

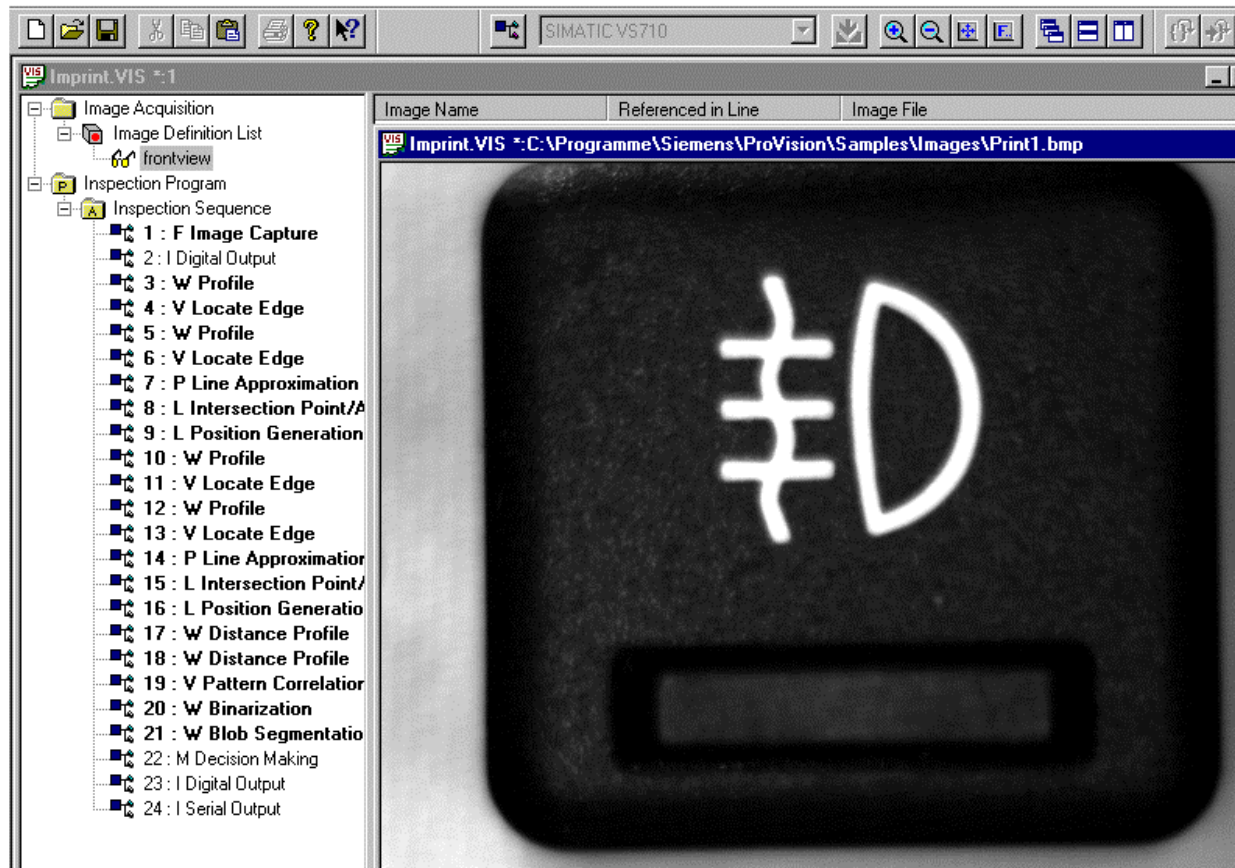
Sistemas Actuales

SIMATIC VS 710 – the first intelligent digital PROFIBUS camera in the world!

- ◆ The ideal solution for distributed automation tasks with image processing
- ◆ System for the low-cost market below 10,000 DM
- ◆ ProVision[®] – Windows 95 parameterization software for configuration of applications on a programming device/PC
- ◆ PC architecture in the camera is also the right platform for image processing experts involved in C programming
- ◆ Benefits: Errors are detected cost-effectively at an early stage – further expensive operations are avoided (intermediate checks instead of final check)

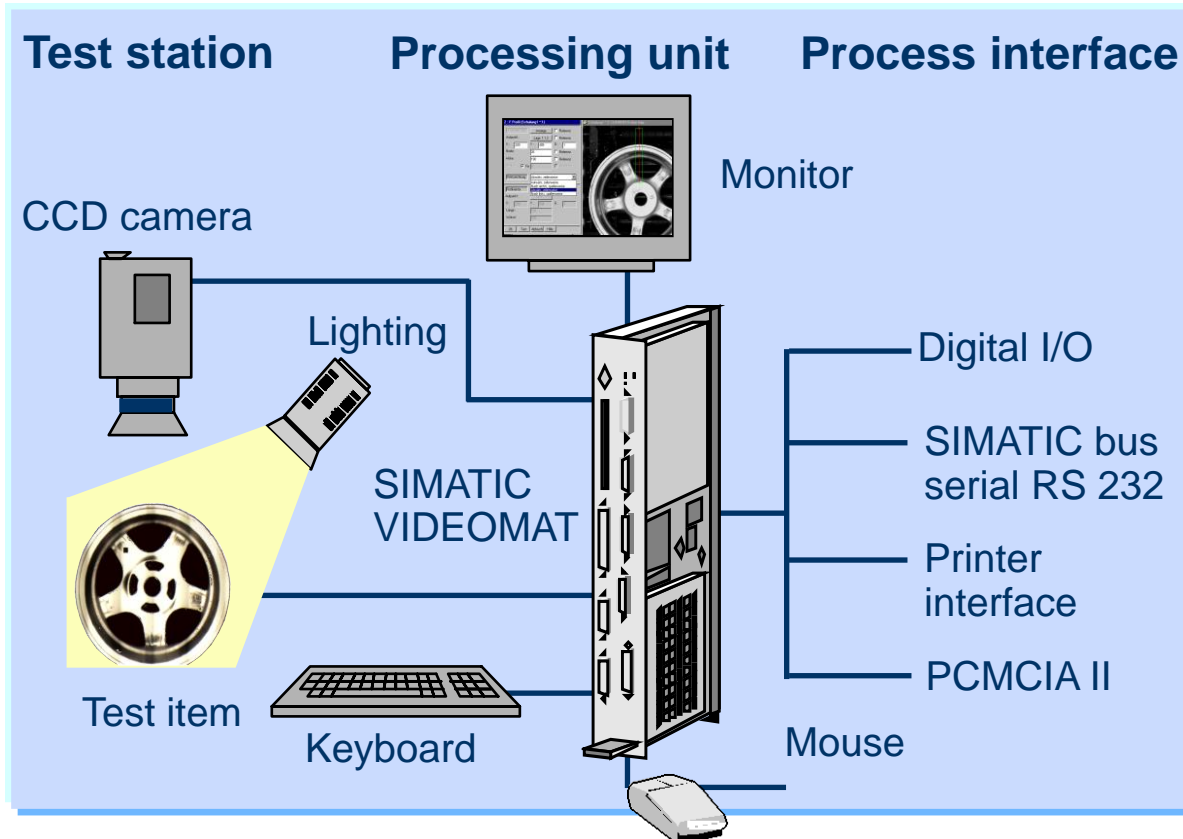
Sistemas Actuales

ProVision - a simple Windows parameterization software for the SIMATIC VS 710



Sistemas Actuales

System components of an image processing solution



Placa digitalizadora

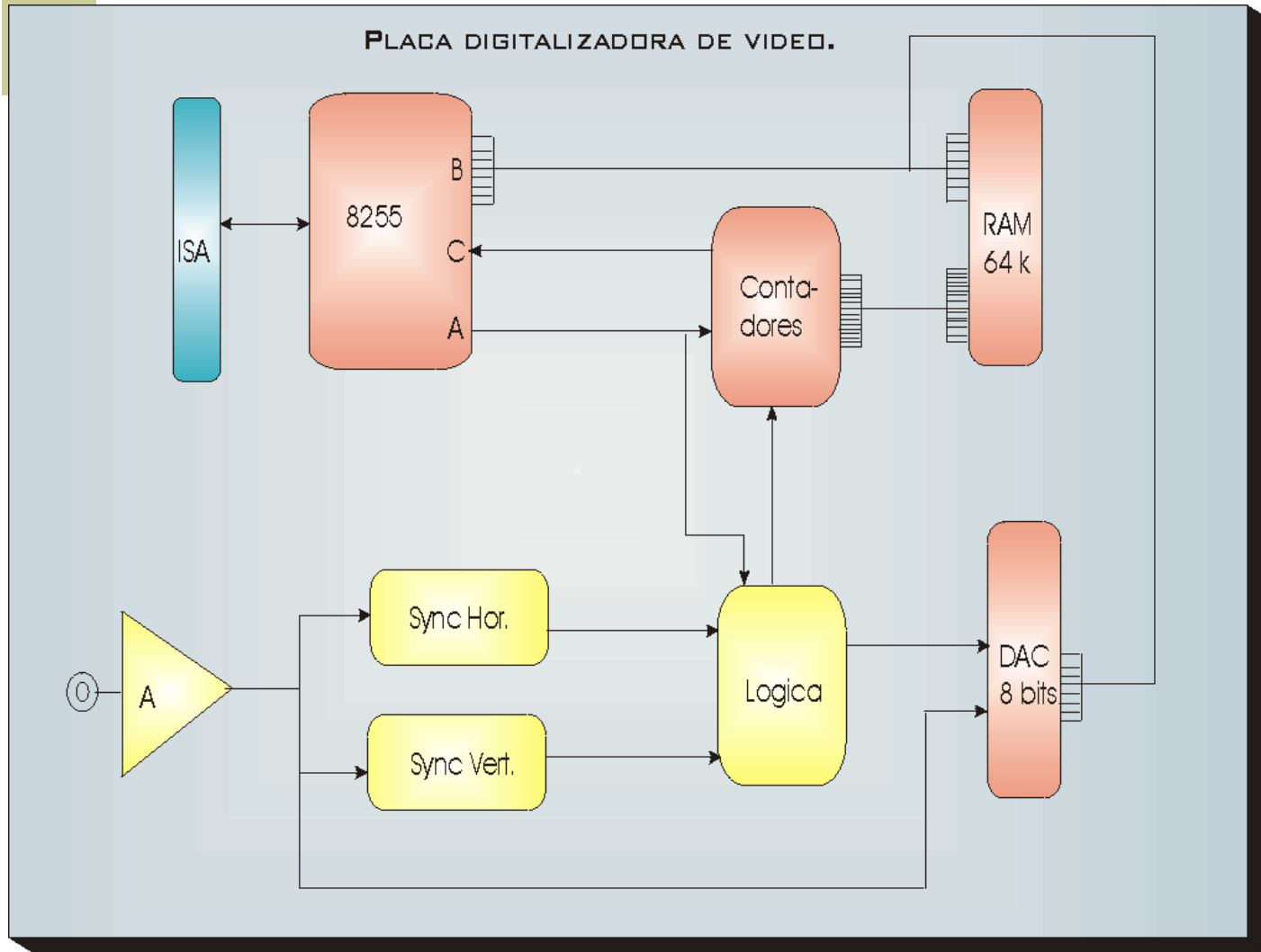
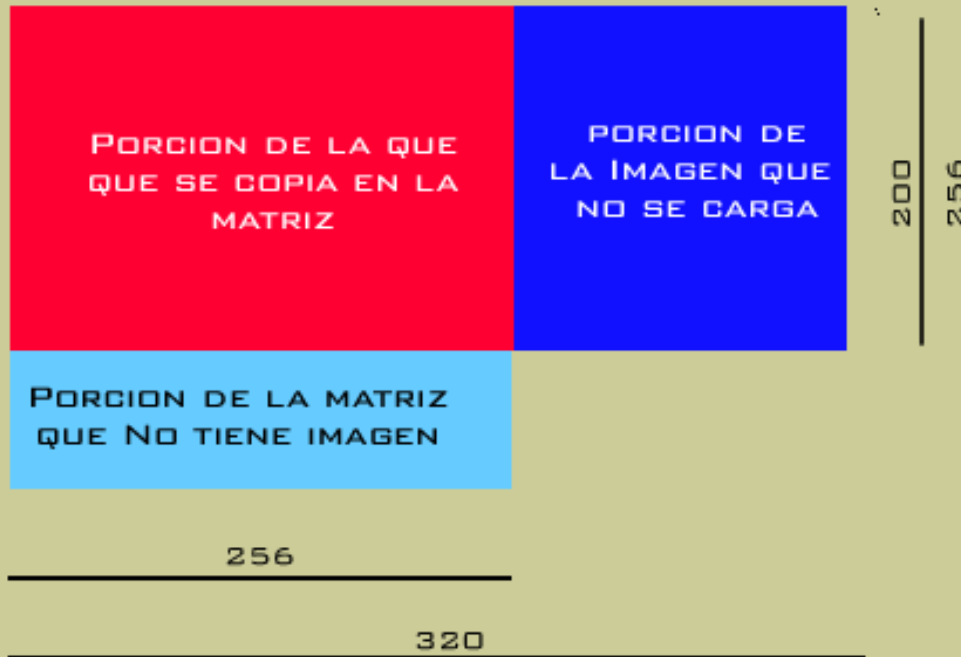


Imagen capturada



LA RAM DE 64K ALMACENA IMAGENES DE 320 X 200

MODD DE VIDEO: 13 H (320 X 200)

MATRICES DE IMAGENES 256 X 256

TODD CON 256 NIVELES DE GRISES.



3. Kit de procesamientos de imágenes desarrollado por el grupo GIA

Acumuladores

A,B (C,D)	matriz 256 * 256
G,H,I	matriz 9*9
J,K,L,M,N,O,P	variable

Q,R,S,T,U	vectores
V,W,X,Y,Z	puntos(x,y)
umbral, inf, sup, nivel, back, size, valor, sig, vm, ventana, cte, xo,yo, factor, modo, incrx, incry, beta, ejex, ejey, tipo, veces	es un numero o una variable : J,K,L,M,N,O,P

Listado (1)

cadena[i][0]	cadena[i][1]	cadena[i][2]	cadena[i][3]	cadena[i][4]	cadena[i][5]	cadena[i][6]	llama a:
EXIT							SALIR()
FDIR	CADENA						DIRECTORIO(CADENA)
FEDIT	CADENA						EDIT(CADENA)
FSAVE	A	CADENA					SAVEIMA(A,SIZE,CADENA)
FSAVEBMP	A	CADENA					WRITEBMP(A, SIZE, CADENA)
LOOP (ENDL)	A	VECES					
VER	A						MUESTRA256 (A, SIZE, X,Y)
VER	Q						MUESTRAVECTOR(Q)
VIDEO (ENDV)	A	VECES					
RUN	CADENA						EJECUTA(CADENA)

Listado (2)

cadena[i][0]	cadena[i][1]	cadena[i][2]	cadena[i][3]	cadena[i][4]	cadena[i][5]	cadena[i][6]	llama a:
A	=	B					COPIA(B, A, SIZE)
J	=	VALOR					
A	AND	B	C				AND(B, C, A, SIZE)
A	BIN	B	umbral				BINARIZA(B, A , SIZE, umbral)
A	CONV	B	TIPO				CONVOL(B,A, SIZE, 3, TIPO)
A	DIL	B	TIPO				
A	ECUAL	B					ECUALIZA(B,A,SIZE)
A	ERO	B	TIPO				
R	FIR	Q	VALOR				FIR(Q,R,VALOR)
A	GIRO	B	BETA	EJEX	EJEY		GIRO(B, A, SIZE, BETA, EJEX, EJEY)

Listado (3)

cadena[i][0]	cadena[i][1]	cadena[i][2]	cadena[i][3]	cadena[i][4]	cadena[i][5]	cadena[i][6]	llama a:
A	GRAD	B	MODO	UMBRAL			GRADIENTE(B, A,SIZE, MODO, UMBRAL
R	GRAD	Q					DERIV(Q,R)
Q	HISTO	A					HISTOGRAMA(A, SIZE, Q)
A	HLINE	B	umbral	umbral			HLINE(A,B,SIZE,umbral,umbral2)
A	LIM	B					
A	LOG	B	VALOR				LOGARITMO(B, A, SIZE, VALOR)
A	MEDIA	B	VENT				MEDIA(B,A, SIZE, VENT)
A	MEDIANA	B	VENT				MEDIANA(B,A,SIZE,VENT)
A	MUL	B	CTE				MULTIPLICA(B,A,SIZE, CTE)
A	NEG	B					COMPLEMENTA(B, A, SIZE)

Listado (4)

cadena[i][0]	cadena[i][1]	cadena[i][2]	cadena[i][3]	cadena[i][4]	cadena[i][5]	cadena[i][6]	llama a:
A	NORM	B					NORMALIZA(B, A, SIZE)
A	OPEN	CADENA					CARGAIMA(A, CADENA, SIZE)
A	OPENBMP	CADENA					LEEBMP(A, CADENA, SIZE)
Q	PEFILY	A	Y	ANCHO			PERFILY(B,Q,SIZE,Y,ANCHO)
Q	PERFILX	A	X	ANCHO			PERFILX(B,Q,SIZE,X,ANCHO)
A	PRO	B	TIPO				
A	RUIDO	B	SIG	VM			RUIDO(B, A, SIZE, SIG, VM)
A	SHIFT	B	INCRX	INCRY			SHIFT(B,A, SIZE, INCRX, INCRY)
A	SHIFTVEL	B	INCRX	INCRY			SHIFT_VELOZ(B,A, SIZE, INCRX, INCRY)
A	SLICE	B	INF	SUP	NIVEL	BACK	SLICE(B,A, SIZE, INF, SUP, NIVEL, BACK)

Listado (5)

cadena[i][0]	cadena[i][1]	cadena[i][2]	cadena[i][3]	cadena[i][4]	cadena[i][5]	cadena[i][6]	llama a:
A	SUMA	B	VALOR				SUMA(B, A, SIZE, VALOR)
A	UNSH	B	VENT	CTE			UNSHARP(B, A, SIZE, VENT, CTE)
A	ZOOM	B	FACT	Xo	Yo		MAGNIFICA(B,A, SIZE, Xo,Yo, FACT)



4. Transformada de Hough

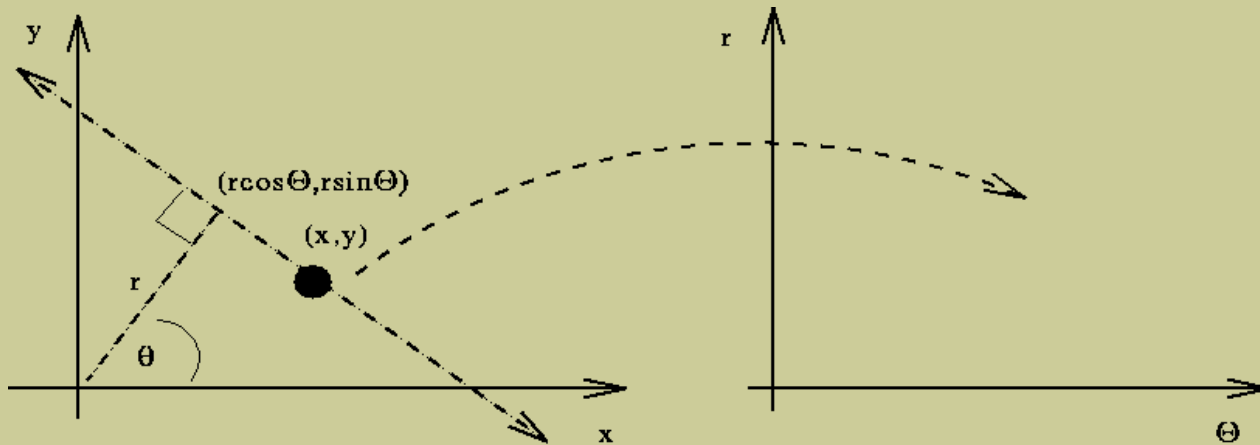
Transformada de Hough

Transformada de Hough:

Permite representar contornos tan complejos como se desee, siempre y cuando estos puedan ser parametrizables. El número de parámetros necesarios para describir el contorno condicionará la dimensión del acumulador en el espacio de votación.

Contorno	Cantidad Par.	parámetros
Recta	2	ρ, θ
Circulo	3	X, y, r
Elipse	5	2 puntos de la elipse y 3 del eje

Transformada de Hough



La expresión de la recta es: $\rho = x \cdot \cos \theta + y \cdot \sin \theta$

con lo cual puede ser parametrizada en el espacio (ρ, θ)

θ es el ángulo de la perpendicular con el eje x $[0, 2\pi]$

ρ es la longitud de la perpendicular.

Utilizo una matriz acumulador dada por **matr[0][ρ][θ]**

Siendo **θmax = 100**, entonces θ salta de a $3,6^\circ$

Transformada de Hough

Ejemplo:

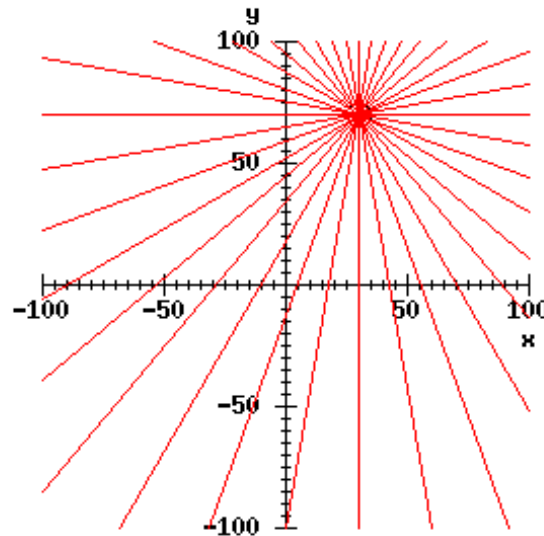
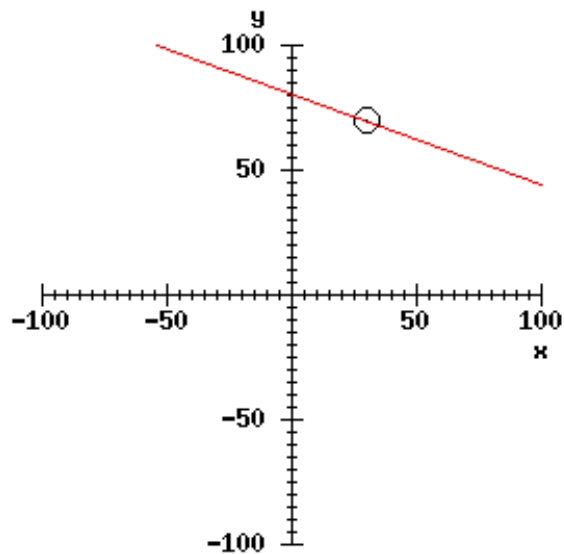
$$\text{punto}(x,y) = (30,70)$$

$$\theta = 70^\circ$$

se obtiene:

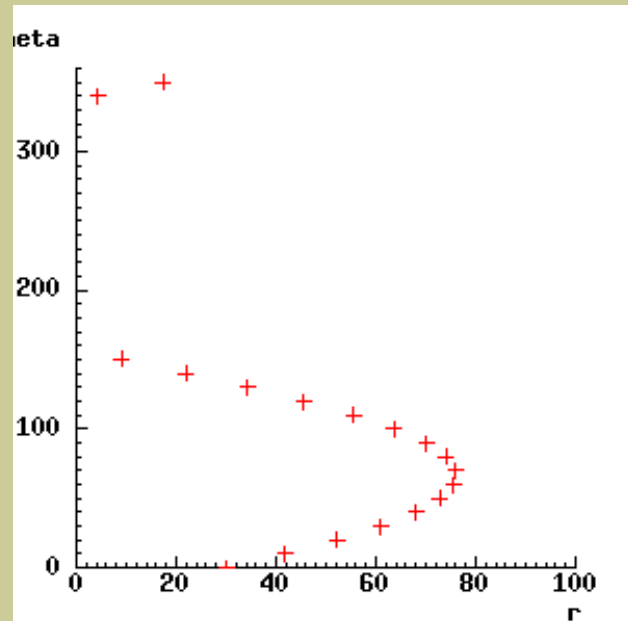
$$\rho = 30 * \cos(70) + 70 * \text{sen}(70)$$

Para cada pixel que supere un cierto umbral realizo el calculo de las rectas que pasan por él, es decir calculo ρ para cada uno de los θ , incrementando el acumulador que corresponde a cada recta.

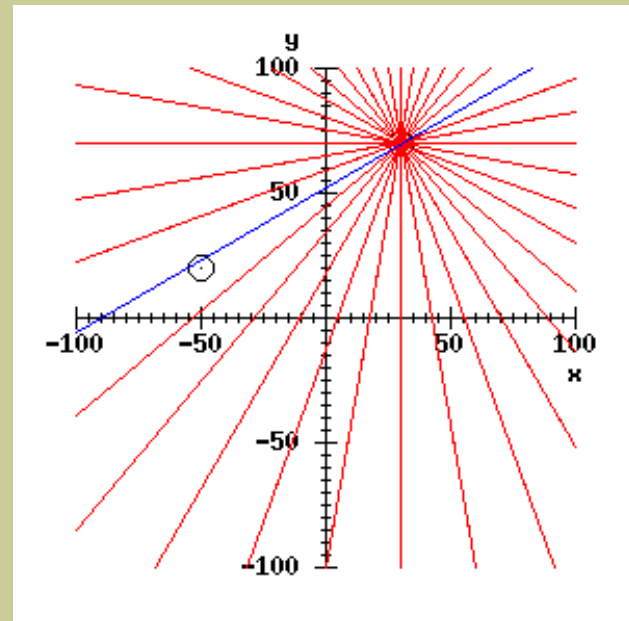


Transformada de Hough

Si es el primer pixel que analizo en la matriz acumulador tendría un 1 en cada punto marcado en la figura:



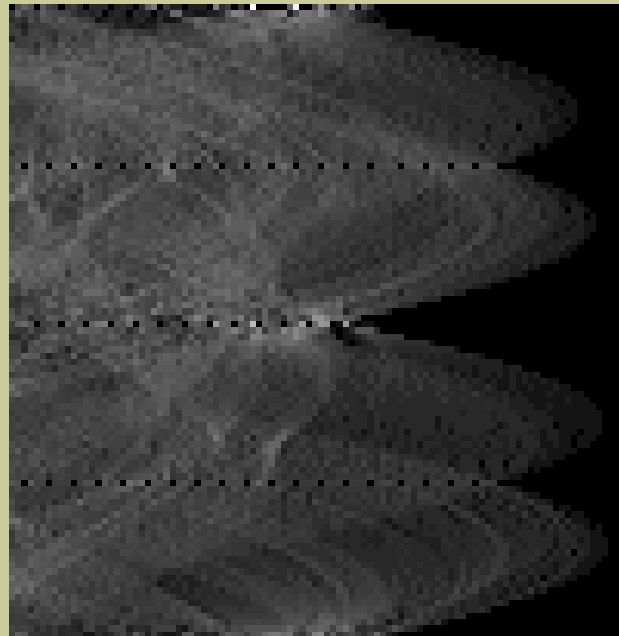
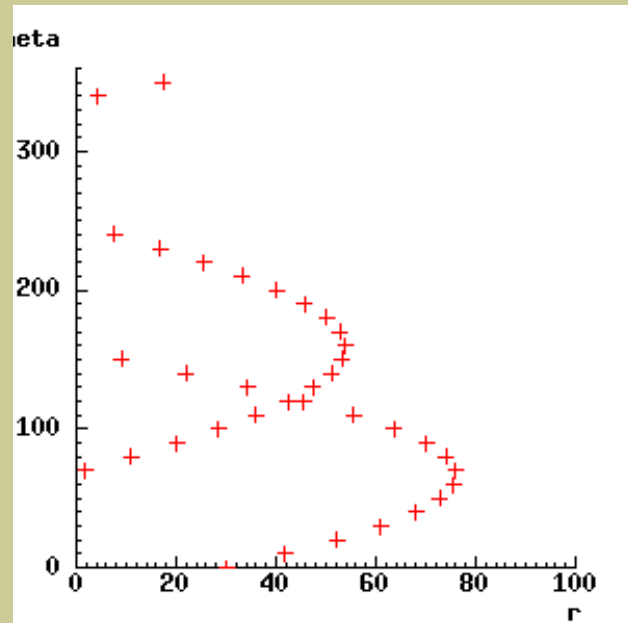
Luego al analizar otro punto (ubicado en el círculo) resulta que una de las rectas que pasan por él también lo hace por el punto anterior.



Transformada de Hough

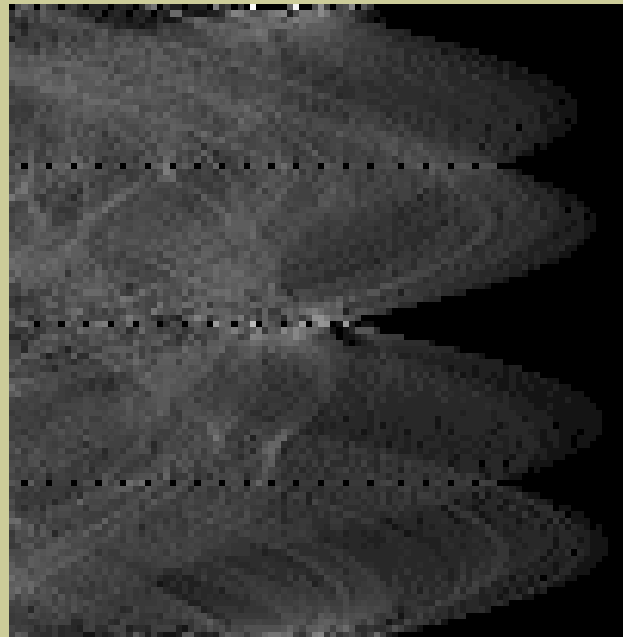
Esto se ve reflejado en la matriz acumulador ya que tendrá valor 2 el parámetro correspondiente a dicha recta.

Luego al seguir analizando la imagen el acumulador evoluciona incrementando mas las rectas de la imagen.



Transformada de Hough

Al terminar obtenemos en la matriz acumulador sectores con mayor cantidad de votos, luego con una búsqueda de máximos locales se puede obtener las rectas con mayor cantidad de votos, es decir las rectas mas largas contenidas en la imagen.



Transformada de Hough

- Aplicaciones:

- Se puede extraer la distancia perpendicular al centro y el ángulo que tienen las rectas.
- Calcular la distancia entre dos rectas, ej: abertura de la puerta.
- Con el ángulo de una de las rectas se puede “enderezar” la imagen

- Problemas:

- El n^a de votos que sirve de umbral varia con cada imagen diferente
- Aparecen rectas parásitas.

Transformada de Hough. Ejemplo

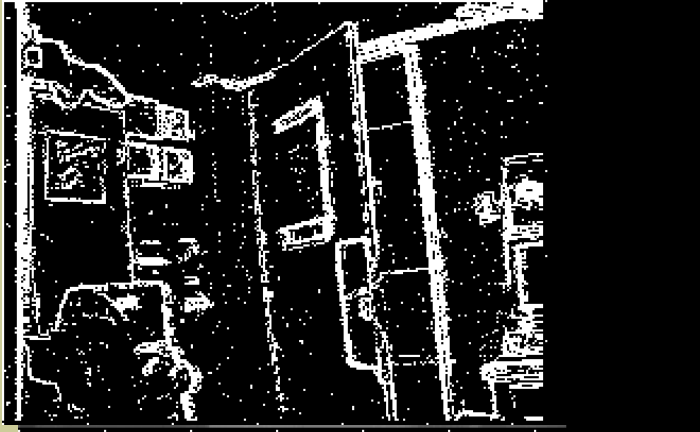


Imagen original

Le aplico el gradiente a la imagen original
C grad A 4 5 ;



B mediana A 3 ;

Le aplico el gradiente a la mediana de la imagen original
C grad B 4 5 ;

Vemos que al reducir el ruido antes de realizar el gradiente, se puede realizar una mejor detección de bordes

Transformada de Hough. Ejemplo

Se aplica la Transformada de Hough de líneas.



Rectas que obtuvieron mas de 100 votos.

B hline C J 100 3 ;



Rectas que obtuvieron mas de 80 votos.

B hline C J 80 3 ;



5.1 Medición de distancias por Métodos Fotogramétricos

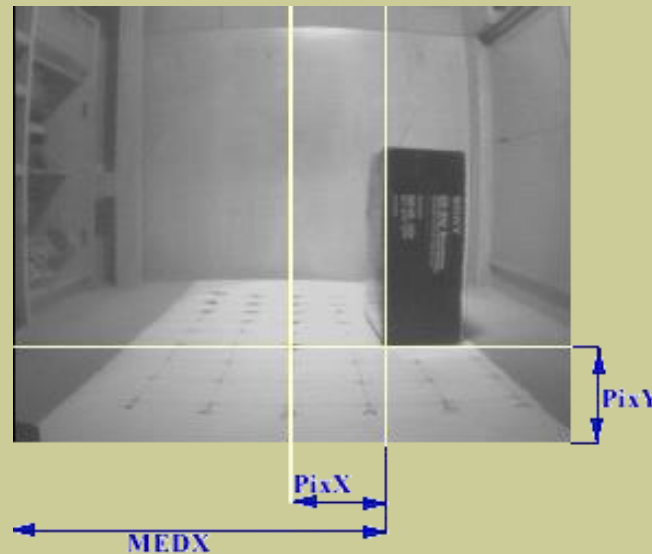
Mediciones

Medición de distancias:

Se mide la distancia que existe entre el punto que indica el cursor y la cámara. Para ello es necesario de un análisis geométrico y una calibración que permite obtener las constantes necesarias para el calculo.

Hipótesis

- Piso sin inclinación.
- Medición de la distancia sobre el nivel del suelo



Para determinar la distancia:
Píxeles \rightarrow Metros

Para representar la distancia
Metros \rightarrow Píxeles

Con la calibración se obtienen las constantes que permiten pasar de píxeles a metros y viceversa

Mediciones

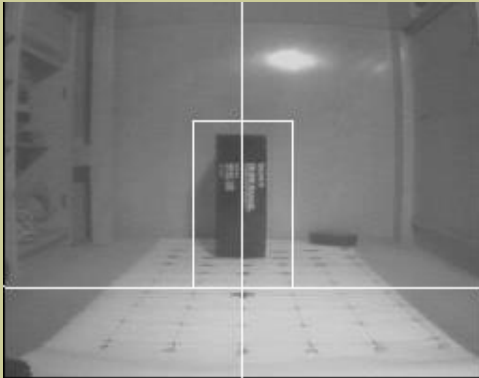
Medición de distancias:

Se mide la distancia que existe entre el punto que indica el cursor y la cámara. Para ello es necesario de un análisis geométrico y una calibración que permite obtener las constantes necesarias para el calculo.

Objetivos:

- Proyectar la forma del robot en la pantalla para determinar si el camino esta libre de obstáculos
- Verificar que el robot puede pasar por un determinado lugar, como ser una puerta semiabierta

Mediciones



Ejemplo:

Una caja con la forma a proyectar se coloca a una determinada distancia, en el punto objetivo (donde se quiere llegar con el robot)



Se ubica el cursor en el punto objetivo sobre la pantalla, y se puede comprobar que la caja dibujada tiene las mismas dimensiones que la real ubicada en ese punto

Calculo de distancia Y

Datos:

h: altura al lente de la cámara

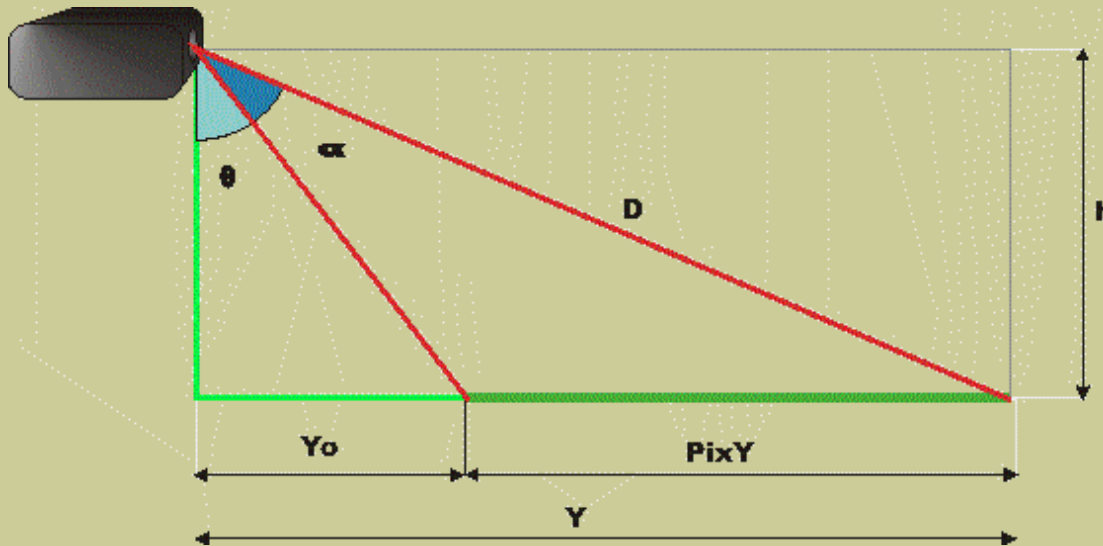
Yo: distancia en m a una referencia

$$\theta = \arctg (Yo / h)$$

PixY: ubicación del cursor

PixX: ubicación del cursor

PixYo: ubicación de la referencia en pixeles



Calibración:

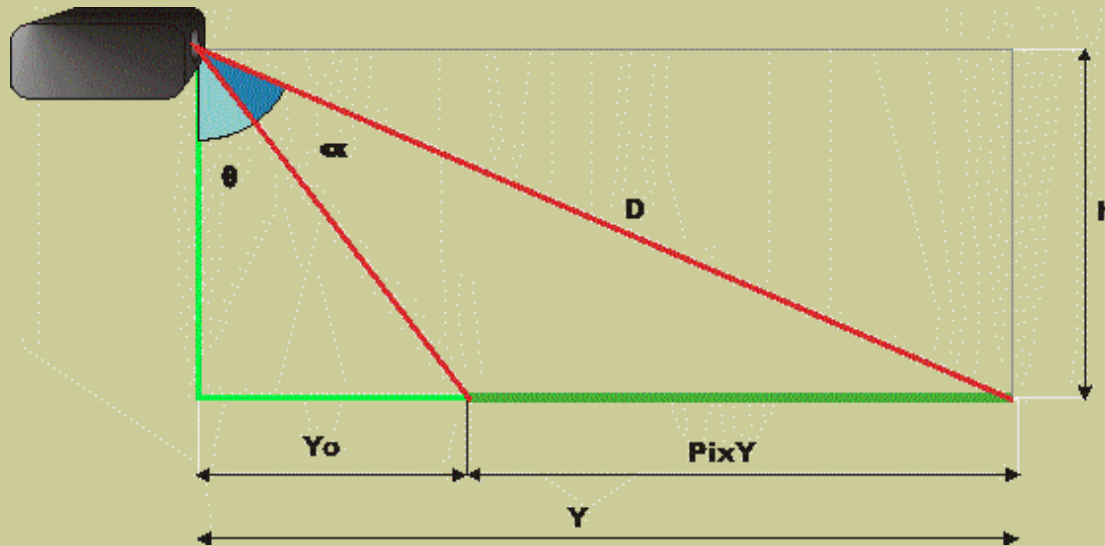
Con **Yo** y **h** obtengo θ . Luego con varias mediciones en las que se comparan metros con píxeles obtengo las constantes **K1**, **K2** y **K3**.

K1, **K2** y **K3** dependen de **h** y la inclinación de la cámara

Calculo de distancia Y

Datos: h , Y_0 , θ , $\text{Pix}Y_0$, $\text{Pix}Y$, $\text{Pix}X$, $K1$, $K2$

Incógnita: Y ó $\text{Pix}Y$



Pixeles \rightarrow Metros

$$\alpha = K1 * \text{Pix}Y$$

$$Y = h * \text{tang}(\alpha + \theta)$$

$$D = h / \cos(\alpha + \theta)$$

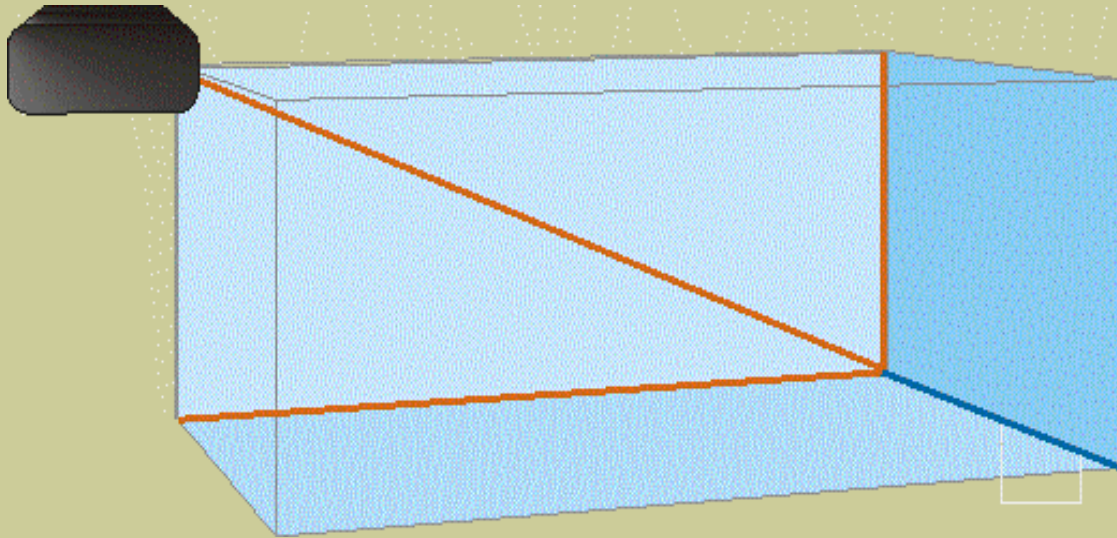
Metros \rightarrow Pixeles

$$\alpha = \text{arctg}(Y/h) - \theta$$

$$\text{Pix}Y = \alpha / K1$$

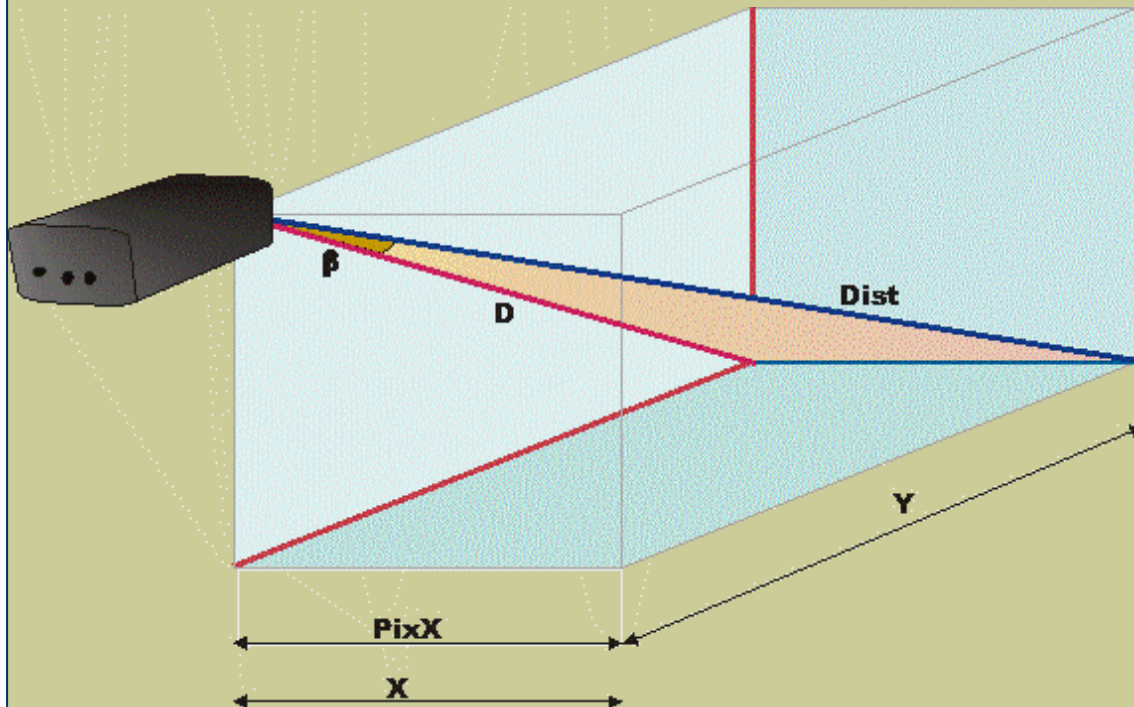
Calculo de distancia Y

Datos: h , Y_0 , θ , $PixY_0$, $PixY$, $PixX$, $K1$, $K2$, Y , D , α
Incógnita: X ó $PixX$



Calculo de distancia X

Datos: h , Y_0 , θ , $PixY_0$, $PixY$, $PixX$, $K1$, $K2$, Y , D , α
Incógnita: X ó $PixX$



Pixeles \rightarrow Metros

$$\beta = K2 * PixX$$

$$X = D * \text{tang}(\beta)$$

$$\text{Dist} = (X^2 + Y^2)^{1/2}$$

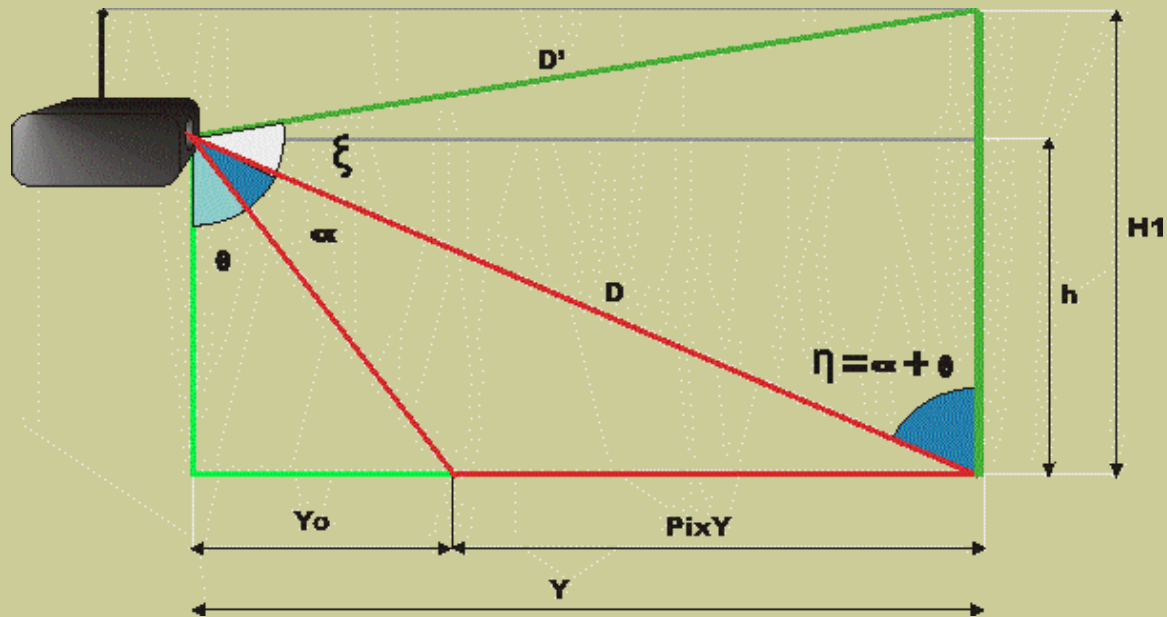
Metros \rightarrow Pixeles

$$\beta = \text{arctang}(X / D)$$

$$PixX = \beta / K2$$

Calculo de altura H

Datos: h , Y_0 , θ , $\text{Pix}Y_0$, $\text{Pix}Y$, $\text{Pix}X$, K_1 , K_2 , Y , D , α , H_1 , $\eta = \alpha + \theta$
Incógnita: $\text{Pix}H_1$



$$D' = (D^2 + H_1^2 + 2 * D * H_1 * \cos(\alpha + \theta))^{1/2}$$

$$\xi = \arcsin(H_1 / D' * \sin(\alpha + \theta))$$

$$K_3 = m * \text{Pix}Y + b$$

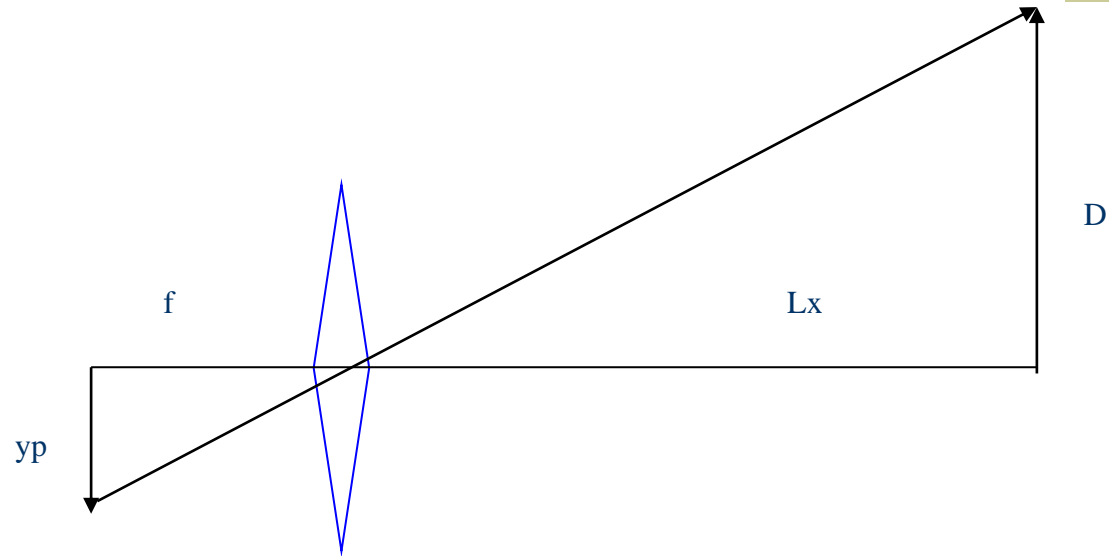
$$\text{Pix}H_1 = \xi / K_3$$

K_1 , K_2 , m , b se deducen en la calibración



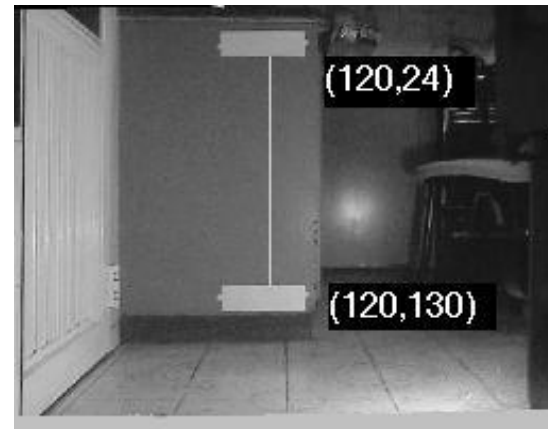
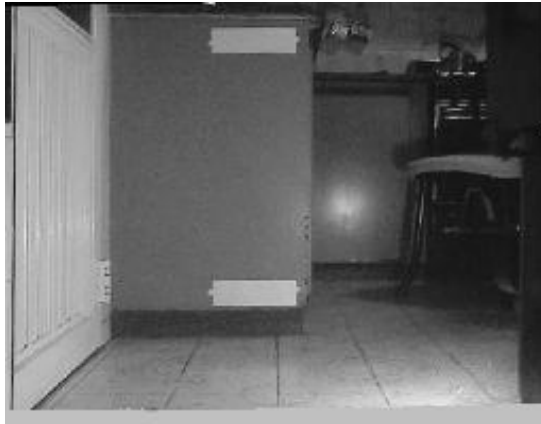
5.2. Medición de distancias por Métodos Fotogramétricos (cont.)

Introducción



$$L_x / D = f / y_p$$

Mediciones



$y_p = 107$ pixels
 $D = 60$ cm
 $f = 356.66$ pixels

$$L_x = D \cdot (f / y_p)$$

$$L_x = 199.99 \text{ cm}$$

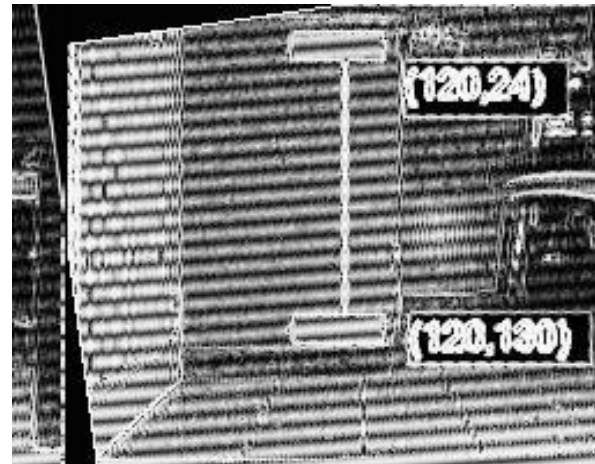
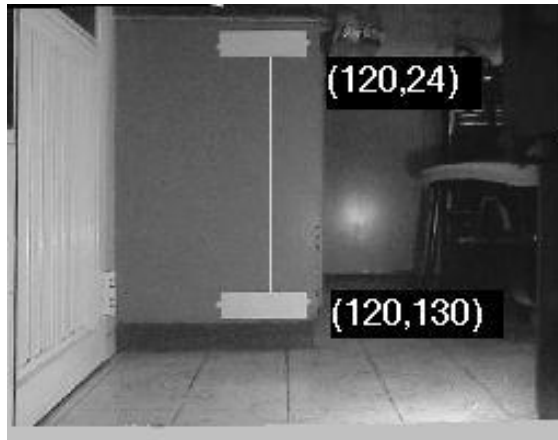
$$E = 0.005 \%$$



6. Medición de distancias por el Método de Moiré

Introducción

Las franjas de Moiré aparecen visualmente cuando dos grillas implícitas en 2D se superponen rotadas entre sí por un cierto ángulo. En nuestro caso la grilla implícita es la matriz de la imagen digital de 256x200 px .



Medición de distancia

$$L_x = D * f * M * \cos \alpha / (n + 1 + e_1 - e_2) * T$$

D: distancia de referencia en cm en el plano del objeto de referencia. Se forma por el segmento que une a dos puntos de referencia p1 y p2.

F: distancia focal de la cámara digital medido en pixels

M: factor de magnificación del dispositivo de adquisición de imágenes

α : ángulo formado entre las franjas de Moiré y el segmento de referencia

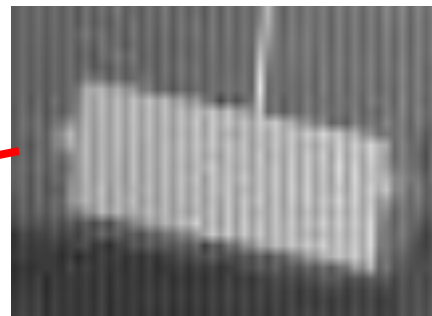
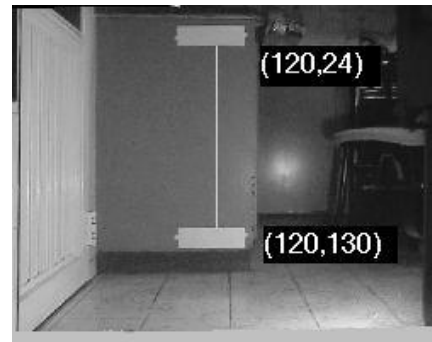
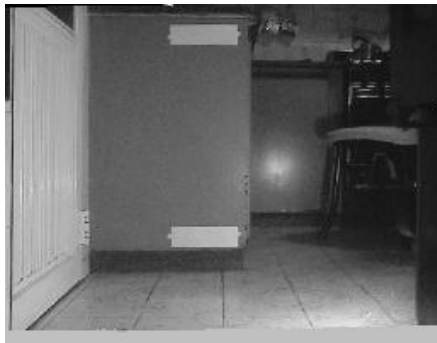
n: cantidad de períodos completos de franjas de Moiré que atraviesan el segmento de referencia

(1- e2) : fracción del período de franjas de Moiré que atraviesan el segmento de referencia al inicio y no forma parte del primer período completo.

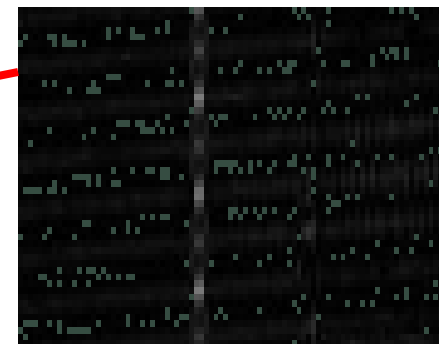
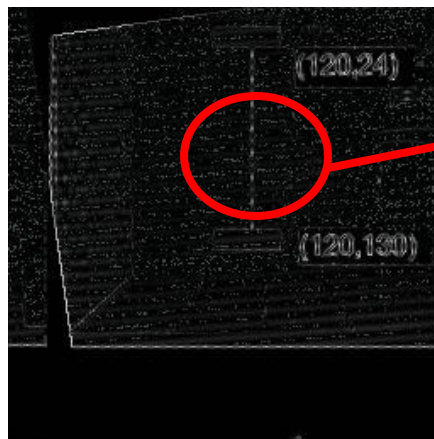
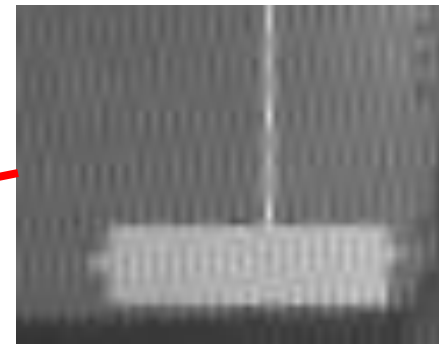
e1 : fracción del período de franjas de Moiré que atraviesan el segmento de referencia al final y no forma parte del último período completo.

T : período completo medido en pixels de las franjas de Moiré. Se miden sobre la imagen empleando la Transformada de Fourier unidimensional

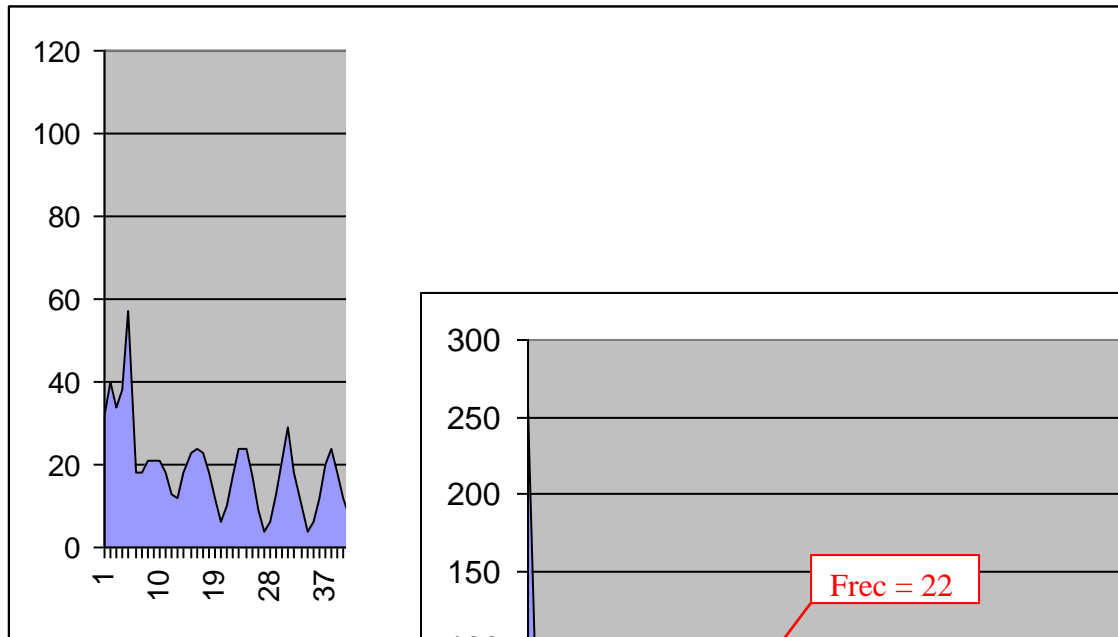
Método práctico (1)



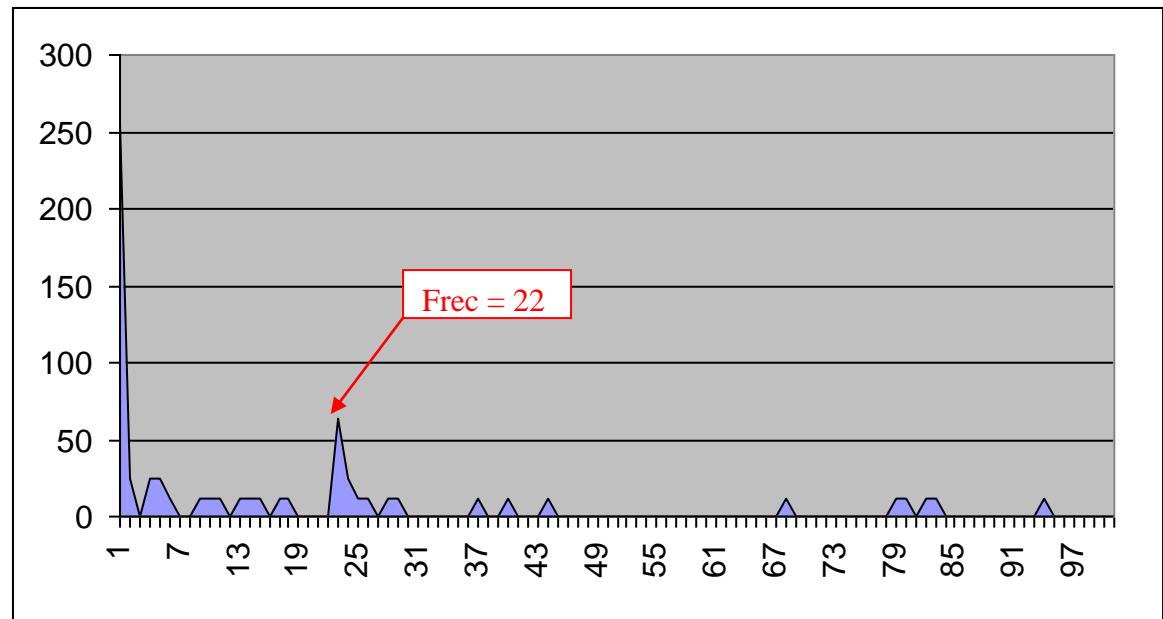
Método práctico (2)



Método práctico (3)



$T = 7.27 \text{ px}$



Método práctico (4)

Son datos reales,

$D = 60\text{cm}$, distancia entre puntos de referencia

$F = 356.66$ pixels, obtenido en forma práctica,

$M = 1$, factor de magnificación

El ángulo α es de 4° , por lo tanto conocemos el $\cos \alpha$, cuyo valor es 0.99756.

$T = 7.27$ pixels.

En este caso, $n = 15$ $(1-e^2) = 0$ $e1 = 0$

$Lx = 195.76$ cm

Error% = 2.12 %

Set de Comandos

a openbmp 1b.bmp ;
b giro a 8 128 100 ;
fsavebmp b 1m1.bmp ;
a moire b 1 ;
fsavebmp a 1m2.bmp ;
b giro a 352 128 100 ;
fsavebmp b 1m3.bmp ;
a grad b 0 0 ;
fsavebmp a 1m4.bmp ;
b giro a 4 128 100 ;
fsavebmp b 1m5.bmp ;

q perfilx b 126 4 ;
r ft1d q ;
c ecual a ;
fsavebmp c 1m6.bmp ;
ver a ;
ver c ;
ver q ;
ver r ;&



Referencias



1. Pablo Meilán, Anibal Laquidara y Mario Garavaglia. "Hidden grids, moiré patterns, and 3D metrology", año 2001.
2. Mario Garavaglia y Anibal Laquidara. "Optoelectronic hidden grids and moiré patterns: basics and applications in distance measurement", Optical Engineering, 40, 2510-2516, 2001.

7. Implementación y aplicaciones del grupo GIA

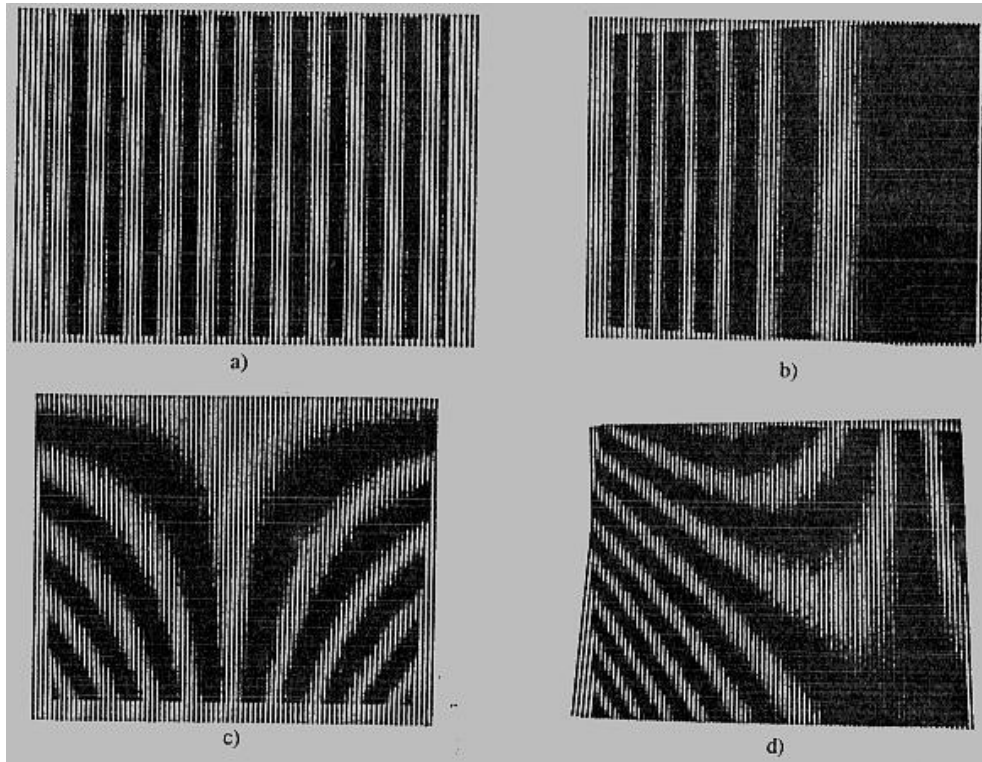
- Desarrollo de Kit de visión artificial. Adquisición y procesamiento de imágenes.
- Programación en ANSI C. Portable a diversos sistemas. Funcionamiento basado en PC o ejecutable desde un DSP.
- Posibilidad de operación a través de línea de comandos y procesamiento de archivos por lotes.
- Ejemplo de aplicación: Medición de distancias por método fotogramétrico y método Moiré



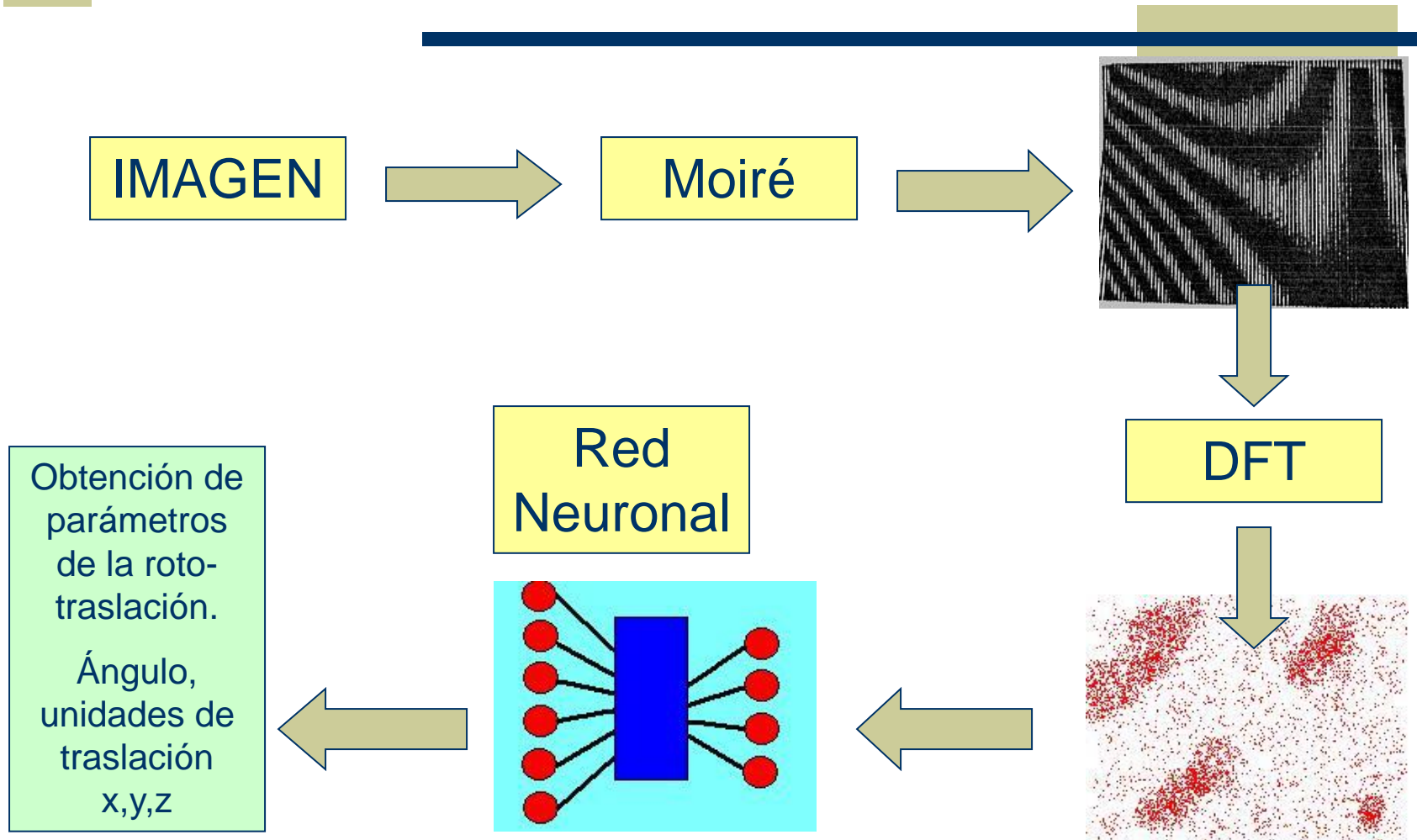
9. Aplicaciones futuras posibles

Giróscopo óptico

Patrones de Moire ante rotaciones y traslaciones

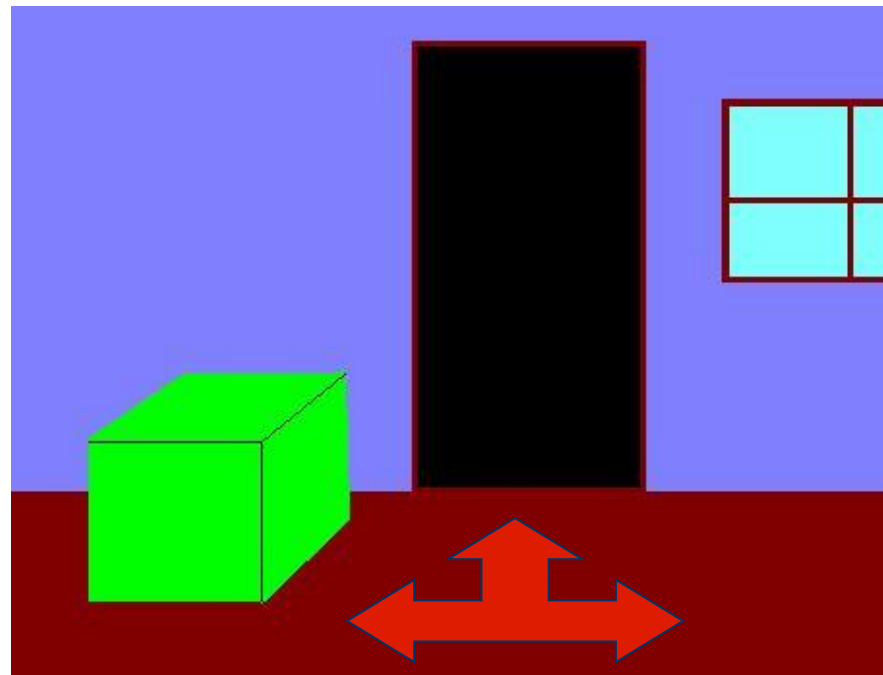


Giróscopo óptico

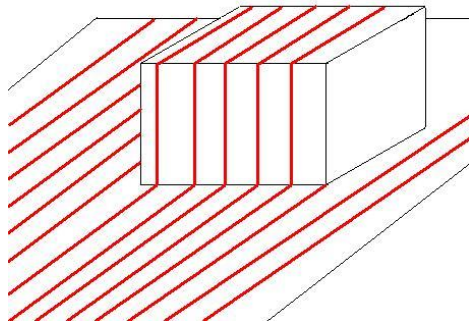


Detección de zonas libres de paso

Detección de bordes y líneas + Morfología de imagen



Medición de distancias sin puntos de referencia en el plano objeto

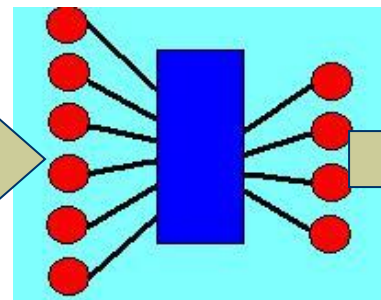
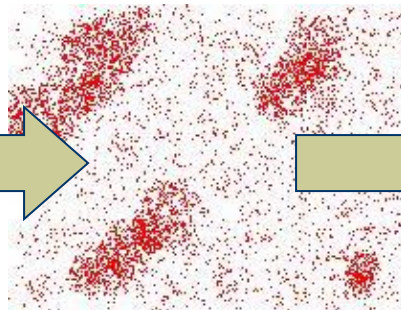
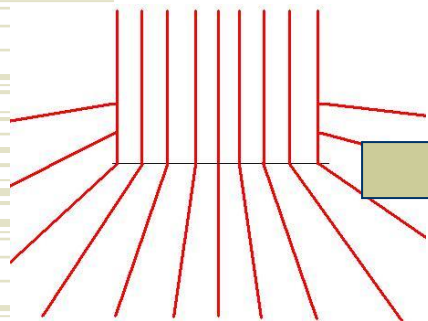


Iluminación del terreno con una grilla de leds (Visión estructurada)

Imagen filtrada

DFT

Red Neuronal



Distancia al obstáculo