

# 1

## Profundidad de campo

Introducción .....	1
Efecto desenfoque	
Cálculo básico de la zona enfocada .....	2
Parámetros de entrada	
Salida del programa	
Ecuaciones que relacionan E/S	
Mejorando el programa: <i>if/else</i> .....	4
Simplificación de ecuaciones	
Control de rango válido: <i>if/else</i>	

### 1.1 Introducción

El uso de una cámara fotográfica puede resultar extremadamente sencillo, pues contiene funciones automáticas que resuelven la mayoría de las necesidades de un aficionado. Incluso para las cámaras de gama alta, se puede seleccionar el modo automático o semiautomático. Sin embargo, un usuario avanzado o profesional necesita conocer en profundidad algunos detalles de cómo se captura la imagen.

En este proyecto se van a resolver problemas asociados con el *cálculo de la profundidad de campo*<sup>1</sup> para obtener las distancias en las que los objetos aparecen nítidos en una fotografía.

No, no se preocupe, no es necesario saber nada sobre fotografía. Sólo se van a incluir los detalles necesarios para entender la conexión de las ecuaciones con el problema real. Además, no se da ninguna garantía sobre los resultados que se obtiene con este guión.

#### 1.1.1 Efecto desenfoque

Una técnica común en fotografía es el uso del desenfoque para resaltar el motivo que se está fotografiando. Es una forma de enfatizar el elemento principal al ser el único que está enfocado. De alguna forma creamos un efecto de profundidad, lo separamos del primer plano y del fondo mediante este emborronamiento del resto de elementos. Un ejemplo de fondo desenfocado se muestra en la cabecera de este guión.

Se puede realizar un estudio geométrico para deducir cuáles serán las distancias que determinan la zona enfocada o nítida. En la figura 1.1 se muestra un esquema simple para resaltar algunos de los parámetros y la parte de la geometría que determina las ecuaciones del problema.

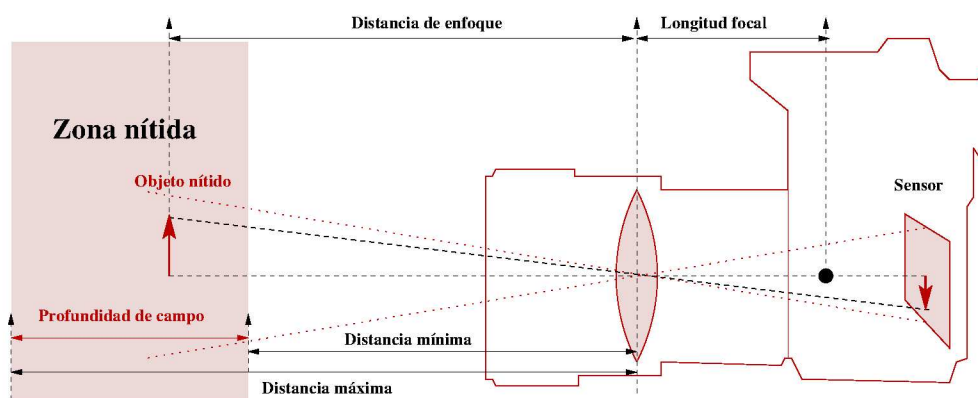


Figura 1.1  
Zona de enfoque.

Sin entrar en detalles de óptica y deducciones matemáticas, en esta práctica vamos a escribir programas que ayuden al fotógrafo a determinar los mejores parámetros que puede fijar en su cámara para obtener la zona nítida deseada.

<sup>1</sup>Depth of field en inglés.

## 1.2 Cálculo básico de la zona enfocada

Formular el problema implica estudiar cuáles son los parámetros de entrada, los de salida, y la relación entre ellos.

### 1.2.1 Parámetros de entrada

En primer lugar, tengamos en cuenta que realmente no existe una definición única y universal de zona enfocada. Si estamos hablando de algo perceptual, decir que algo está enfocado dependerá de qué persona lo evalúe, del tamaño de visualización de la imagen e incluso la distancia desde la que la veamos. No entramos en detalles en este documento, simplemente sepa que se han fijado unas condiciones concretas para decir que un punto está enfocado.

#### Tamaño del sensor

Tenemos que fijar un tamaño en el sensor que indique el *máximo círculo* que puede considerarse aceptable como representación de un punto, aunque no esté perfectamente enfocado. Este círculo se llama *círculo de confusión*.

Depende del tamaño del sensor, por tanto, dependerá de la cámara que usemos. Nuestro programa debe ser válido para distintas cámaras, por lo que tendremos que introducir este tamaño del círculo de confusión.

Aumentar el tamaño del sensor da lugar a un círculo de confusión más grande y por tanto acorta la profundidad de campo.

#### Longitud focal

La longitud focal permite variar el ángulo de visión de la fotografía. Cuanto mayor sea esta longitud, menor será el ángulo de visión (véase figura 1.1). Dicho de otra forma, los objetos se verán más grandes.

Hay objetivos de longitud fija —por ejemplo, de 50mm— y otros que permiten modificarla al tener un rango de posibilidades —por ejemplo, 24-105mm— para que el usuario seleccione la deseada.

La longitud focal afecta a la profundidad; aumentar la longitud focal permite acortar la profundidad de campo.

#### Distancia de enfoque

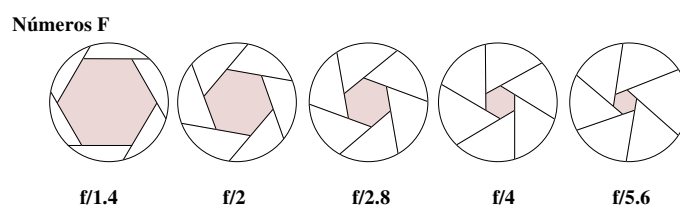
Una vez fijada la focal, el fotógrafo tiene que enfocar la imagen. Puede hacerlo manual o automáticamente; en cualquier caso, lo que está fijando es la distancia del plano que aparecerá perfectamente nítido en la imagen. Lógicamente, puntos algo más cercanos o lejanos también pueden —más o menos— aparecer como enfocados (véase “zona nítida” en la figura 1.1).

Situar la distancia de enfoque más cerca o más lejos desplazará la zona nítida, es decir, la distancia mínima y máxima. Pero no sólo eso, sino que puede modificar la profundidad de campo.

La distancia de enfoque afecta a la profundidad; disminuir la distancia al plano enfocado permite acortar la profundidad de campo.

#### Número f

Un parámetro especialmente importante para la profundidad de campo es el que se denomina *número f*. Hace referencia a la apertura del diafragma, una sistema que permite abrir o cerrar la entrada de luz a través del objetivo. En la figura 1.2 se observa la idea del sistema, una serie de cortinas que pueden cerrar el paso de la luz.



**Figura 1.2**  
Número f.

El hecho de que se llame *número f* se debe a que se utiliza un valor normalizado para hacerlo independiente de la longitud focal y del diámetro concreto de la lente. Por ejemplo, si usa un tubo de 5 cm de diámetro para introducir luz en una habitación, la cantidad de luz que entra depende también de su longitud; imagine que tiene 1 cm de longitud o 1 metro.

Como ejemplo, posibles valores que podrían fijarse son:

1	1.1	1.2	1.4	1.6	1.8
2	2.2	2.5	2.8	3.2	3.5
4	4.5	5.0	5.6	6.3	7.1
8	9	10	11	13	14
16	18	20	22	25	29
32	36	40	45	51	57

### 1.2.2 Salida del programa

Con los parámetros anteriores se deben calcular varios datos, incluyendo la profundidad de campo que motiva este guión. En concreto, se calcula:

- *Hiperfocal*. Corresponde a la distancia de enfoque que maximiza la profundidad de campo. En concreto, la zona enfocada abarca desde la mitad de la hiperfocal hasta el infinito.
- *Distancia mínima*. Distancia al comienzo de la zona enfocada (véase figura 1.1).
- *Distancia máxima*. Distancia al final de la zona enfocada (véase figura 1.1). Esta distancia podría ser infinita<sup>2</sup> lo que da lugar a valores sin sentido en las ecuaciones que se presentan. Ignore, por ahora, este inconveniente.
- *Profundidad de campo*. Tamaño de la zona enfocada.

### 1.2.3 Ecuaciones que relacionan E/S

Probablemente, para realizar el programa, esta sección es la que le resultará más útil. Se presentan los parámetros de entrada, los de salida y la relación entre ellos.

#### Nombre de los parámetros de entrada

Los parámetros de entrada al programa son:

- Círculo de confusión:  $c$ .
- Longitud focal:  $f$ .
- Distancia de enfoque:  $d$ .
- Número f:  $N$ .

Tenga en cuenta que los valores de los tres primeros son distancias que deben darse en la misma unidad de medida.

#### Nombre de los parámetros de salida

Los parámetros de salida del programa son:

- Hiperfocal:  $H$ .
- Distancia mínima de la zona enfocada:  $D_{min}$ .
- Distancia máxima de la zona enfocada:  $D_{max}$ .
- Profundidad de campo:  $P$ .

#### Ecuaciones de cálculo

Teniendo en cuenta los nombres que se acaban de presentar, las ecuaciones para calcular los resultados son:

$$H = \frac{f^2}{N \cdot c} + f$$

$$D_{min} = \frac{d \cdot f^2}{f^2 + N \cdot c \cdot (d - f)} \quad D_{max} = \frac{d \cdot f^2}{f^2 - N \cdot c \cdot (d - f)}$$

$$P = \frac{2 \cdot d \cdot f^2 \cdot N \cdot c \cdot (d - f)}{f^4 - N^2 \cdot c^2 \cdot (d - f)^2}$$

Las distancias obtenidas estarán en la misma unidad que las entradas. Por ejemplo, si hemos dado valores en milímetros, las distancias estarán también en milímetros.

#### Ejemplo de valores de E/S

Si damos la siguiente entrada:

- Círculo de confusión: 0.019.
- Longitud focal: 24.
- Distancia de enfoque: 5000.
- Número f: 2.8.

Se deberían obtener los siguientes valores:

- Hiperfocal: 10851.1.
- Distancia mínima de la zona enfocada: 3425.62.
- Distancia máxima de la zona enfocada: 9252.22.
- Profundidad de campo: 5826.59.

donde todas las distancias se han expresado en milímetros.

**Ejercicio 1.1** Escriba un programa que implemente el cálculo que se ha descrito. Ignore las situaciones en las que los resultados dan lugar a números negativos.

<sup>2</sup>Si se enfoca a distancia hiperfocal o superior.

## 1.3 Mejorando el programa: *if/else*

El programa anterior tiene algunos defectos que hacen incómodo su uso. Especialmente, deberíamos mejorar:

- La comprobación de los valores de entrada.
- Los resultados correspondientes a valores de infinito deberían presentarse adecuadamente.

En las siguientes secciones se proponen varias modificaciones para aprovechar la instrucción **if/else** para la mejora del programa.

### 1.3.1 Simplificación de ecuaciones

En primer lugar, la mejora del programa también incorporará la simplificación de las ecuaciones que calculan los parámetros de salida. En concreto, vamos a mantener la ecuación para la hiperfocal —que hemos llamado  $H$ — pero vamos a simplificar el resto:

$$D_{min} = \frac{d \cdot (H - f)}{H + d - 2 \cdot f} \quad D_{max} = \frac{d \cdot (H - f)}{H - d}$$

$$P = D_{max} - D_{min}$$

**Ejercicio 1.2** Modifique el programa implementado en el ejercicio 1.1 cambiando las correspondientes expresiones por las anteriores. Compruebe que obtiene los mismos resultados.

### 1.3.2 Control de rango válido: *if/else*

Para mejorar el programa, vamos a establecer un rango de valores válido para que el programa no realice los cálculos si el usuario introduce valores incorrectos.

Recuerde que seguimos suponiendo que el usuario introduce un valor; puede ser un valor incorrecto, pero no suponemos un error de entrada/salida como introducir una letra en lugar de un número.

#### Rangos de entrada/salida

El programa realizará las operaciones de *E/S en milímetros*. De esta forma, será más sencillo establecer las constantes que determinan los rangos de entradas válidas. En concreto, éstos son:

- Círculo de confusión en el rango  $[0.001, 0.019]$ .
- Número  $f$  en el rango  $[0.5, 64]$ .
- Longitud focal en el rango  $[5, 2000]$ .
- Distancia de enfoque en el rango  $[1, \infty]$ .

Además, las dos últimas medidas están relacionadas, pues la distancia de enfoque no puede ser nunca menor a la longitud foca. Para resolver esta situación, el programa pedirá los dos valores de forma que si la distancia es menor, se entenderá que están al revés y el programa las invertirá automáticamente (véanse los ejemplos más adelante).

#### Diseño de la solución

Para crear un programa más legible y fácil de modificar, la solución deberá:

- Definir constantes que determinan los límites de los rangos válidos.
- Separar la parte de entrada de la parte de cálculo y salida.

El programa deberá incluir una variable booleana que indica si las entradas han sido correctas. En la parte de la lectura, se realizan las comprobaciones de valores correctos y se refleja en esta variable si ha habido algún error.

En la segunda parte de la función **main**, se comprueba el valor de esta variable para escribir un mensaje de error o realizar los cálculos y escritura de resultados.

Tenga en cuenta que un valor negativo en la distancia máximo o en la profundidad de campo no es un error. Indicará que el valor es infinito. Esto ocurre cuando la distancia de enfoque es la hiperfocal o superior. Por tanto, deberá tener cuidado de reflejar un valor infinito en estos casos.

#### Ejemplos de prueba con éxito

Un ejemplo que ya se ha presentado es el siguiente:

```

Consola
No olvide que distancias y longitudes están en milímetros...
Introduzca círculo de confusión 0.001 a 1: 0.019
Introduzca el número f 0.5 a 64: 2.8
Introduzca la longitud focal [5,2000] y distancia de enfoque (desde 1): 24 5000
Hiperfocal obtenida: 10851.1
Distancia de nitidez aceptable: desde 3425.62 a 9252.22
Profundidad de campo: 5826.59
  
```

Por otro lado, si el valor de enfoque está más allá de la hiperfocal, deberá aparecer un valor *infinito* en la parte de resultados:

```
Consola
No olvide que distancias y longitudes están en milímetros...
Introduzca círculo de confusión 0.001 a 1: 0.019
Introduzca el número f 0.5 a 64: 2.8
Introduzca la longitud focal [5,2000] y distancia de enfoque (desde 1): 24 11000
Hiperfocal obtenida: 10851.1
Distancia de nitidez aceptable: desde 5462.43 a infinito
Profundidad de campo: infinito
```

Sin olvidar que los valores introducidos en un orden incorrecto no generan un error, sino un aviso. Por ejemplo, el mismo ejemplo anterior:

```
Consola
No olvide que distancias y longitudes están en milímetros...
Introduzca círculo de confusión 0.001 a 1: 0.019
Introduzca el número f 0.5 a 64: 2.8
Introduzca la longitud focal [5,2000] y distancia de enfoque (desde 1): 11000 24
Valores imposibles: suponemos invertidas...
Hiperfocal obtenida: 10851.1
Distancia de nitidez aceptable: desde 5462.43 a infinito
Profundidad de campo: infinito
```

### Ejemplos de prueba sin éxito

Un error al introducir un *círculo de confusión* erróneo:

```
Consola
No olvide que distancias y longitudes están en milímetros...
Introduzca círculo de confusión 0.001 a 1: 2
Error: El círculo debe estar en [0.001,1]
Vuelva a introducir los valores...
```

Por otro lado, también se puede producir algo similar si nos equivocamos en el *número f*:

```
Consola
No olvide que distancias y longitudes están en milímetros...
Introduzca círculo de confusión 0.001 a 1: 0.019
Introduzca el número f 0.5 a 64: 100
Error: El número F debe estar en [0.5,64]
Vuelva a introducir los valores...
```

Sin olvidar que los valores invertidos también tendrán que comprobarse:

```
Consola
No olvide que distancias y longitudes están en milímetros...
Introduzca círculo de confusión 0.001 a 1: 0.019
Introduzca el número f 0.5 a 64: 2.8
Introduzca la longitud focal [5,2000] y distancia de enfoque (desde 1): 3000 3
Valores imposibles: suponemos invertidos...
Error: La focal debe estar en [5,2000]
Vuelva a introducir los valores...
```

**Ejercicio 1.3** Escriba un programa que implemente el comportamiento que se acaba de describir. Tenga en cuenta que deberá incluir constantes, variables, expresiones y la instrucción **if/else**.