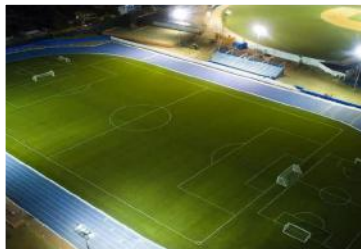


Fig.1. Diseño insuficiente



Fig.2. Diseño básico sencillo

Aunque hay que señalar que en la mayoría de las instalaciones sí que se realiza un diseño de la iluminación, en muchos casos se toman en consideración únicamente las necesidades de los jugadores. Esto es, los niveles de iluminancia y uniformidad sobre el terreno, así como los deslumbramientos en distintos puntos del campo.

Sin embargo, este proceso de diseño deja sin resolver una serie de factores que son también importantes, ya que, como se comentó anteriormente, la iluminación artificial debe cubrir las necesidades de los espectadores, así como evitar interferir en el entorno, donde pueden darse situaciones de incomodidad visual o incluso situaciones de peligro para los usuarios de zonas aledañas.

El diseño lumínico alcanza su máxima complejidad en competiciones profesionales, donde además de lo descrito, existen cámaras y anuncios publicitarios, ya que en estos casos no sólo se incrementan los valores de iluminancia y uniformidad en el plano horizontal, sino que entran en juego otros factores como los planos verticales; planos inclinados; gradientes; el efecto parpadeo detectable por las cámaras; o las sombras generadas sobre los jugadores.



Fig.3. Diseño complejo competición profesional

CONSIDERACIONES DE DISEÑO DE LA ILUMINACIÓN ARTIFICIAL

ILUMINANCIAS Y UNIFORMIDADES HORIZONTALES

Como se ha comentado previamente, la iluminación artificial de las instalaciones deportivas se centra a menudo en los requerimientos lumínicos en el plano horizontal sobre el terreno de juego, haciendo cumplir los niveles de las conocidas tablas de la normativa de instalaciones deportivas (UNE EN 12193:2020). Sin embargo, en numerosas ocasiones se pasan por alto las consideraciones de diseño descritas en dicha norma y se atiende únicamente a los básicos de iluminancia, uniformidad y, en algunos casos, el deslumbramiento sobre los jugadores.

Lo primero que debe tenerse en cuenta al calcular la iluminancia y uniformidad de una instalación deportiva, es que no sólo hay que considerar el propio terreno de juego, sino que, en muchos casos y dependiendo del deporte, también se hace uso del área circundante, siendo necesario que los niveles lumínicos en esa zona cumplan un mínimo en relación con el área principal. En caso contrario, se crearía un efecto de falta de luz en esa zona que afectará sobre el juego, ya que también son zonas usadas por los jugadores y/o oficiales de campo.

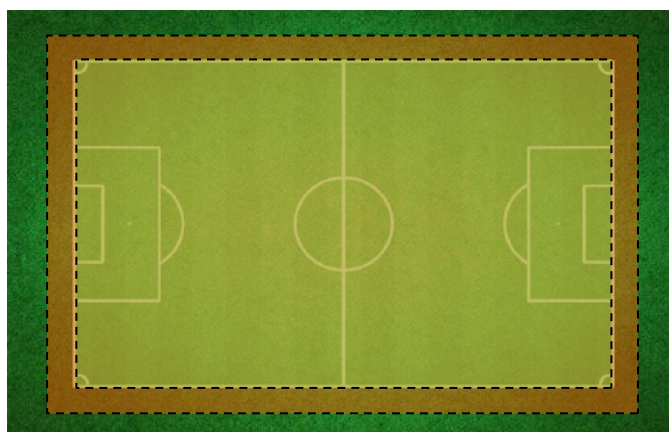


Fig. 4. Áreas de juego y circundante campo de fútbol

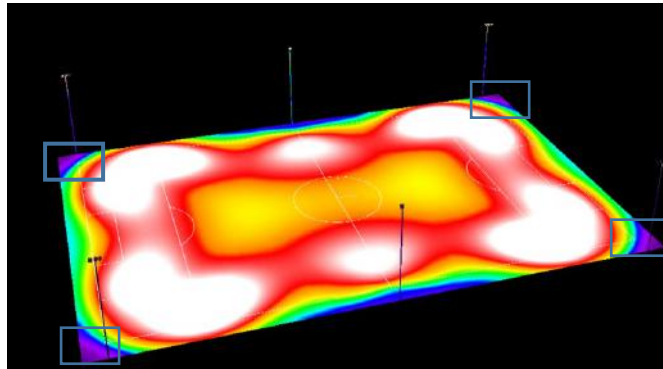


Fig. 5. Ejemplo de baja uniformidad en área circundante

En segundo lugar, también es importante distinguir entre las uniformidades media y extrema, donde:

Uniformidad media: Iluminancia mínima/Iluminancia media: Este parámetro limita el rango total al que se tiene que adaptar el ojo de las personas o cámaras y, por lo tanto, afecta directamente sobre el confort visual.

Uniformidad extrema: Iluminancia mínima/Iluminancia máxima: Este parámetro define la relación entre los puntos de mayor luminosidad y los más oscuros. Un valor elevado de uniformidad extrema reduce la aparición de fognazos sobre el terreno de juego.

DESLUMBRAMIENTOS

La prioridad máxima en el diseño lumínico de toda instalación deportiva es eliminar cualquier tipo de deslumbramiento, ya que un error de diseño podría propiciar la ceguera temporal de los jugadores y esto alteraría el correcto funcionamiento del juego. Por este motivo, siempre debe prestarse especial atención a aquellos puntos del terreno de juego más críticos para los jugadores.

Pero no sólo debe atenderse a las necesidades de los jugadores, sino que en muchos casos existen gradas o zonas del campo donde hay espectadores/fotógrafos que deben ser capaces de seguir el juego sin sufrir deslumbramientos. Por este motivo, deben incluirse superficies de cálculo en todas aquellas zonas susceptibles de ser usadas por espectadores en los alrededores del terreno de juego.

Para evitar que existan zonas con deslumbramiento, será necesario cumplir siempre con valores de GR por debajo de un límite según el juego y la competición. No obstante, por regla general se deben evitar siempre valores por encima de 60, que es lo que según la norma CIE112 es considerado como “molesto”, aunque preferiblemente se deberían cumplir niveles por debajo de 50, que es lo que se considera como “admisible”.

EL ENTORNO

Generalmente, las instalaciones deportivas de exterior forman parte de un entorno en el que existen viales, edificios u otras instalaciones. El diseño lumínico debe tener en consideración todo lo que rodea al propio terreno de juego y evitar que la luz exceda los límites de la instalación, que es lo que se conoce como luz no deseada. El efecto que puede generar esta luz sobre las personas puede ir desde la incorrecta percepción de los objetos, hasta convertirse en luz verdaderamente molesta, causante no solo de provocar malestar sobre las personas, sino siendo responsable directa de generar resplandor luminoso sobre el cielo. Esta problemática tendrá que ser abordada mediante el uso de superficies de cálculo en las zonas que puedan resultar conflictivas.

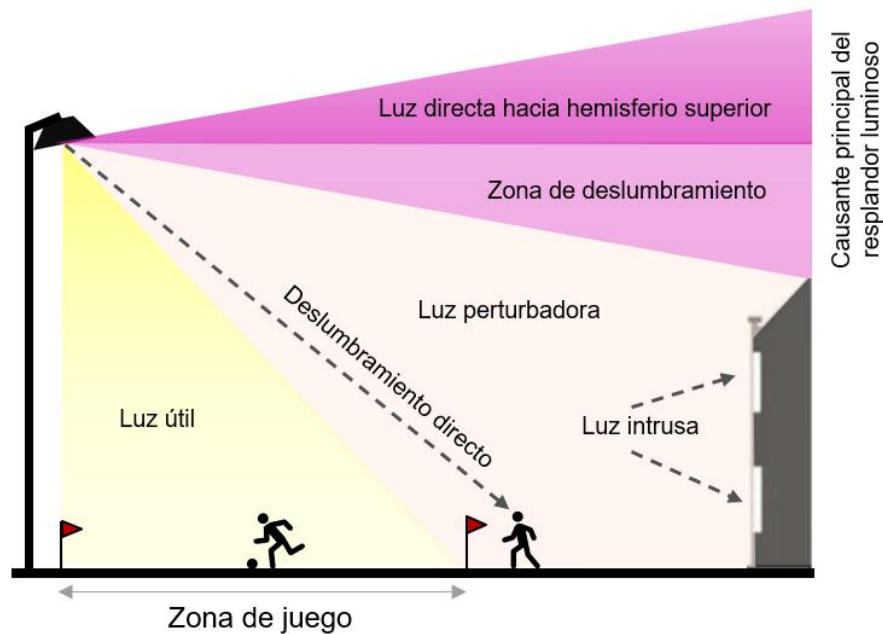


Fig. 6. Tipos de luz en exteriores

GRADIENTES

Otro parámetro de diseño importante es el gradiente de iluminancias, que nos indica la relación porcentual de luz entre un cada punto del campo y los puntos adyacentes. El concepto de gradiente nos da una idea de cómo es el reparto de la luz sobre el terreno de juego y es más utilizado con la existencia de cámaras ya que una variación brusca de la luz que llega a la lente puede generar la pérdida repentina de brillo de la imagen. Este efecto será más notorio cuanto mayor sea el nivel de competición, donde generalmente son mayores las velocidades de juego.

Los gradientes pueden calcularse tanto para iluminancias verticales, como horizontales, siendo limitados según el tipo de juego y la federación correspondiente. Generalmente, se permite que una cantidad determinada de puntos de cálculo puedan sobrepasar el límite máximo establecido.

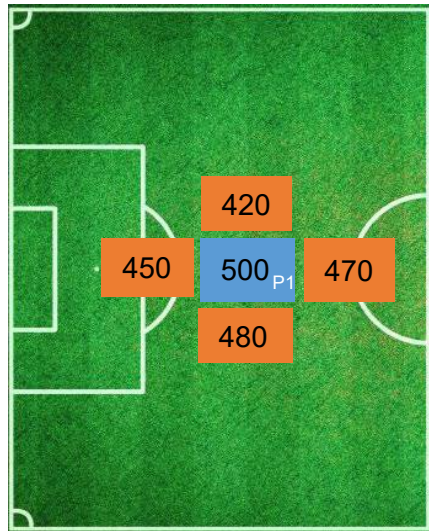


Fig. 7. Gradiente máx. P1: $(500-420)/500 \Rightarrow 16\%$

ILUMINANCIAS Y UNIFORMIDADES VERTICALES

Por regla general, las competiciones deportivas de alto nivel llevan asociados unos servicios de broadcasting, que implican la necesidad de distinguir correctamente a los jugadores a través de las imágenes que son recogidas por las cámaras. Esto se traduce en la necesidad de cumplir unos niveles mínimos de iluminancias y uniformidades en el sentido de dichas cámaras.

En este aspecto, hay que destacar que el tema de la retransmisión deportiva ha cambiado durante los últimos años, pasando de una o varias cámaras fijas de campo, a cámaras móviles que permitan cubrir todos los detalles del juego. Este cambio de tendencia implica que, en lugar de calcular iluminancias en el sentido de la cámara, cada vez sea más habitual la necesidad de obtener niveles adecuados según los ejes en los que se muevan las cámaras. Por ejemplo, en una instalación deportiva rectangular, implicaría el cálculo de iluminancias y uniformidades en planos verticales respecto a los cuatro cuadrantes.

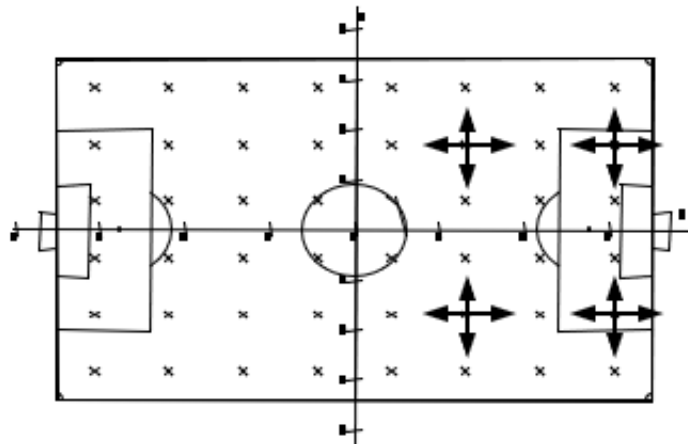


Fig. 8. Iluminancias verticales en los 4 cuadrantes de un campo de fútbol

Aunque menos limitante, también es importante cumplir unos niveles mínimos de iluminancias y uniformidades verticales en competiciones donde no hay cámaras, ya que los jugadores y oficiales de campo tienen que ser capaces de distinguir correctamente al resto de participantes del juego. De hecho, la norma UNE EN 12193:2020 establece que debería cumplirse un mínimo factor de iluminancia vertical de al menos el 30% de la iluminancia horizontal en suelo, para las direcciones de visión de los participantes según el tipo de juego.

FLICKER

El efecto del flicker en instalaciones deportivas toma especial relevancia con la aparición de las cámaras, donde la sensibilidad de estas hace que se pueda percibir claramente el parpadeo de las imágenes. Los valores máximos de flicker permitidos van a depender del nivel de competición y tipo de juego, siendo más crítico en aquellas retransmisiones donde se emplee reproducción en slow motion.

La tecnología empleada va a influir en los niveles de flicker, siendo el peor caso el de lámparas de descarga con balastos electromagnéticos. Sin embargo, el empleo de balastos electrónicos (fuentes de alta frecuencia) ayuda a reducir estos niveles.

En el caso de tecnología LED, hay que destacar que, al ser un semiconductor, la luz del LED se ve más afectada por los cambios de tensión que en las lámparas tradicionales. Sin embargo, el uso de fuentes de alimentación conmutadas (drivers), reduce drásticamente el flicker resultante, siendo mejor el resultado cuanto menor rizado de salida tenga la fuente.

EFEECTO SOMBRA

Las sombras proyectadas en el suelo por los jugadores al incidir la luz artificial sobre ellos, incide directamente en la experiencia visual de los espectadores. Por este motivo, es importante evaluar la generación de sombras y evitar que se generen sombras muy oscuras. Este efecto se puede resolver mediante el uso de múltiples puntos de luz desde diferentes puntos, que reducirá de forma drástica la sombra que proyectan los jugadores.

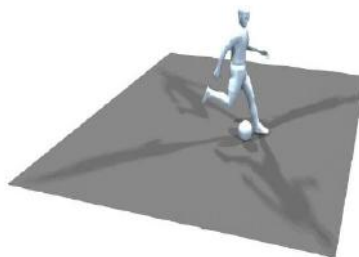


Fig.9. Impacto de las sombras del jugador sobre el terreno de juego.
Fuente: FIFA lighting guide.

INDICE DE REPRODUCCIÓN CROMÁTICA

La capacidad de una fuente de luz de reproducir los colores es importante en las instalaciones deportivas entre otras cosas, para poder distinguir correctamente los colores de las líneas delimitadoras del área de juego. Esta necesidad se puede ver incrementada con la existencia de cámaras, donde no sólo se busca reconocer colores básicos, sino ofrecer al espectador una idea clara de los colores de las camisetas y los tonos de piel de los jugadores, así como también, los colores de las vallas publicitarias.

A raíz de esta necesidad de reproducir con la mayor fidelidad posible los colores, han surgido otros métodos de medición más allá del CRI, como es el caso del TLCI, que en lugar de usar un observador estándar, es un método concebido para el uso de las cámaras y por lo tanto usa una "cámara estándar". Además, con el TLCI se incrementa la cantidad de colores de referencia respecto al CRI, pasando de 8-15 muestras de referencia, a 24.

El nivel de exigencia de CRI o TLCI dependerá del nivel de competición y requerimientos televisivos.

TEMPERATURA DE COLOR

El rango de temperaturas de color admisibles en una instalación deportiva es, en general bastante amplio, según el tipo de instalación. No obstante, en instalaciones de exterior donde hay existencia de cámaras, el tema de la temperatura de color se vuelve más crítico, ya que la cámara no puede ajustarse con facilidad a las diferentes tonalidades de blanco del cielo en sus diferentes fases del día. El objetivo en este caso será encontrar la estabilidad en la transición luz natural - luz artificial. Una premisa de diseño comúnmente empleada es que un evento deportivo puede dar comienzo a horas intermedias de la tarde, por lo que el diseño lumínico debe realizarse para mantener esa tonalidad de luz durante todo el evento. De este modo, inicialmente coexistirían la luz natural y la luz artificial, mientras que según se va aproximando el ocaso, va quedando únicamente la luz artificial. Para que la tonalidad de la luz se mantenga durante todo el tiempo, la temperatura de color debe rondar los valores que ofrece el sol durante las horas intermedias de la tarde, es decir, entre 5600K y 6400K.

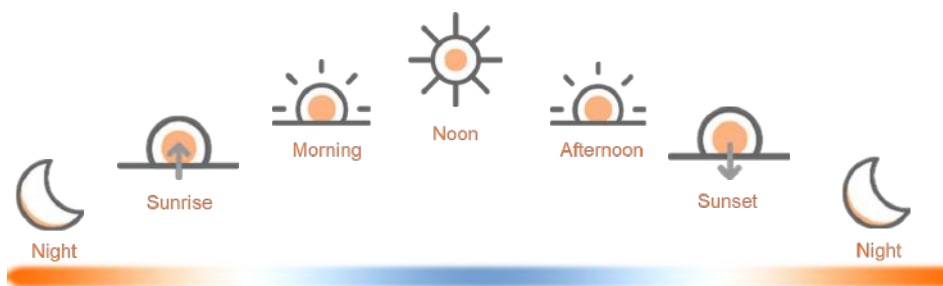


Fig. 10. Rango de temperaturas de color por fases del día

HERRAMIENTAS PARA EL DISEÑO LUMÍNICO DE UNA INSTALACIÓN DEPORTIVA

La obtención de los mejores resultados lumínicos durante el diseño de cualquier instalación deportiva se podrá lograr a través de los siguientes parámetros de diseño:

- La posición y altura de las torres y proyectores
- La orientación de los proyectores
- Cantidad y potencia de los proyectores
- Los tipos de óptica

POSICIÓN Y ALTURA DE LAS TORRES

En la actualidad, existen bastantes recomendaciones y normativas que limitan la posición donde pueden instalarse columnas o torres, así como proyectores. Estas limitaciones tienen como objetivo reducir el deslumbramiento sobre los jugadores y evitar tanto el deslumbramiento como la falta de visión de los espectadores.

Un ejemplo claro lo tenemos en España con la normativa N.I.D.E, donde podemos encontrar una serie de indicaciones que deben cumplirse en función de la instalación deportiva que se trate. Por ejemplo, en campos de fútbol, se establece una serie de lugares donde pueden ser instalados los postes, así como unas alturas mínimas de poste según nivel de competición, con el fin de evitar deslumbramientos en las zonas más susceptibles de sufrir deslumbramientos.

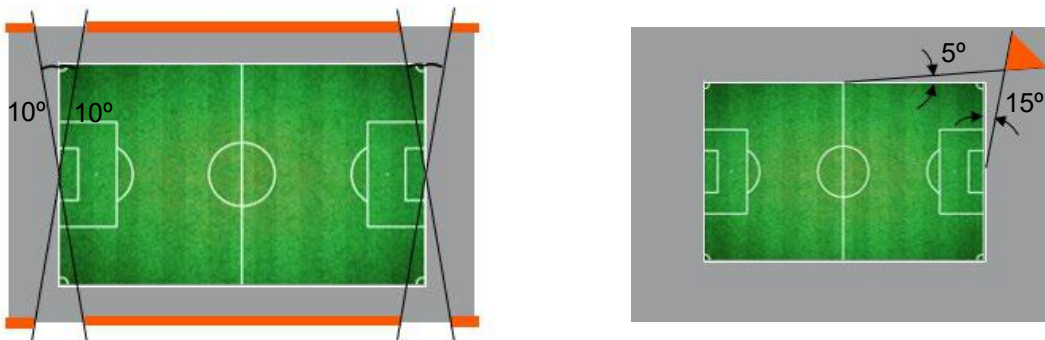


Fig. 11. Ejemplos de zonas permitidas para la instalación de columnas en campos de fútbol según N.I.D.E.

ORIENTACIÓN DE LOS PROYECTORES

Además de la posición de las torres, también debe tenerse en cuenta la orientación de los proyectores, debiendo evitarse ángulos de inclinación y rotación que puedan afectar negativamente sobre jugadores, espectadores y el entorno que rodea la instalación. En todo caso, debe evitarse la excesiva inclinación de los proyectores, ya que, por una parte, pueden generar deslumbramiento sobre los jugadores y por otra, pueden incrementar la cantidad de luz no útil sobre el campo, favoreciendo la aparición de luz no deseada en zonas exteriores e incluso contribuyendo a aumentar el resplandor luminoso en el peor de los casos.

La inclinación máxima de los proyectores dependerá de la tecnología empleada.

En el caso del LED, los proyectores suelen estar formados por paneles con muchas fuentes de luz, lo que tiene un impacto negativo con inclinaciones más pequeñas que en el caso de proyectores de descarga.

Pero también existe una inclinación mínima recomendable, puesto que, al iluminar con una inclinación muy baja, se pueden generar sombras sobre en la parte inferior y nariz de los jugadores que afecta el reconocimiento facial de los mismos y por tanto no es una solución aceptable cuando se realizan retransmisiones televisivas.

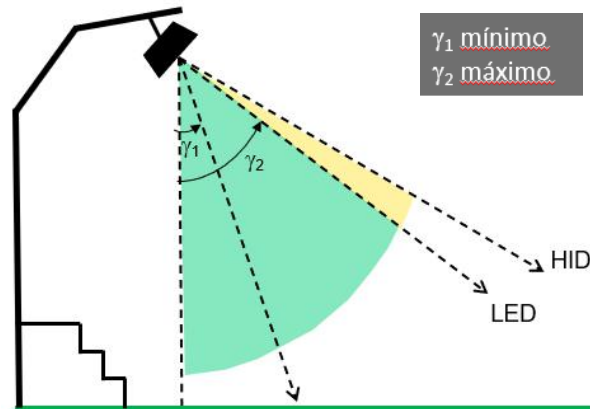


Fig. 12. Ángulos de inclinación máximo y mínimo de los proyectores

CANTIDAD Y POTENCIA DE PROYECTORES

Aunque la cantidad y potencia de los proyectores depende, en gran medida, de los niveles de iluminación requeridos, es necesario llegar a un equilibrio entre la cantidad mínima y la cantidad necesaria para tener el control de la luz adecuado.

En el caso de instalaciones deportivas con retransmisión televisada, donde se requieren elevadas iluminancias y uniformidades verticales, será necesario disponer de una gran cantidad de proyectores desde distintos puntos para tener el control de luz necesario. Sin embargo, si en esa misma instalación no hay uso de cámaras, será suficiente con tener menor número de puntos distribuidos por el campo.

La correcta distribución de proyectores, siempre que la instalación lo permita, puede redundar en una reducción considerable de la potencia total empleada.

ÓPTICAS

La correcta elección de las ópticas es un parámetro de suma importancia en el diseño de una instalación deportiva, ya que nos va a permitir tener un factor de utilización mayor, evitando que parte de la luz se desperdicie en zonas donde no queremos iluminar.

Por regla general, en instalaciones donde los requerimientos no son muy elevados, el uso de ópticas asimétricas ayudará a lograr los niveles adecuados, ya que consigue llegar a puntos más lejanos sin necesidad de inclinar excesivamente los proyectores. Esto se traduce en una mayor cantidad de luz aprovechada en iluminar las zonas deseadas con muy bajo o nulo flujo luminoso hacia el hemisferio superior.

Por otra parte, en competiciones de alto nivel, una práctica beneficiosa para el diseño lumínico consiste en utilizar paralúmenes o viseras, de manera que, aunque la óptica inicial sea simétrica, la parte de la luz que puede convertirse en luz no deseada es cortada por la visera, logrando un efecto similar al de usar ópticas asimétricas.

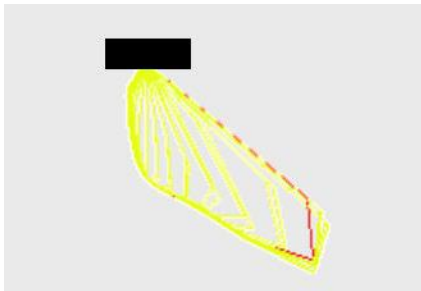


Fig. 13. Óptica asimétrica



Fig. 14. Proyector con visera

CONCLUSIONES

En numerosas ocasiones, el diseño lumínico se realiza teniendo en cuenta únicamente los participantes del juego (jugadores y oficiales de campo). Sin embargo, a medida que aparecen nuevos intervinientes como los espectadores, las cámaras o los carteles publicitarios, estos deben considerarse también en el diseño, ya que la experiencia visual debe ser satisfactoria para todos ellos.

La complejidad de un diseño luminoso va a depender tanto del uso que se le vaya a dar a la instalación, como de los participantes que intervengan en dicho evento. En casos donde la instalación existente se diseñó para unos niveles lumínicos y se demanden nuevos requerimientos por un aumento del nivel de competición, es probable que sea necesaria la readaptación de la instalación.

Por último, nunca debe descuidarse en el diseño lumínico de una instalación deportiva el entorno en el que se encuentra, ya que se debe evitar siempre la emisión de luz intrusa sobre otras instalaciones o edificios que la rodean, así como el resplandor luminoso, causante directo de la contaminación lumínica.