

¿Qué es y para qué sirve una lente? ¿Cuáles son las consideraciones a tener en cuenta a la hora de seleccionar una? Les ofrecemos una guía técnica en la que desarrollaremos esta temática, para ampliar los conocimientos del instalador a la hora de elegir una cámara.

Lentes para CCTV

Eduardo Casarino
Sistemas Electrónicos Integrados SA



Las lentes son los elementos que se colocan en las cámaras y que permiten trasladar la luz de la escena y formar adecuadamente la imagen sobre el sensor electrónico tomavistas. Funcionan por el principio de la refracción óptica, que es un fenómeno natural que se estudia en la rama óptica de la física de la luz.

Los lentes se construyen con vidrios ópticos debidamente contruidos y tallados en formatos adecuados al cálculo óptico que se necesita para cada aplicación.

Existen lentes que poseen elementos simples, un solo lente, o que poseen elementos combinados, varios lentes, en forma agrupada o combinada.

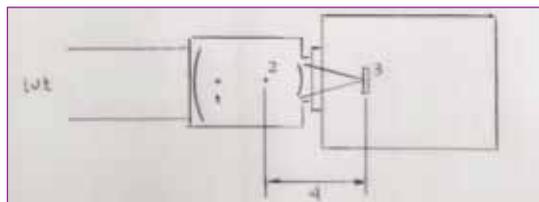
Estas disposiciones se adaptan, mediante el cálculo óptico, a los requerimientos de funcionamiento de las distintas aplicaciones en cámaras.

Puntos a ser tenidos en cuenta en los distintos lentes:

- 1- Distancia focal.
- 2- Angulo de visión.
- 3- Número F.
- 4- Campo de visión.
- 5- Profundidad de campo.
- 6- Distorsión de la imagen.
- 7- Distorsión de los colores de la escena.
- 8- Sistemas de montaje.
- 9- Rango de temperatura
- 10- Resolución.

1- Distancia focal

Los rayos lumínicos provenientes de los objetos distantes en la escena, que inciden en el lente, son condensados internamente en el lente en un punto común del eje óptico. El punto en el cual está colocado el sensor electrónico de la cámara, se llama punto focal. En virtud del diseño óptico del lente, el mismo posee dos puntos principales a considerar, el punto principal primario y el punto principal secundario. La distancia entre el punto principal secundario y el punto focal, determina la distancia focal del lente. Se mide en milímetros. Se representa con la letra f (minúscula).

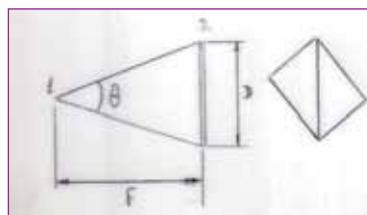


Referencias: 1: Punto primario principal; 2: Punto secundario principal; 3: Punto focal, sensor electrónico de imagen; 4: Distancia focal f.

2- Angulo de visión

El ángulo formado por las dos líneas que parten desde el punto principal secundario y el sensor electrónico, se denomina ángulo de visión. Por lo tanto, la distancia focal del lente es fija, de acuerdo a como fue formulado, y con respecto al tamaño del sensor elegido, el ángulo de visión variará de acuerdo al tamaño del sensor si éste cambia.

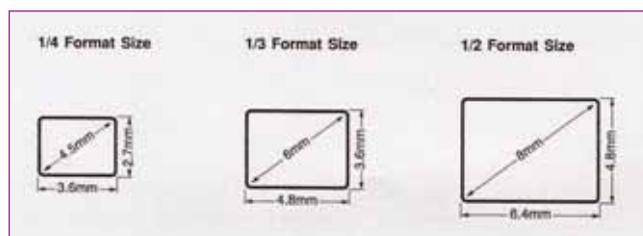
Para el cálculo: ángulo theta = $2 \times (1 / \text{tang}) (D/2f)$



Referencias: 1: Punto principal secundario; 2: Sensor electrónico de imagen; f: Distancia focal;

D: Diagonal del sensor electrónico de imagen o diámetro del lente.

En este caso es necesario recordar los tamaños de sensor electrónico más usuales en las cámaras de CCTV (ver cuadro al final de este informe).



3- Número F

El número F es el indicador de la cantidad de luz que atraviesa el lente. Cuando más pequeño es el número F, mayor la cantidad de luz que pasa a través del lente. A la inversa, cuando el número F es mayor, menos luz pasa a través del lente.

El número F se define como la relación entre la distancia focal (f) y la apertura efectiva del lente o diámetro (D). La distancia focal (f) y el diámetro (D) se miden en milímetros, por lo cual el número F no tiene unidad de medida.

Número F = f / D

Para lograr un número F lo suficientemente bajo, es decir, que deje pasar a través suyo toda la luz posible, la tarea de diseño es muy compleja. También sabemos que para aumentar el paso de luz a través del lente es necesario aumentar el diámetro al máximo. Esto significa lentes de gran diámetro efectivo, gran

Características, aspectos y consideraciones – 1ra. Parte

cantidad de elementos simples combinados y elevado costo para lograrlo.

Con la utilización de las lentes gruesas y las lentes esféricas, parte del problema se ha solucionado, pues se dispone de lentes de gran luminosidad y alta calidad a un precio conveniente.

El cálculo teórico para un lente de alta luminosidad arroja un valor de número F de 0,5, y en algunos fabricantes de alta calidad se dispone de lentes con número F de 0,75.

Para la normalización, existe una lista de números F que permite la selección del lente adecuado. Comienza con el número 1 y continúa así:

1,2; 1,4; 1,5; 1,8; 2; 2,2; 2,4; 2,8; 3; 3,2; 3,5; 4; 4,5; 6; 6,5; 8; 11; 16; 22 hasta 360.

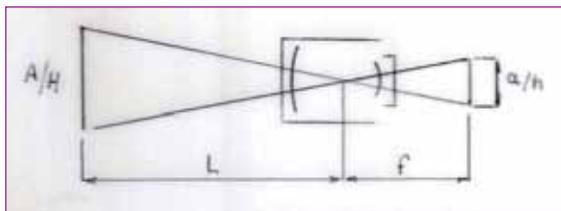
Por debajo de 1 se ubican 0,6; 0,75; 0,8; 0,9 y 0,95

Para poder comprar mejor el número F también se puede expresar como una relación: número F 1,4, la relación es 1:1,4 y se lee 1 es a 1,4.

En muchos lentes se lee impreso la relación 1:1,4 en lugar de número F1,4

4- Campo de visión

El campo de visión varía con la distancia focal del lente y con la distancia a los objetos de la escena.



Referencias: A: ancho del objeto; H: altura del objeto; a: ancho del sensor; h: alto del sensor; f: distancia focal del lente; L: distancia al objeto.

Se calcula como $a/A = h/H = f/L$. Conociendo algunos datos se pueden deducir los datos necesarios para la elección del lente apropiado a la aplicación.

5- Profundidad de campo

Cuando un objeto de la escena a tomar es enfocado adecuadamente, se observa que también hay objetos por delante y por detrás del original que también se encuentran enfocados. Este rango de enfoque del lente se denomina profundidad de campo.

Cuando la toma se extiende hasta el infinito, es decir a lo lejos, la distancia de enfoque es llamada distancia hiperfocal.

En la construcción de los lentes este principio, en general, asegura que la distancia de enfoque hacia adelante del objeto del primer plano es 2/3 y hacia atrás es de 1/3 de la distancia total.

El cálculo de la distancia hiperfocal se realiza de la siguiente forma:

• Definición de términos:

F: número F; H: distancia hiperfocal (mm); f: distancia focal (mm); B: distancia al objeto medido desde el sensor (mm); T1: límite cercano; T2: límite lejano; C: constante, para sensor de 1/2 0,015 mm, para sensor de 1/3 0,011 mm, para sensor de 1/4 0,008 mm.

$$H = f^2 / (Cx f) \quad T1 = B(H+f) / (H+B) \quad T2 = B(H-f) / (H-B)$$

f^2 significa f elevado al cuadrado.

6- Distorsión de la imagen

Cuando se construye un lente, al diseñarse la forma y tamaño de los elementos simples y combinados que lo componen, se tienen en cuenta los factores de incidencia de los rayos de luz provenientes de la escena y la forma en la cual ingresan en el lente.

Debido a la curvatura de los lentes individuales y por el fenómeno de la refracción de la luz, es inevitable que se produzcan distorsiones en la imagen que se enfoca sobre el sensor electrónico. Estas indeseables distorsiones se llaman aberración esférica, astigmatismo y curvatura de campo.

La aberración esférica se produce marcadamente porque no todos los rayos de luz entran en forma axial al lente y especialmente los que entran por el borde, no logran enfocarse debidamente sobre el punto focal, dando zonas de enfoque difuso o borroso, que es muy notable en los lentes simples o económicos que poseen algunas cámaras de bajo costo.

En lentes de mejor calidad y precio, este defecto se corrige mediante la técnica de utilizar lentes combinados de distinta conformación, agrupación de varios de ellos en distintas combinaciones y el agregado de un elemento limitador del paso de la luz como es un diafragma. Por supuesto que este recurso aumenta el número F o, lo que es lo mismo, disminuye la capacidad del lente para transmitir luz a su través, pero soluciona el problema de la distorsión a un costo menor. En los lentes de muy alta calidad, la utilización de lentes gruesas y lentes esféricas simples o combinadas entre sí, logran reducir la aberración esférica a valores inferiores al 1%.

El astigmatismo es otro efecto indeseable y se produce como un desenfoque a lo largo del eje del lente que da como resultado falta de enfoque en el centro de la imagen, cuando el resto se encuentra enfocado. Todo esto se da en la zona central con respecto a los bordes.

Este defecto se corrige mediante la utilización de lentes simples o combinadas o agrupadas adecuadamente de doble radio de curvatura o de curvatura progresiva. En los lentes de alta calidad, este defecto se corrige mediante la utilización de lentes esféricos o de lentes gruesas.

La curvatura de campo es un defecto que se observa con un desenfoque muy marcado en los bordes con respecto al centro de la imagen. Es muy común denominar el efecto de curvatura de campo como barrilito cuando es cercano o de corsete cuando es lejano.

Para eliminar la curvatura de campo, deben colocarse los lentes simples en forma simétrica con respecto a las imágenes primarias y secundarias con curvaturas iguales y opuestas, generalmente combinadas o agrupadas.

7- Distorsión de los colores de la escena

Este es otro tipo de distorsión que se denomina aberración cromática y es la imposibilidad de un lente para enfocar los distintos tipos los colores de la luz blanca, por efecto de los índices de refracción de los lentes para las distintas longitudes de onda de la luz de la escena.

Este defecto es un poco complicado de corregir: hay que apelar a la calidad de los lentes simples en cuanto a su curvatura, con distintas formulaciones de vidrio óptico y con el tratamiento de las superficies de los lentes primarios o simples, con sales especiales depositadas por evaporación por vacío. Las sales más utilizadas son las que contienen elementos halógenos, como el fluoruro de sodio o de magnesio. El espesor del depósito de estos compuestos químicos es del orden de los micrones y es un secreto de cada fabricante.

Con esta corrección se logra el perfecto enfoque para los distintos colores, representados por diferentes longitudes de

onda en todos los objetos de la escena.

Este tipo de corrección para la aberración cromática es muy útil cuando se utilizan las cámaras de tipo día noche, con la remoción del filtro dicróico en forma mecánica, asegurando enfoque de día con luz natural y de noche con iluminación artificial.

Pero para las aplicaciones de estas cámaras especiales día/noche y la utilización de iluminación infrarroja de longitud de onda en el infrarrojo cercano (700-900 nm), es necesario que el lente tenga no solamente corregida la aberración cromática para luz visible, sino también la misma para longitud de onda del infrarrojo u ultravioleta cercano

Este tipo de lentes, corregidos para iluminación IR, permiten enfocar perfectamente con cualquier tipo de iluminación. Se entiende que por esta especialización el costo sea superior a un lente común sin corrección.

8- Sistemas de montaje

Los sistemas de montaje permiten sostener los lentes simples o combinaciones de lentes en sus lugares fijos, para permitir el funcionamiento óptimo del conjunto. Para este fin, los montajes son metálicos, generalmente en aluminio, bronce o acero inoxidable o de plástico técnico de alta estabilidad como el Delrin. Todas las piezas que conforman el montaje poseen roscas de alta precisión tanto para movimientos fijos como móviles o para el control y manejo del diafragma.

Para su uso en la cámara, existen dos tipos universales de montaje: montaje C y montaje CS, ambos a rosca.

El montaje C utiliza rosca 1-32-UN-2A y posee el punto focal a 17,5 mm del zócalo del lente.

El montaje CS utiliza rosca 1-32-UN-2A y posee el punto focal a 12,5 mm del zócalo del lente.

Existen anillos adaptadores para pasar del montaje C al CS.

Para algunas cámaras compactas existen lentes de montaje simple, con diámetros muy pequeños que no tienen montura normalizada, sin rosca y que se ajustan a tornillo. Estos lentes son de baja calidad y algunos se fabrican en plástico.



9- Rango de temperatura

Los lentes de alta calidad permiten un rango de temperatura amplio, determinado por el montaje especial y la elección de los vidrios ópticos de alta calidad correspondientes.

En general, los fabricantes garantizan los siguientes valores: Lentes de distancia focal fija con o sin iris: -30°C a 70°C.

Lentes de distancia focal variable de ajuste manual con o sin iris: -20°C a 70°C.

Lentes de distancia focal variable motorizados con iris motorizado: -20°C a 70°C.

Lentes de distancia focal variable con autoiris: -20°C a 50°C.

10- Resolución

Cuando se diseña un lente corrigiendo todas las aberraciones inherentes al sistema, también se tiene en cuenta un factor importante que es la resolución del lente.

La utilización de elementos simples de alta calidad, su agrupamiento, su correcto tratamiento de superficie y la elección de un sistema de montaje de precisión, ayudan a tener un lente que reproduce fielmente la imagen de la escena.

Los fabricantes de lentes de alta calidad ponderan esta cualidad con una medición que se expresa en resolución en líneas por milímetro. Ya que las cámaras tienen una resolución acorde al sensor electrónico que usan, la lista es la siguiente:

- Cámaras comunes: resolución 420 LTV.
- Cámaras elaboradas: 420 a 540 LTV.
- Cámaras muy elaboradas: 600 a 1250 LTV .
- Cámaras especiales: 1300 a 10000 LTV.

Los lentes, en tanto, se catalogan de la siguiente manera:

- Lentes de uso general: resolución 50 líneas por milímetro
- Lentes de alta calidad: hasta 150 líneas por milímetro
- Lentes de muy alta calidad: hasta 500 líneas por milímetros
- Lentes muy especiales: hasta 1000 líneas por milímetro.

Los lentes de alta resolución tienen una aplicación directa en las cámaras de alta y muy alta resolución, hasta 16 megapíxeles, debido a la necesidad de un adecuado enfoque, ausencia de distorsión en toda la escena o debido a la ampliación electrónica que se realiza para la correcta observación.

Continúa en página 192

Angulo horizontal de visión

Distancia focal	Sensor 1/4	Sensor 1/3	Sensor 1/2
1.6 mm	180.00	180.00	-
2.2 mm	92.60	-	-
2.8 mm	71.54	94.28	-
3 mm	64.24	-	-
3.4 mm	64.89	89.55	-
3.5 mm	58.74	79.83	-
3.6 mm	53.90	72.00	-
3.7 mm	53.54	71.02	93.65
4 mm	49.18	63.89	-
4.2 mm	47.87	64.27	86.77
4.8 mm	41.68	55.11	72.37
5.8 mm	33.77	44.07	-
6 mm	32.97	43.55	56.93
6.2 mm	32.44	42.82	56.12
6.3 mm	31.26	41.12	-
6.5 mm	29.94	39.73	52.52
7.5 mm	26.15	31.52	45.05
8 mm	25.15	33.31	43.88
8.5 mm	24.02	31.87	42.09
9 mm	22.30	29.60	39.11
10 mm	19.89	26.41	34.96
10.5 mm	18.97	25.24	33.49
12 mm	16.55	22.06	29.42
12.5 mm	16.21	21.53	28.51
15 mm	13.29	17.69	23.54
16 mm	12.70	16.91	22.48
25 mm	8.23	10.97	14.62
38 mm	5.59	7.43	-
48 mm	4.42	5.86	7.73
50 mm	4.13	5.50	7.32
58 mm	3.62	4.78	-
75 mm	2.75	3.67	4.90
90 mm	2.33	3.08	-
105 mm	2.02	2.68	3.56
120 mm	1.76	2.34	3.09
140 mm	1.52	2.02	2.68
180 mm	1.18	1.57	2.09
240 mm	0.88	1.17	1.56