

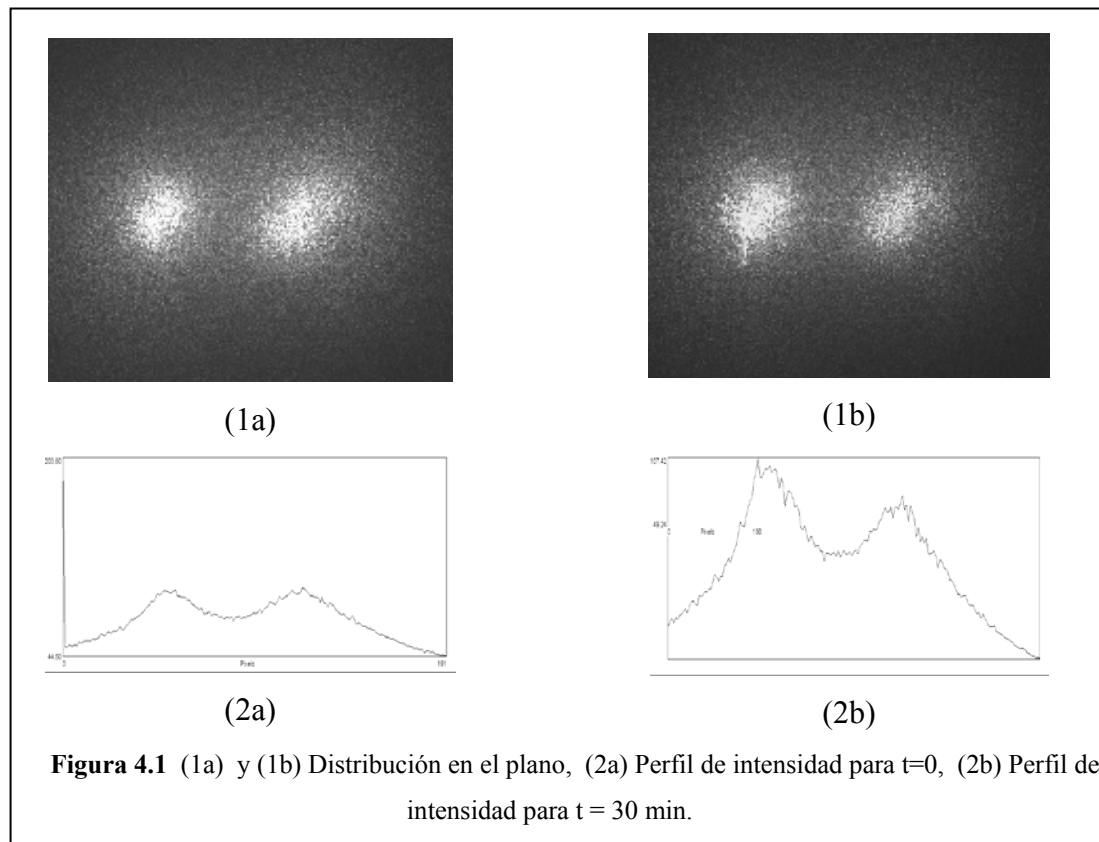
## Capítulo 4

### Resultados experimentales.

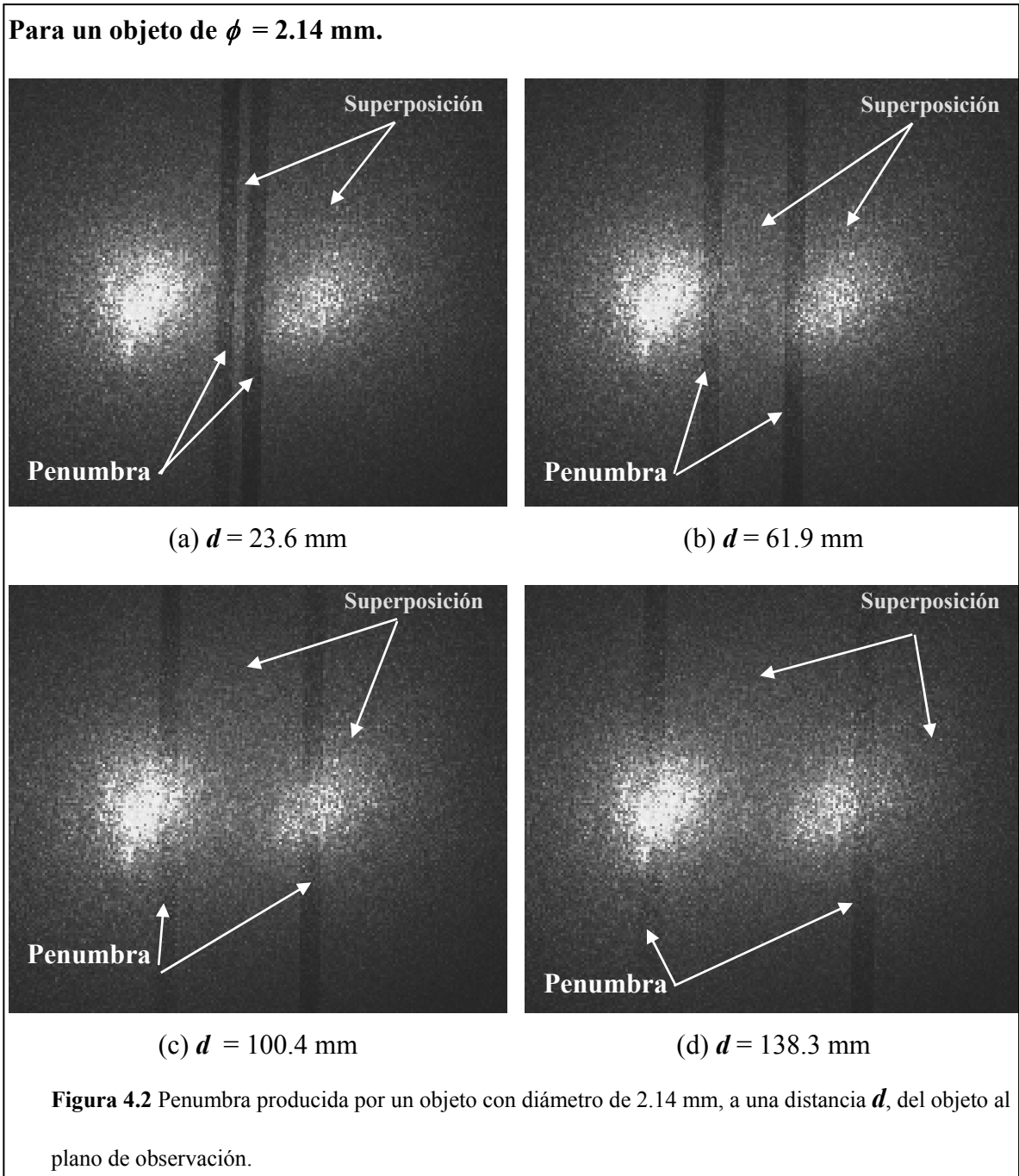
A continuación se muestra el proceso que se llevó a cabo para calcular el diámetro del objeto, y su distancia al plano de observación, para cuatro diferentes diámetros.

#### 4.1 Primer Paso.

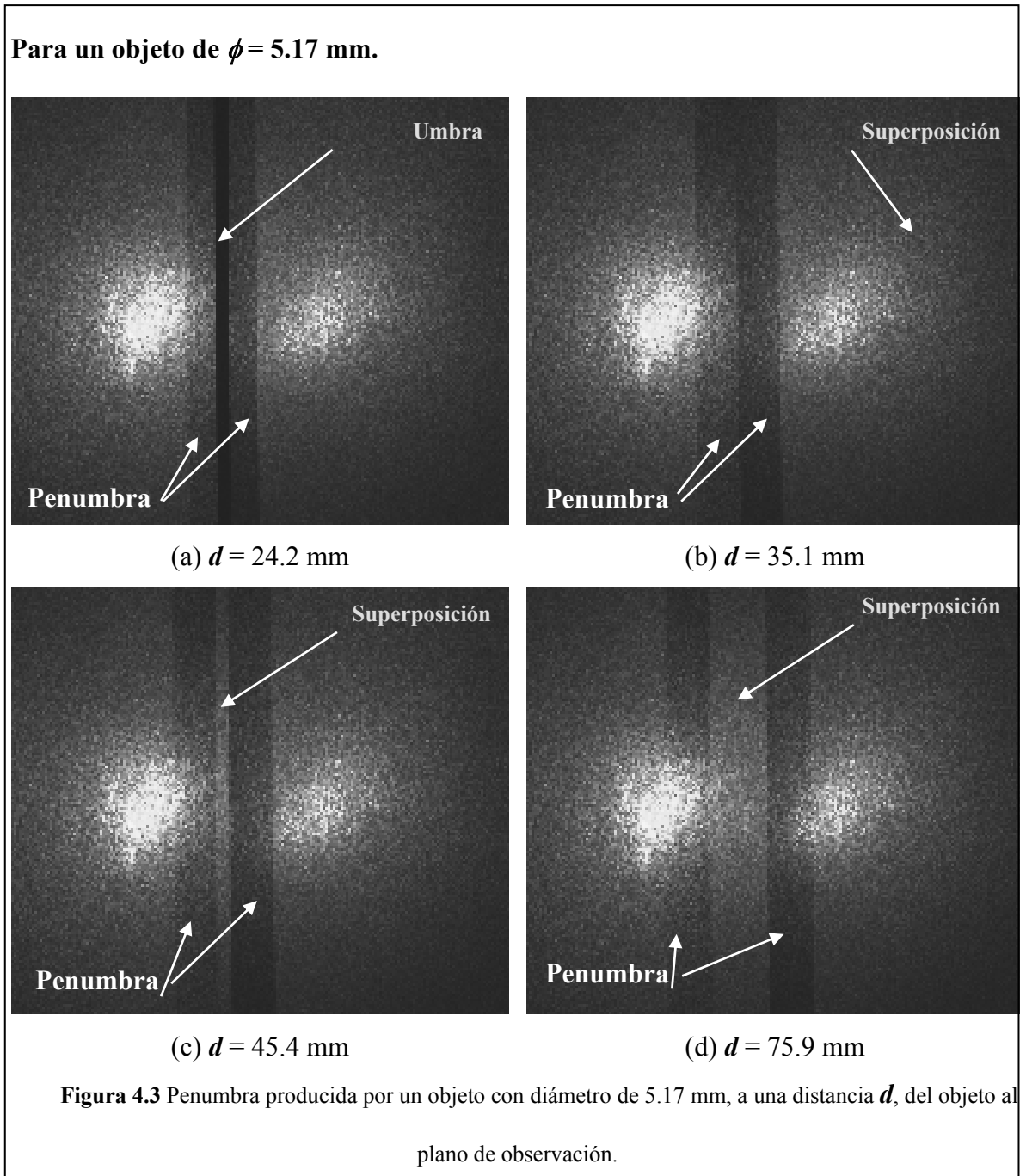
Como se mostró en la figura 3.18 (a), las fuentes luminosas  $S_1$  y  $S_2$ , emiten cada una su propio haz luminoso que se superpone al proyectarse sobre la pantalla de observación, sin embargo, debido a ligeras variaciones de intensidad luminosa, la distribución se comporta de la siguiente forma:



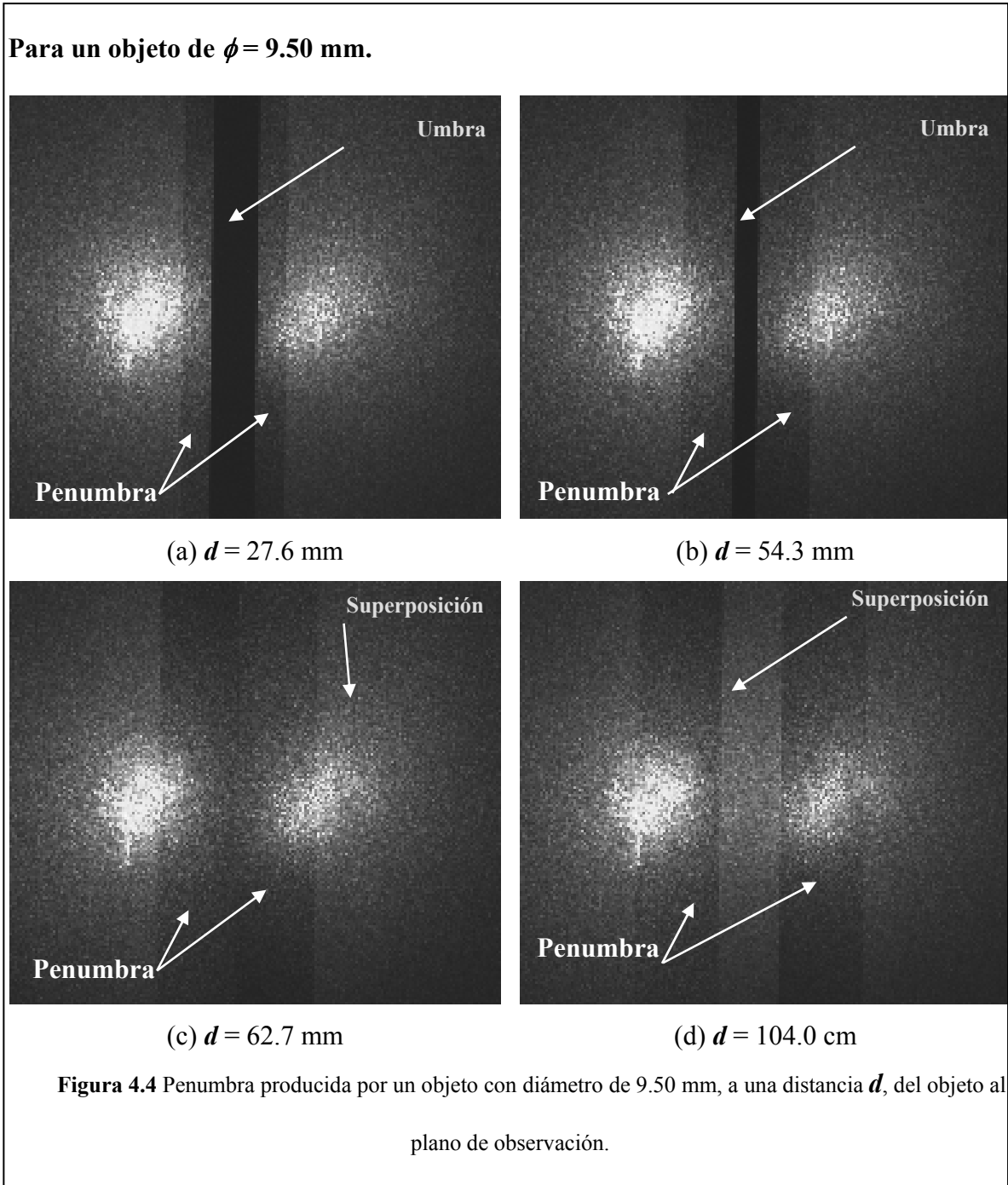
Como se puede ver en la figura 4.1, las variaciones en el tiempo de la intensidad luminosa introducen ruido en el sistema, especialmente a la zona de penumbra que más se acerca a la periferia. Así mismo se muestra como al interponerse los objetos frente a la pantalla de observación se producen las zonas de penumbra, junto con las zonas de umbra y superposición, como se observa en las siguientes figuras:



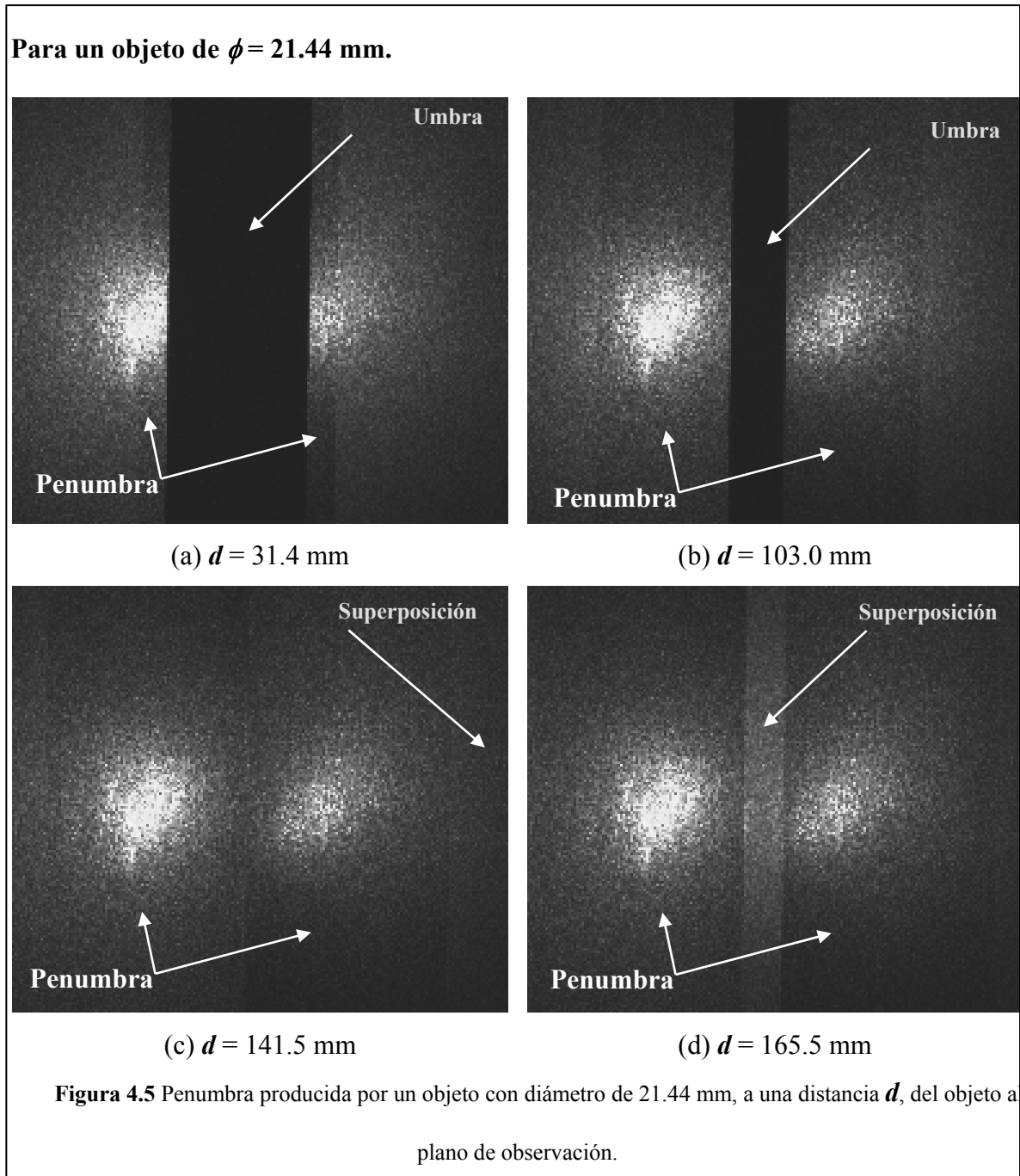
Posteriormente se seleccionó un objeto de aproximadamente el doble del anterior, como se muestra a continuación:



Nuevamente, se analiza un objeto de aproximadamente el doble del diámetro del objeto anterior, obteniendo las siguientes imágenes:

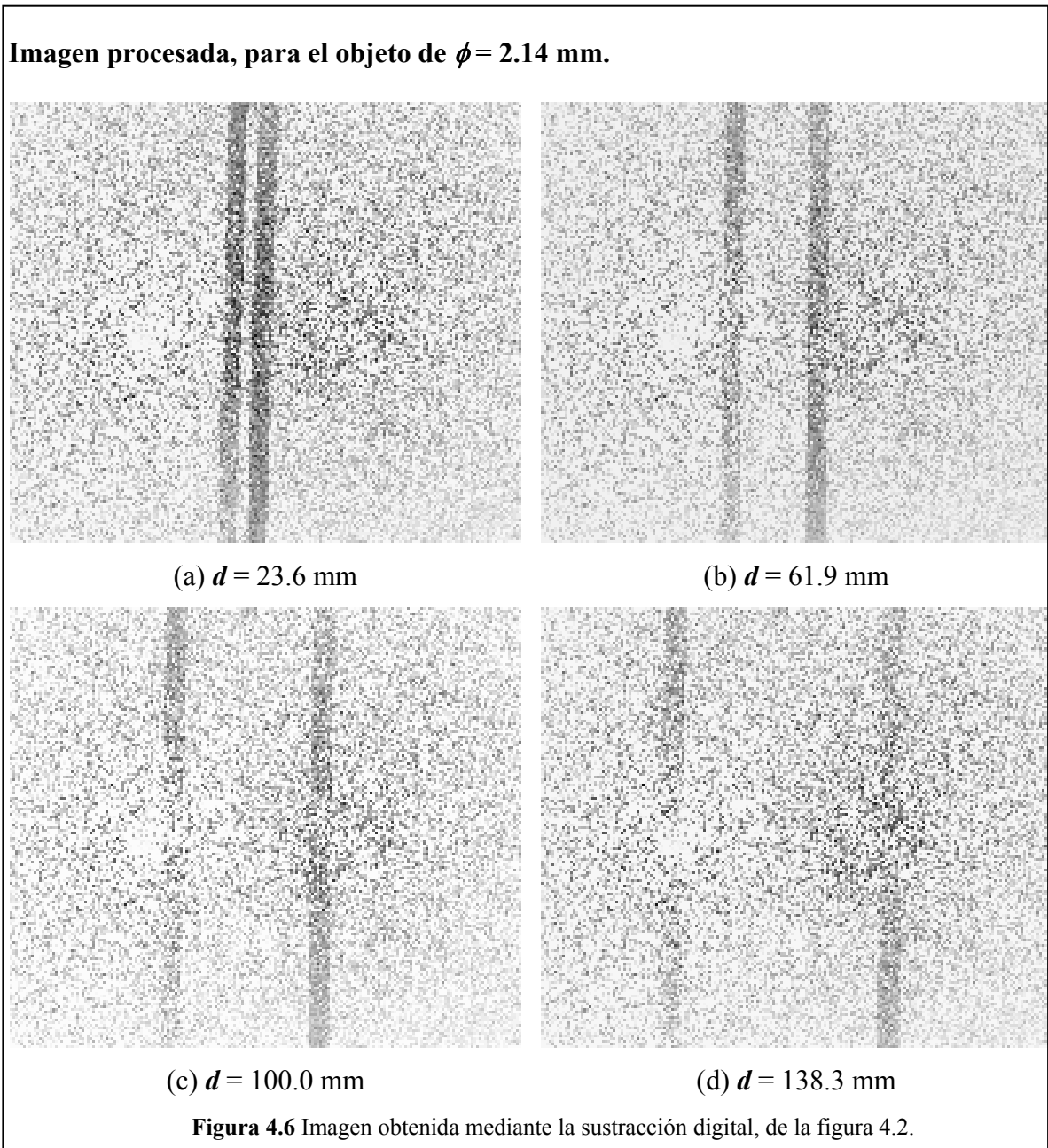


Finalmente, se tomaron datos ahora para un objeto con un diámetro aproximadamente del doble del anterior, como se muestra en la siguiente figura:

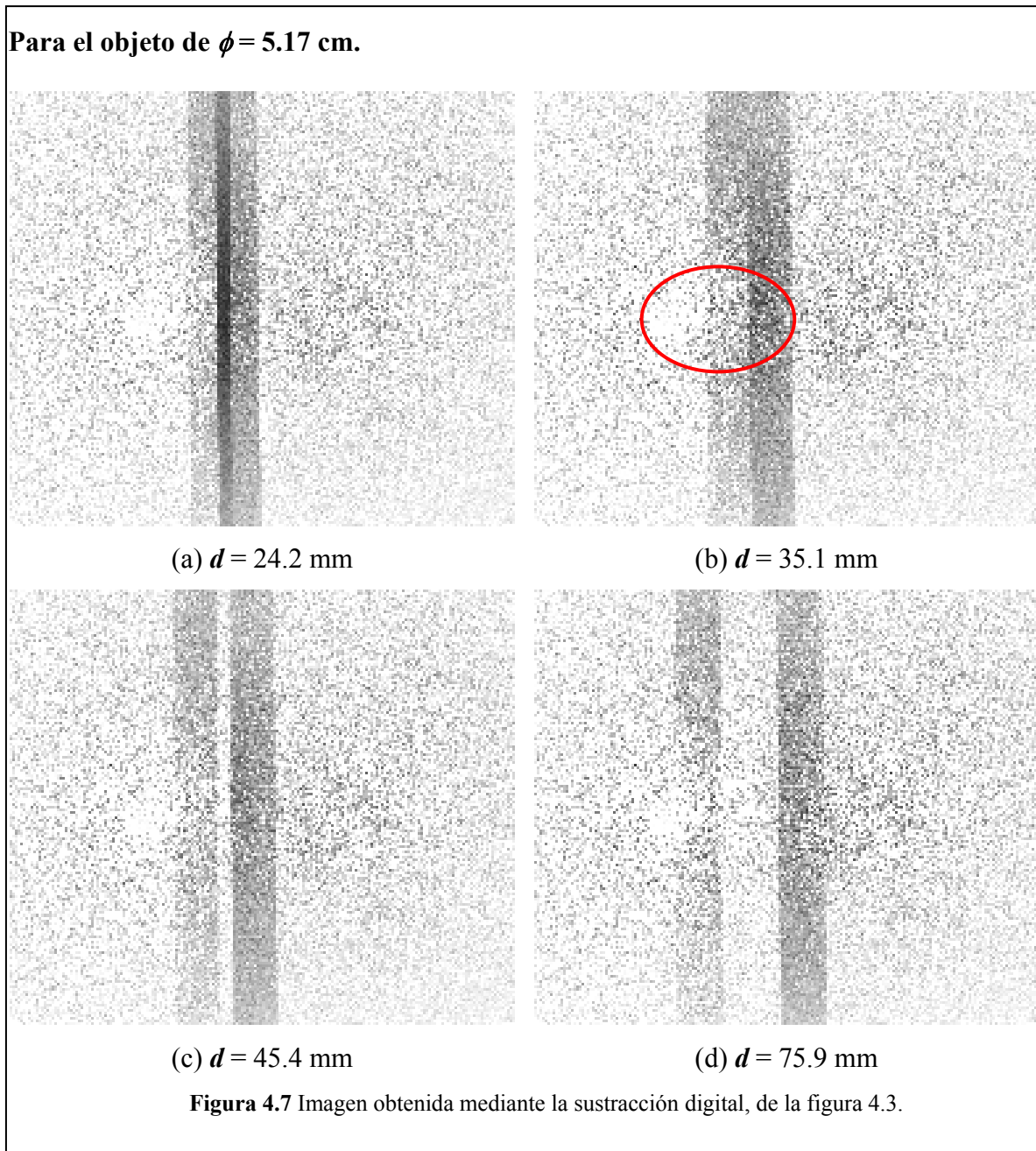


## 4.2 Segundo Paso

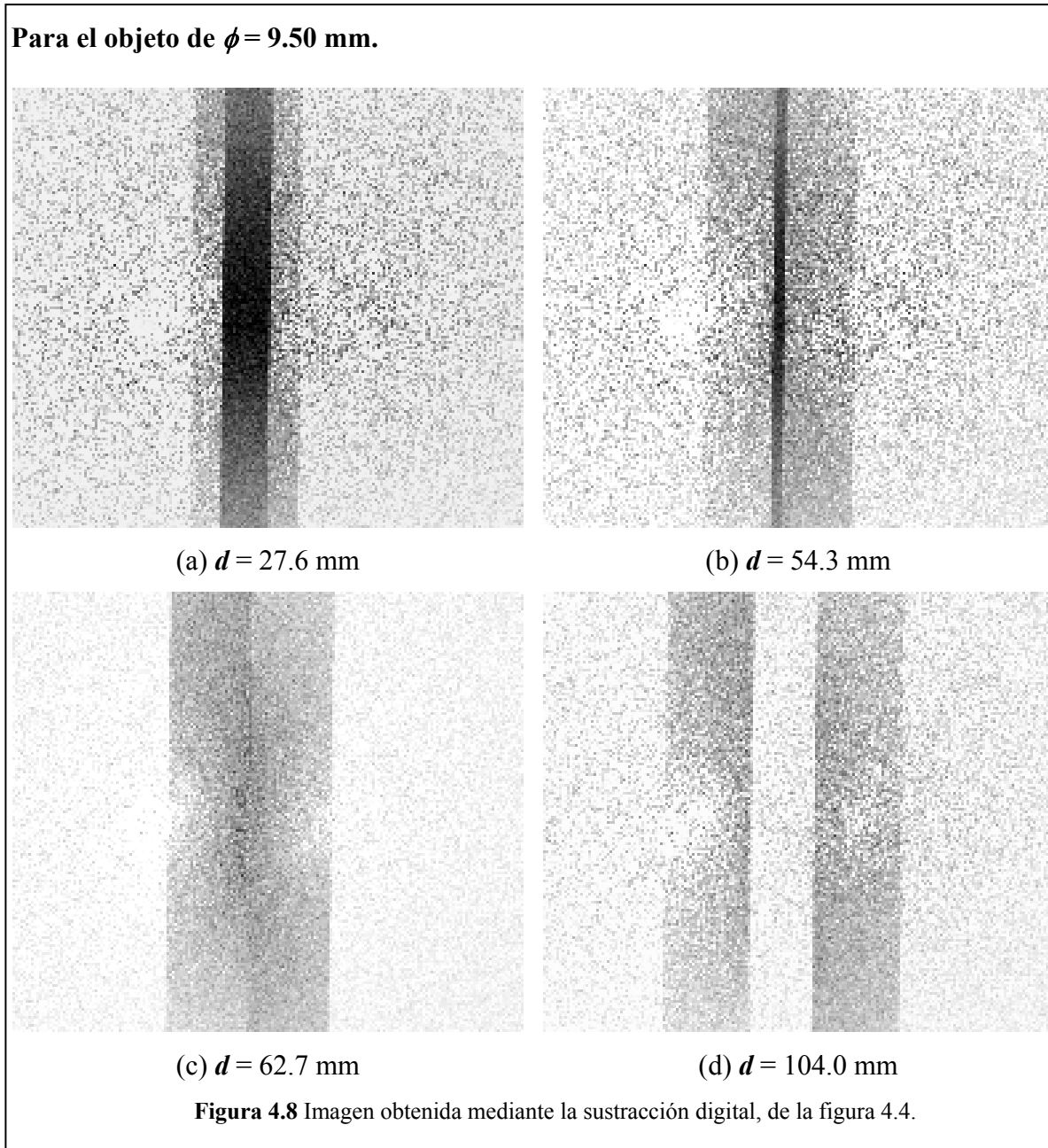
Como se puede observar en las figuras anteriores, es difícil reconocer la zona de penumbra, debido a que esta se difumina en la zona de superposición. Para evitar esto, digitalmente se sustrae la imagen del fondo mediante la ecuación 3.1, y se obtienen las siguientes figuras:



En la figura (a) y (b), se observa como la penumbra es más fácil de localizar reduciendo el ruido. En la figura (c) y (d) la penumbra es notoria, sin embargo existe una región en donde los datos fueron extraídos, afectando la zona central de la penumbra, como se muestra en la imagen (b). Por tal motivo, se evitará tomar mediciones en las zonas afectadas por el tratamiento digital.

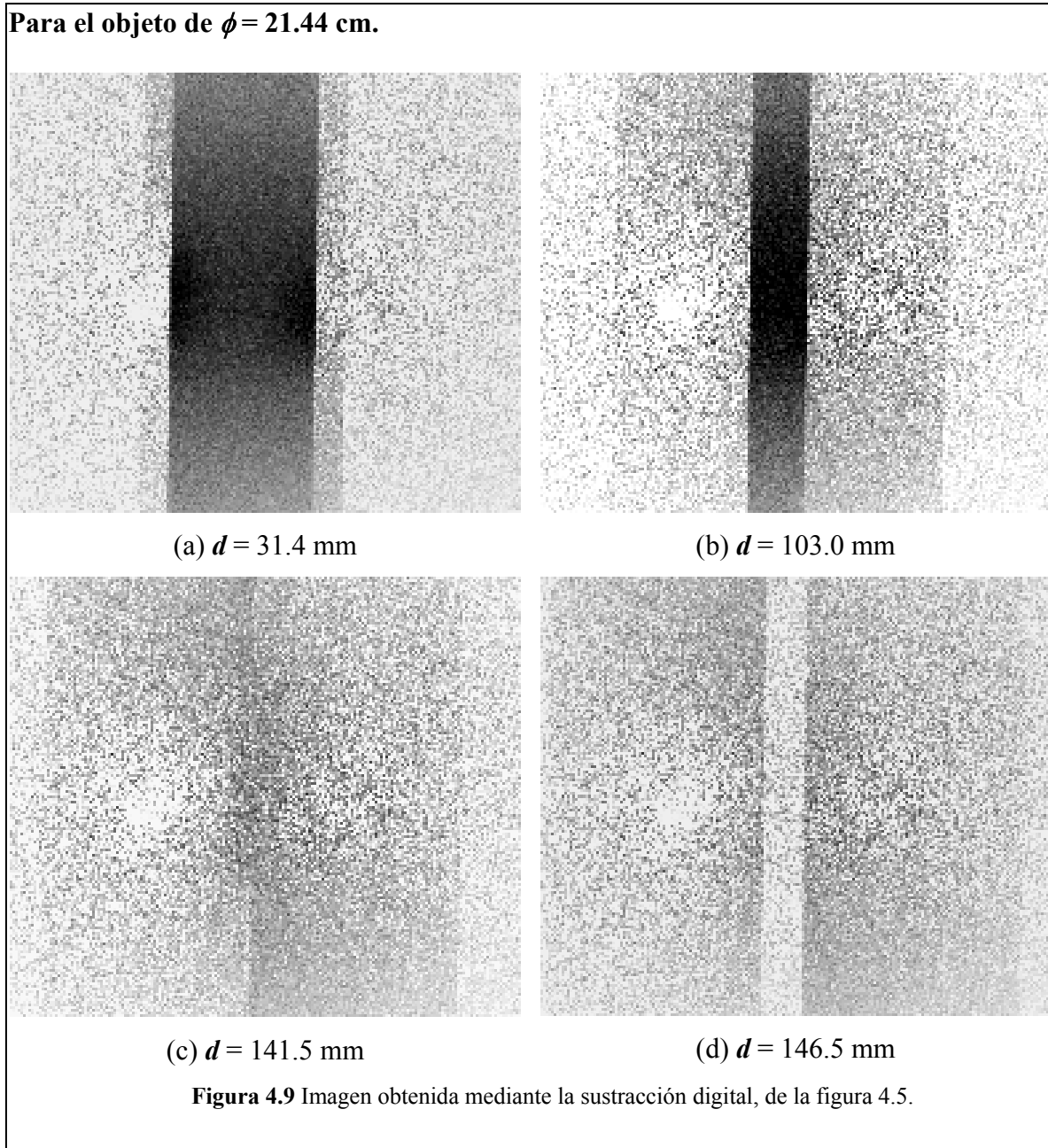


En la imagen (a) de la figura 4.7, se observa mas a detalle la zona de la umbra, y es mas claro distinguir la frontera entre superposición y penumbra.



De las figuras anteriores podemos observar como la penumbra aumenta a medida que el objeto se aleja de la pantalla de observación.





### 4.3 Tercer Paso.

Una vez procesadas las imágenes, mediante el programa **PENUMBRA** diseñado en MATLAB, se identificó las zonas de superposición y umbra, y se calculó la distancia del objeto así como su diámetro, como se comentó en el apartado 3.4.1, obteniéndose los resultados experimentales que se muestran en la tabla 4.1:

TABLA DE RESULTADOS EXPERIMENTALES

Imagen	Diámetro real ( $\phi$ )	Diámetro calculado ( $\phi$ )	Distancia real ( $d$ ) mm	Distancia calculada ( $d$ ) mm
Fig. 4.6-(a)			23.6 ± 0.05 mm	23.58 ± 0.0005 mm
Fig. 4.6-(b)	2.140 ± 0.0005 mm	2.132 ± 0.0005 mm	61.9 ± 0.05 mm	61.94 ± 0.0005 mm
Fig. 4.6-(c)			100.4 ± 0.05 mm	101.02 ± 0.0005 mm
Fig. 4.6-(d)			138.3 ± 0.05 mm	137.96 ± 0.0005 mm
Fig. 4.7-(a)			24.2 ± 0.05 mm	23.96 ± 0.0005 mm
Fig. 4.7-(b)	5.17 ± 0.0005 mm	5.093 ± 0.0005 mm	35.1 ± 0.05 mm	35.18 ± 0.0005 mm
Fig. 4.7-(c)			45.4 ± 0.05 mm	45.37 ± 0.0005 mm
Fig. 4.7-(d)			75.9 ± 0.05 mm	76.38 ± 0.0005 mm
Fig. 4.8-(a)			27.6 ± 0.05 mm	26.98 ± 0.0005 mm
Fig. 4.8-(b)	9.50 ± 0.0005 mm	9.49 ± 0.0005 mm	54.3 ± 0.05 mm	54.43 ± 0.0005 mm
Fig. 4.8-(c)			62.7 ± 0.05 mm	63.15 ± 0.0005 mm
Fig. 4.8-(d)			104.0 ± 0.05 mm	105.13 ± 0.0005 mm
Fig. 4.9-(a)			31.4 ± 0.05 mm	31.38 ± 0.0005 mm
Fig. 4.9-(b)	21.44 ± 0.0005 mm	21.51 ± 0.0005 mm	103.0 ± 0.05 mm	103.87 ± 0.0005 mm
Fig. 4.9-(c)			141.5 ± 0.05 mm	142.13 ± 0.0005 mm
Fig. 4.9-(d)			165.5 ± 0.05 mm	168.29 ± 0.0005 mm

**Tabla 4.1** Comparación de datos experimentales y datos reales.

Los diámetros reales se midieron con un vernier electrónico de 0.0005 mm de precisión, y las distancias reales se midieron con una regla graduada con 0.05 mm de precisión.

En el caso de la distancia y diámetro calculado por el programa, la precisión se tomó midiendo con el vernier el campo de visión que detectó la cámara, por lo cual se le asigna una precisión de 0.0005 mm.

En el siguiente esquema a bloques se muestra el proceso que se realizó para obtener los resultados:

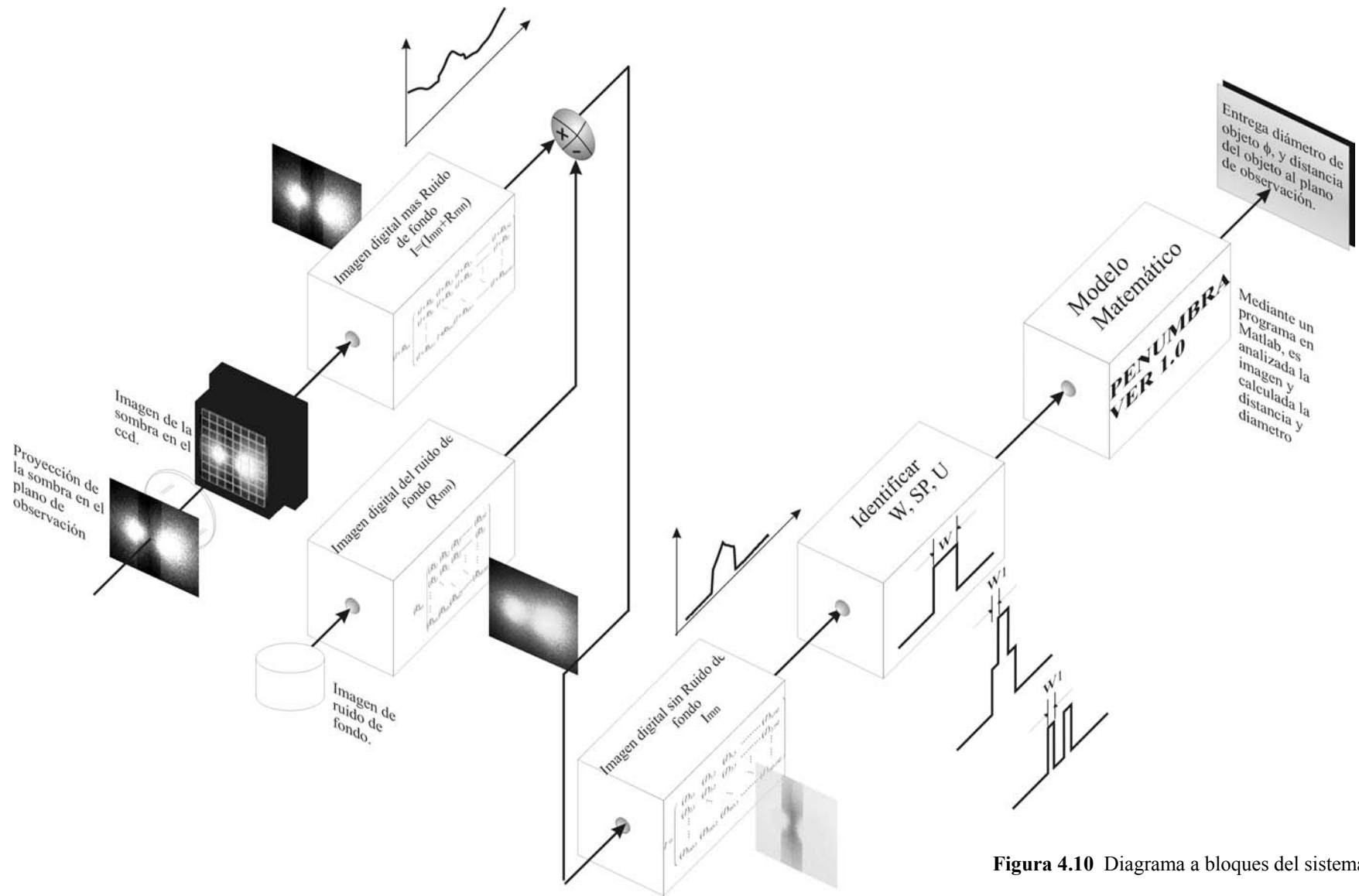


Figura 4.10 Diagrama a bloques del sistema.