

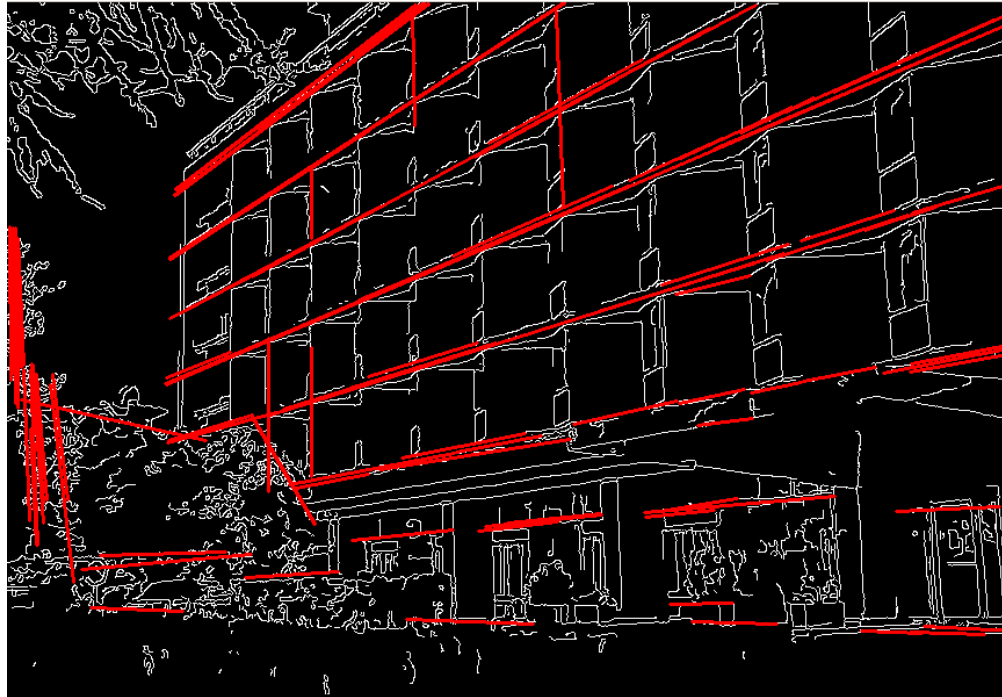
La Transformada de Hough. Detección de Líneas y Círculos

Presentado por: Tania Martínez



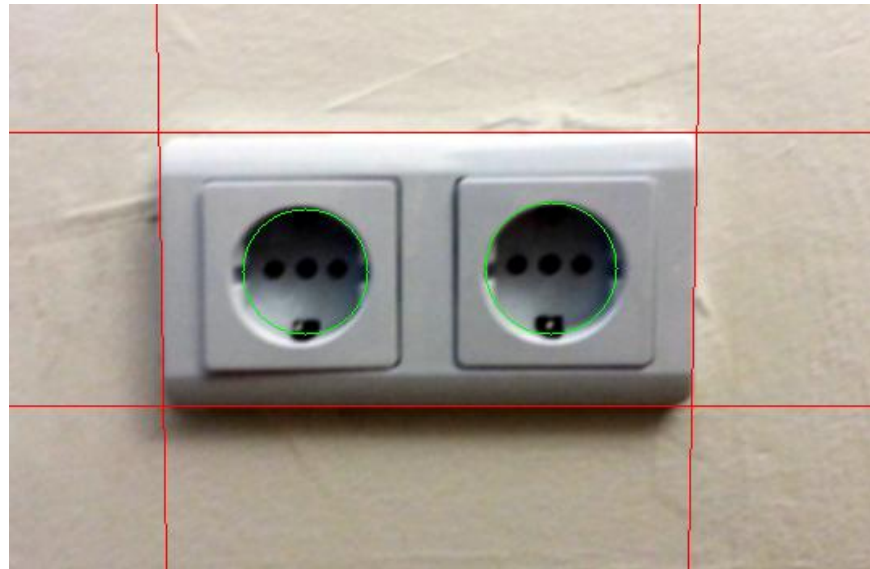
La Transformada de Hough

Herramienta utilizada para detectar figuras en una imagen digital que pueden ser expresadas matemáticamente, tales como rectas, círculos o elipses.



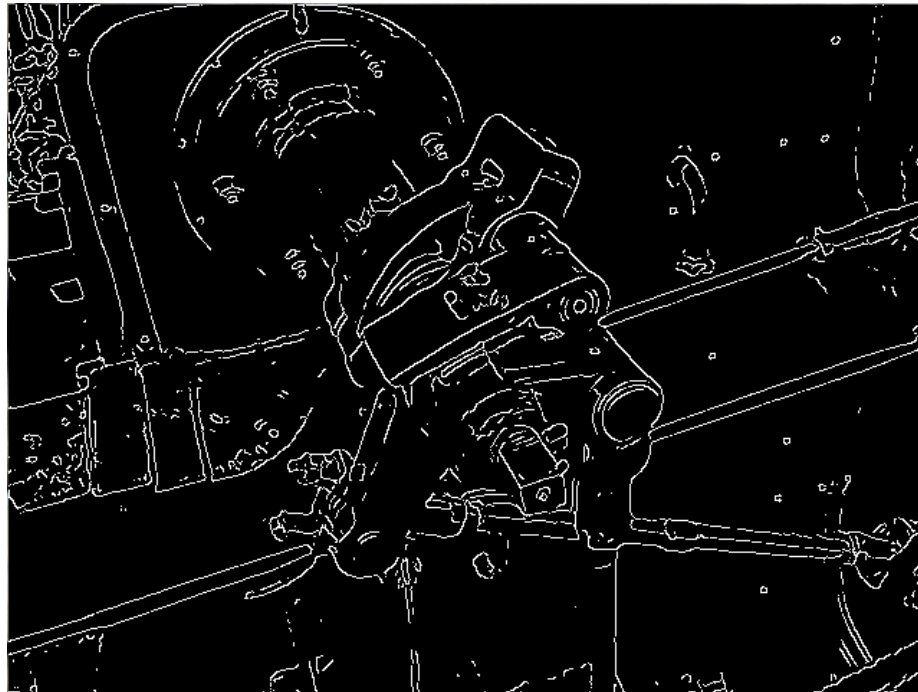
La Transformada de Hough

inicialmente esta técnica solo se aplicaba a la detección de rectas en una imagen, más tarde se extendió para identificar cualquier figura que se pudiera describir con unos cuantos parámetros.



La Transformada de Hough

Como primer paso, se puede usar un detector de bordes para obtener los puntos de la imagen que pertenecen a la frontera de la figura deseada.



La Transformada de Hough

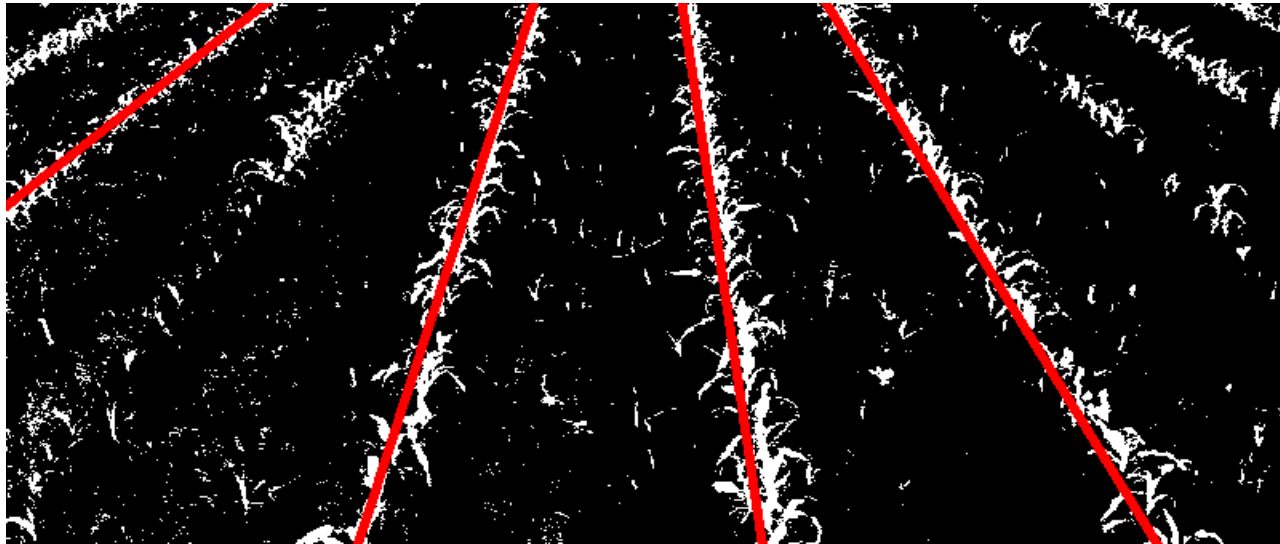
Debido a las imperfecciones, ya sea de la imagen captada o del detector de bordes, existen muchos puntos que pertenecen a la línea y que faltan en la imagen; también pueden existir separaciones espaciales entre la figura ideal (por ejemplo, una recta) y los puntos ruidosos del borde detectado.

La Transformada de Hough

El objetivo de la transformada de Hough es resolver este problema, haciendo posible realizar agrupaciones de los puntos que pertenecen a los bordes de posibles figuras a través de un procedimiento de votación sobre un conjunto de figuras parametrizadas.

La Transformada de Hough

Será responsabilidad nuestra establecer el umbral de votos para considerar que una línea existe en la imagen

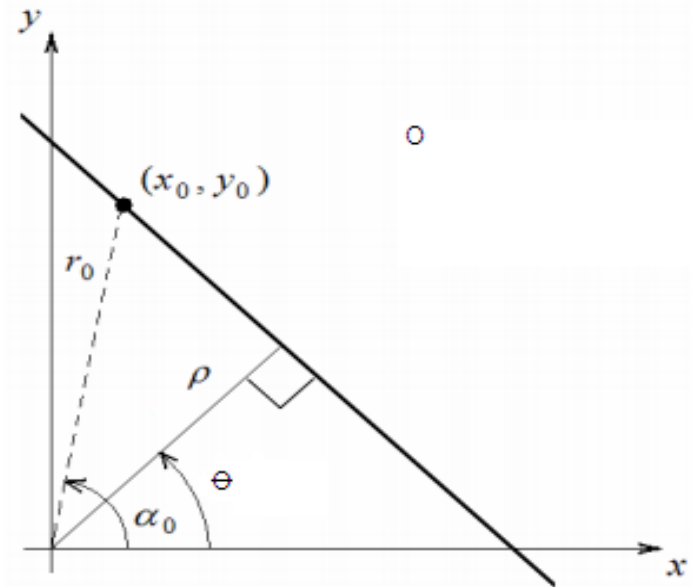


La Transformada de Hough

RECTA:

Para poder representar todas las posibles rectas que puedan aparecer en la imagen, podemos utilizar la ecuación de la recta en coordenadas polares:

$$x \cos \theta + y \sin \theta = \rho$$



La Transformada de Hough

RECTA:

Se tendrá el rango natural de $\theta \in [0, 2\pi]$. Luego, se transforma cada punto (x, y) de la imagen de origen, en los puntos (ρ_i, θ_i) , el espacio definido por (ρ, θ) se denomina espacio de Hough para el conjunto de rectas en dos dimensiones.

La Transformada de Hough

RECTA:

Para un punto arbitrario en la imagen con coordenadas (x_0, y_0) , las rectas que pasan por ese punto son los pares (ρ, θ) con $r = x^* \cos \theta + y^* \sin \theta$ donde ρ (la distancia entre la línea y el origen) está determinado por θ . Esto corresponde a una curva sinusoidal en el espacio (ρ, θ) que es única para ese punto.

La Transformada de Hough

RECTA:

Si las curvas correspondientes a dos puntos se interceptan, el punto de intersección en el espacio de Hough corresponde a una línea en el espacio de la imagen que pasa por estos dos puntos.

La Transformada de Hough

RECTA:

Generalizando, un conjunto de puntos que forman una recta, producirán sinusoides que se interceptan en los parámetros de esa línea.

La Transformada de Hough

RECTA:

El algoritmo de la transformada de Hough usa una matriz, llamada acumulador, cuya dimensión es igual al número de parámetros desconocidos del problema, en el caso de una recta la dimensión del acumulador será dos, correspondientes a los valores cuantificados para (ρ, θ)

La Transformada de Hough

RECTA:

Para construir el acumulador es necesario discretizar los parámetros que describen la figura. Cada celda del acumulador representa una figura cuyos parámetros se pueden obtener a partir de la posición de la celda.

La Transformada de Hough

RECTA:

Cada punto en la imagen vota por las posibles rectas a las que puede pertenecer ese punto. Esto se logra buscando todas las posibles combinaciones de valores para parámetros que describen la figura (los posibles valores se obtienen a partir del acumulador).

La Transformada de Hough

RECTA:

Si es así, se calculan los parámetros de esa figura, y después se busca la posición en el acumulador correspondiente a la figura definida, y se incrementa el valor que hay en esa posición.

La Transformada de Hough

RECTA:

Las figuras se pueden detectar buscando las posiciones del acumulador con mayor valor (máximos locales en el espacio del acumulador). La forma más sencilla de encontrar estos picos es aplicando alguna forma de umbral

La Transformada de Hough

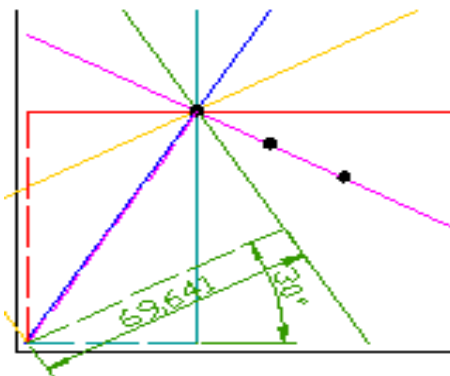
RECTA: Algoritmo

- 1: cargar imagen
- 2: detectar los bordes en la imagen
- 3: por cada punto en la imagen:
- 4: si el punto (x,y) esta en un borde:
- 5: por todos los posibles ángulos θ :
- 6: calcular ρ para el punto (x,y) con un ángulo θ
- 7: incrementar la posición (ρ, θ) en el acumulador
- 8: buscar las posiciones con los mayores valores en el acumulador
- 9: devolver las rectas cuyos valores son los mayores en el acumulador.

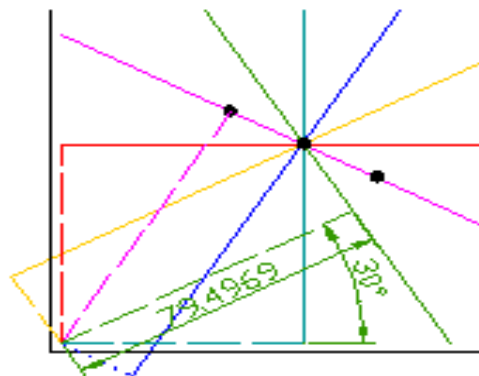
La Transformada de Hough

RECTA:

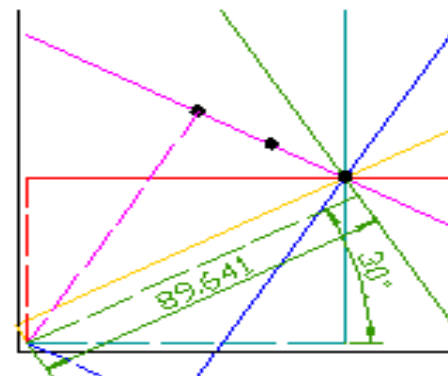
Considera tres puntos, mostrados aquí como puntos negros:



Angle	Dist.
0	40
30	69.6
60	81.2
90	70
120	40.6
150	0.4



Angle	Dist.
0	57.1
30	79.5
60	80.5
90	60
120	23.4
150	-19.5

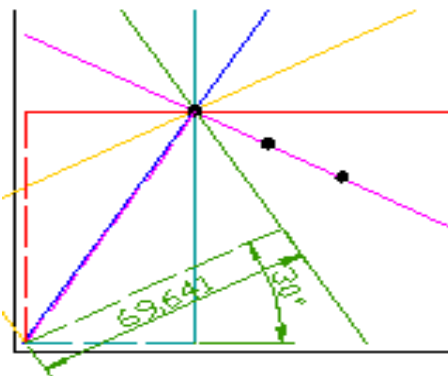


Angle	Dist.
0	74.6
30	89.6
60	80.6
90	50
120	6.0
150	-39.6

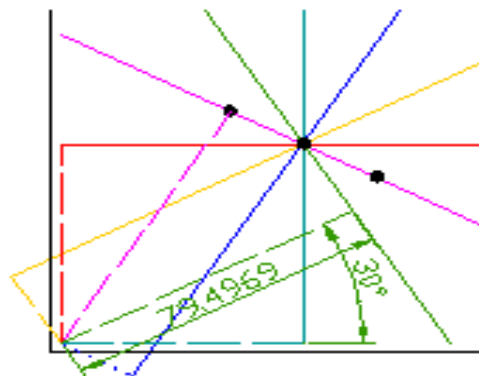
La Transformada de Hough

RECTA:

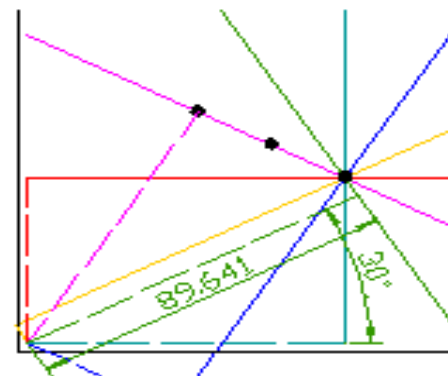
Por cada punto se dibujan un número de líneas que pasan por los mismos, con distintos ángulos. Son las líneas continuas.



Angle	Dist.
0	40
30	69.6
60	81.2
90	70
120	40.6
150	0.4



Angle	Dist.
0	57.1
30	79.5
60	80.5
90	60
120	23.4
150	-19.5

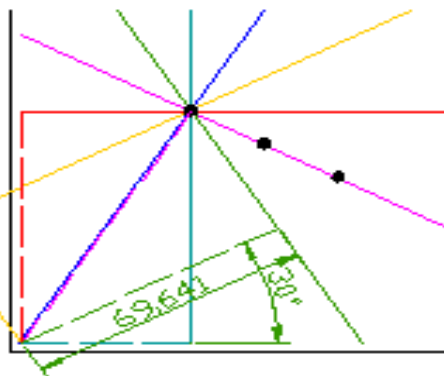


Angle	Dist.
0	74.6
30	89.6
60	80.6
90	50
120	6.0
150	-39.6

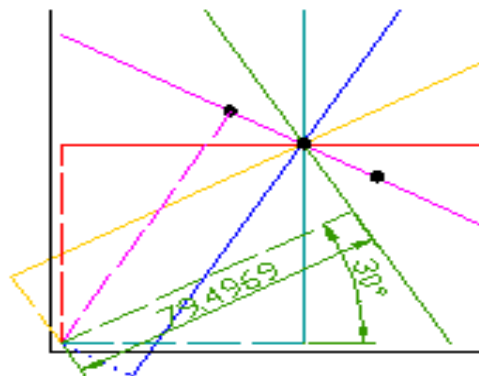
La Transformada de Hough

RECTA:

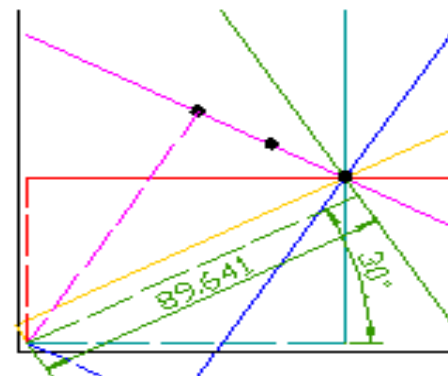
Por cada línea se dibuja una recta perpendicular a esta que pasa por el origen de coordenadas. Son las líneas discontinuas.



Angle	Dist.
0	40
30	69.6
60	81.2
90	70
120	40.6
150	0.4



Angle	Dist.
0	57.1
30	79.5
60	80.5
90	60
120	23.4
150	-19.5

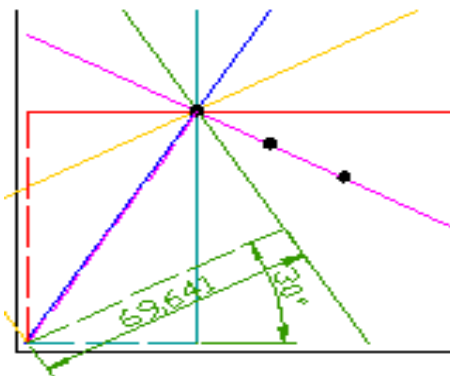


Angle	Dist.
0	74.6
30	89.6
60	80.6
90	50
120	6.0
150	-39.6

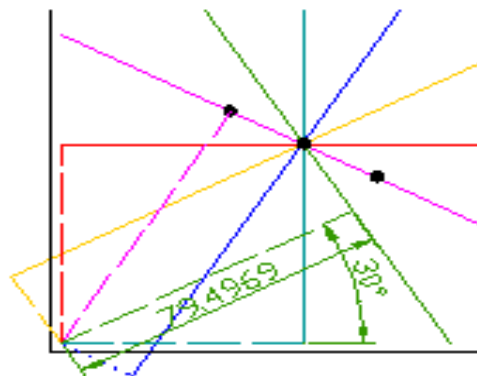
La Transformada de Hough

RECTA:

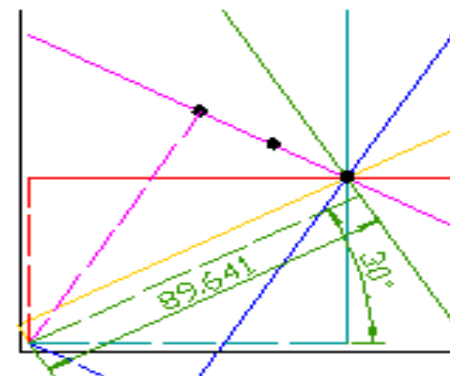
La longitud y el ángulo de cada línea discontinua se calcula. Los resultados se muestran en las tablas.



Angle	Dist.
0	40
30	69.6
60	81.2
90	70
120	40.6
150	0.4



Angle	Dist.
0	57.1
30	79.5
60	80.5
90	60
120	23.4
150	-19.5

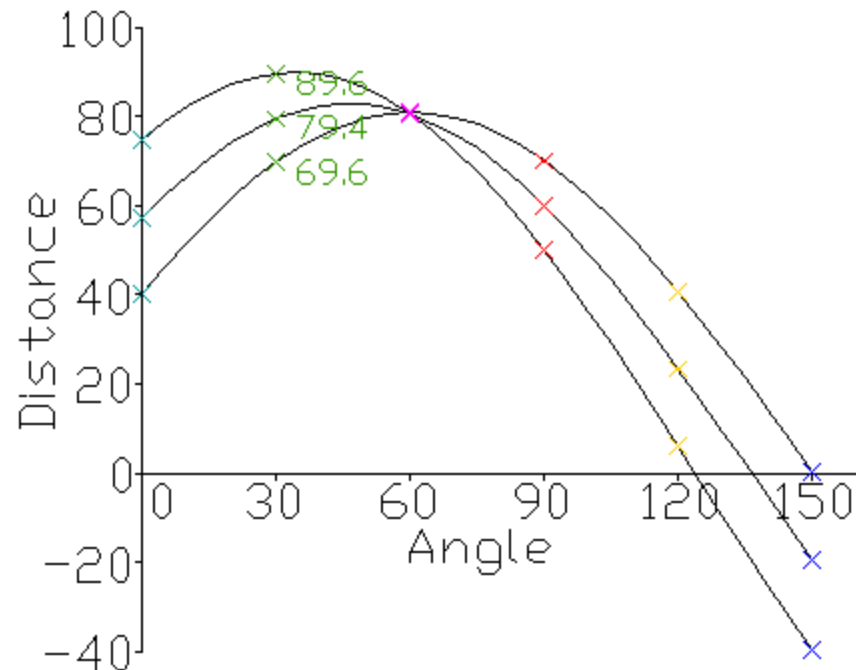


Angle	Dist.
0	74.6
30	89.6
60	80.6
90	50
120	6.0
150	-39.6

La Transformada de Hough

RECTA:

Se crea un grafo con las longitudes de las líneas por cada ángulo, conocido como grafo del espacio de Hough.



La Transformada de Hough

RECTA:

El punto donde las curvas se interceptan da la distancia y el ángulo. Esta distancia y este ángulo indican la recta que se intercepta con los puntos anteriores. El grafo muestra el punto rosado donde se interceptan las curvas, este punto corresponde a la recta rosada de la Figura, que pasa por los tres puntos negros.

La Transformada de Hough

CIRCULO:

Para definir la transformada de Hough para el círculo, lo primero que debemos hacer es expresar el círculo mediante la siguiente ecuación:

$$(x-a)^2+(y-b)^2=r^2$$

La Transformada de Hough

CIRCULO:

Donde (a,b) es el centro del círculo y r su radio. Para encontrar circunferencias usando la transformada de Hough, se necesita un acumulador con tres dimensiones .

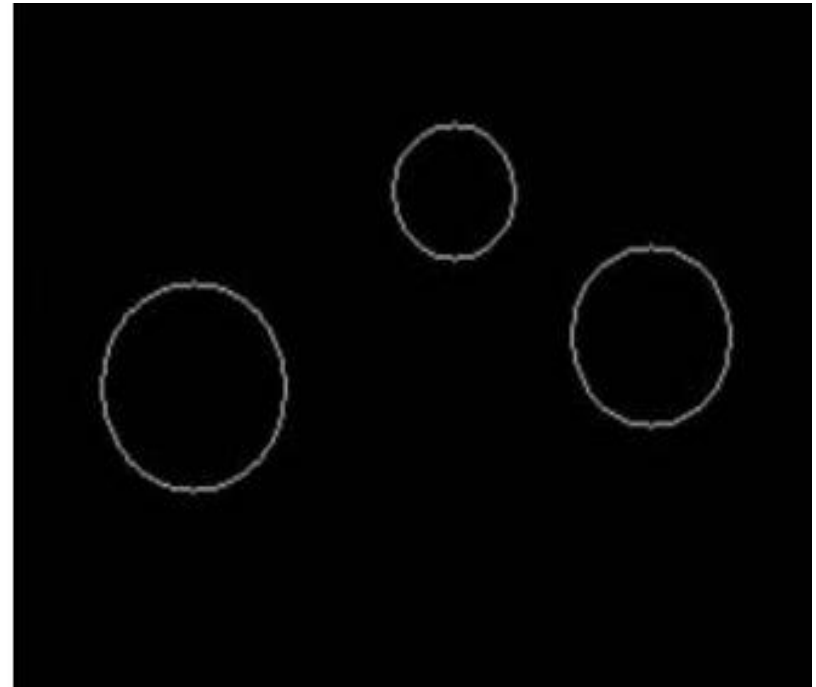
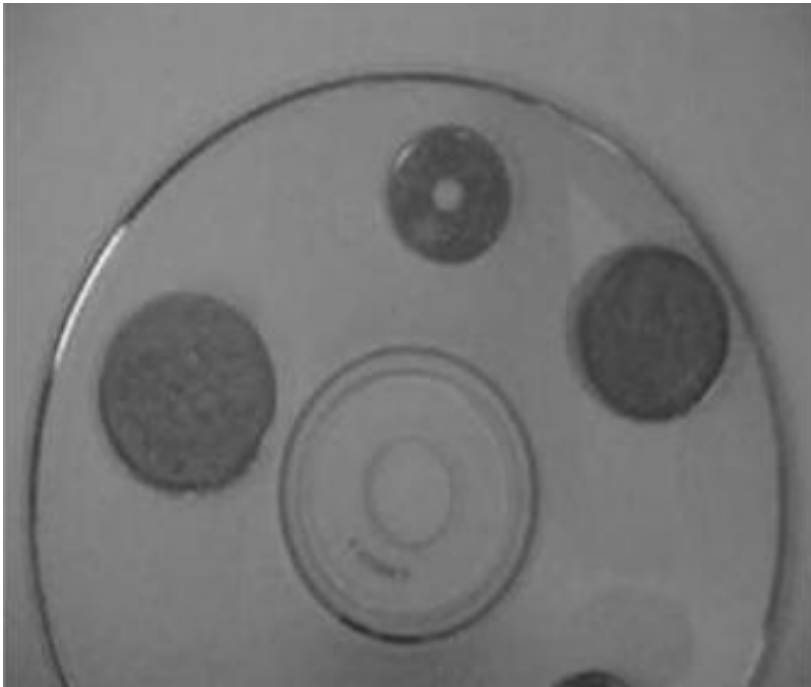
La Transformada de Hough

CIRCULO:

Después cada punto en la imagen vota por las circunferencias en los que pudiera estar. Una vez terminado este procedimiento se buscan los picos en el acumulador y con esto se obtienen el radio y el centro de la circunferencia. Si se conociera el radio de antemano, solo se necesitaría un acumulador de dos dimensiones

La Transformada de Hough

CIRCULO:



La Transformada de Hough

En MATLAB

HOUGH implementa la transformada Hough estandar.

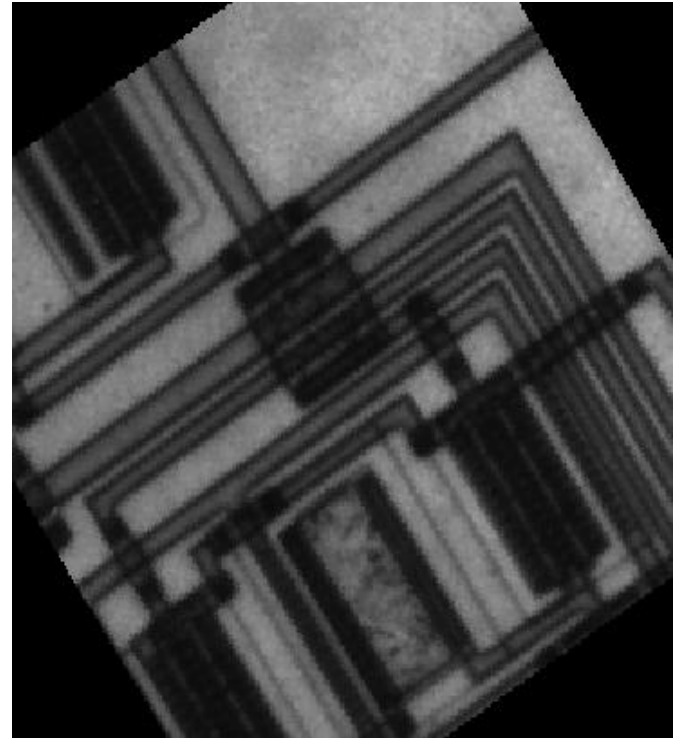
HOUGHPEAKS Identifica los picos en la transformada de Hough.

HOUGHLINES Extrae los segmentos de linea basados en la transformada de Hough.

La Transformada de Hough

En MATLAB

Busque los segmentos de línea correspondiente a 5 picos de la transformada de Hough de la imagen `circuit.tif` rotada, adicionalmente indique el segmento mas largo.

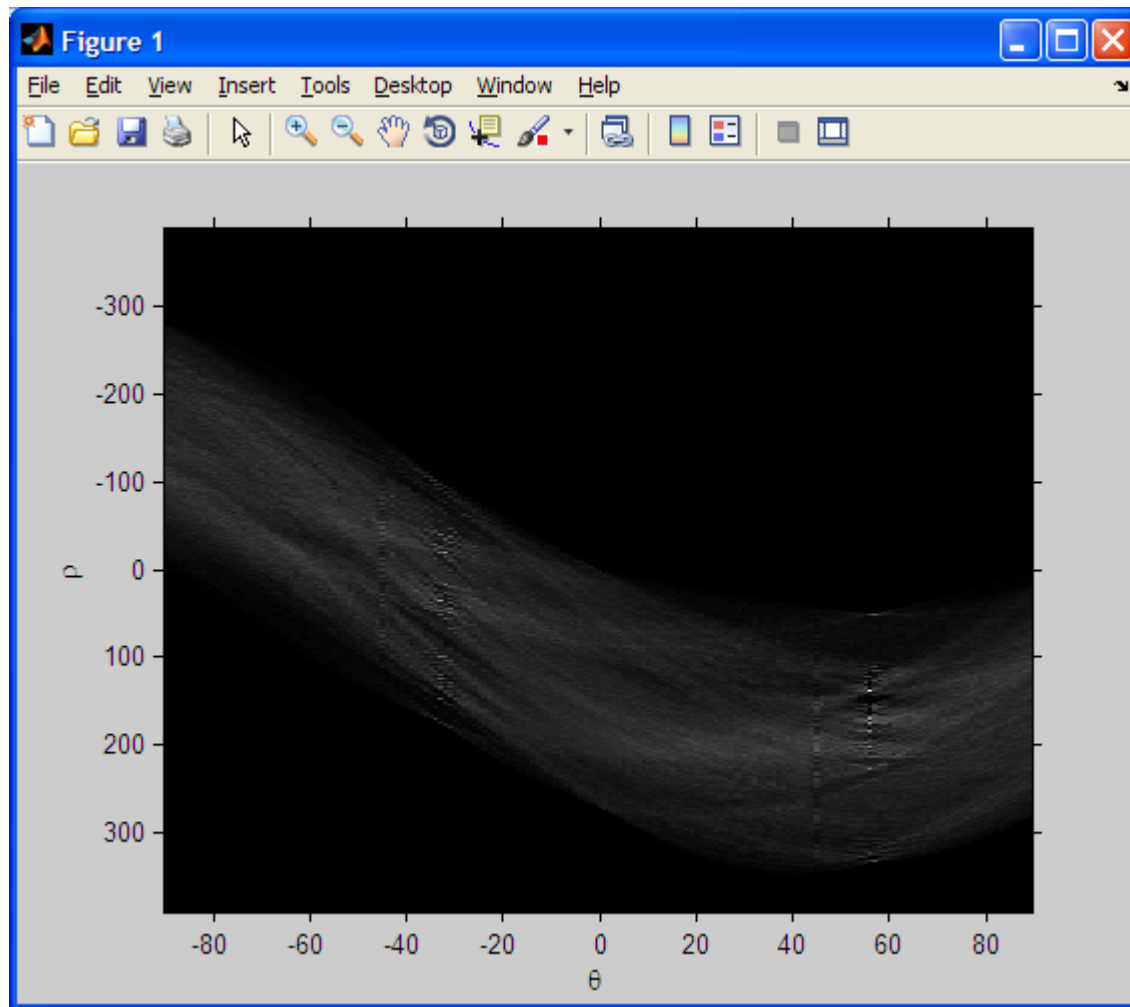


La Transformada de Hough

En MATLAB

```
I = imread('circuit.tif');  
rotI = imrotate(I,33,'crop');  
BW = edge(rotI,'canny');  
[H,T,R] = hough(BW);  
imshow(H, [], 'XData', T, 'YData', R, ...  
        'InitialMagnification','fit');  
xlabel('\theta'), ylabel('\rho');  
axis on, axis normal, hold on;
```

La Transformada de Hough

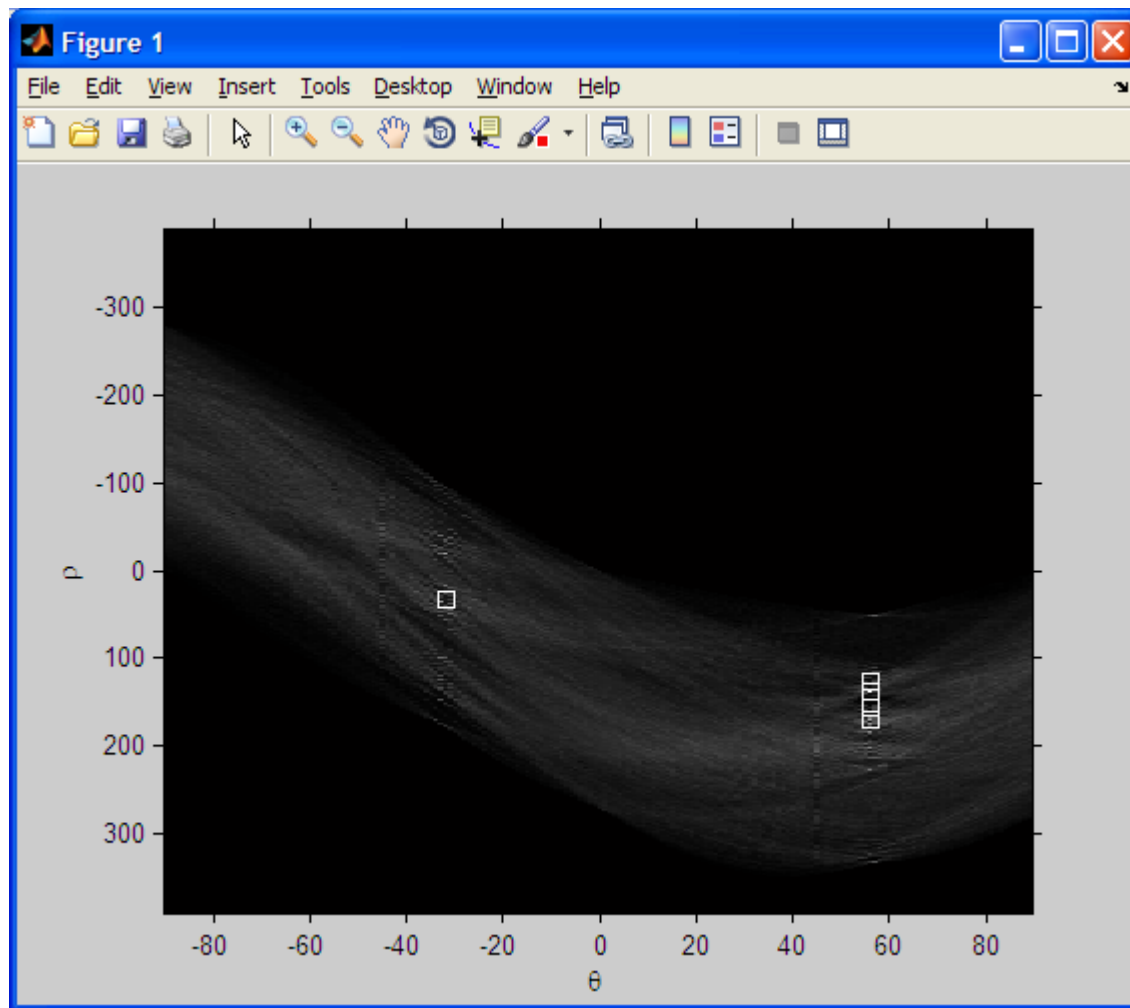


La Transformada de Hough

En MATLAB

```
P = houghpeaks(H,5,'threshold',ceil(0.3*max(H(:)))));  
x = T(P(:,2)); y = R(P(:,1));  
plot(x,y,'s','color','white');  
% Find lines and plot them  
lines = houghlines(BW,T,R,P,'FillGap',5,'MinLength',7);  
figure, imshow(rotI), hold on
```

La Transformada de Hough



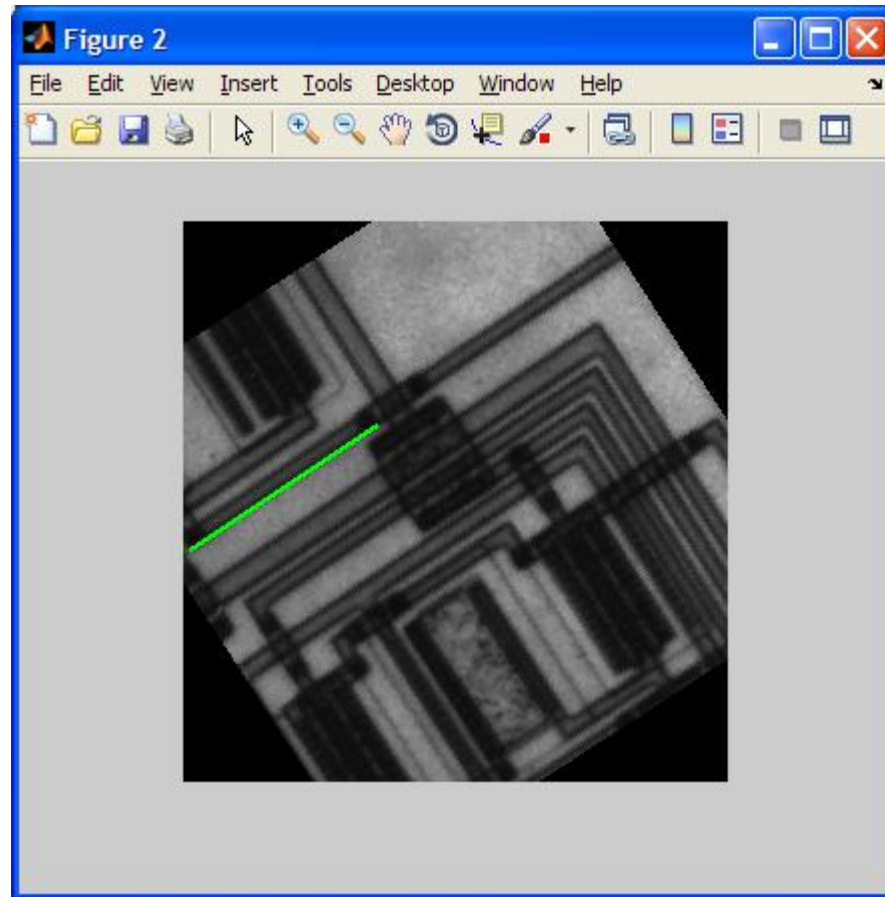
La Transformada de Hough

En MATLAB

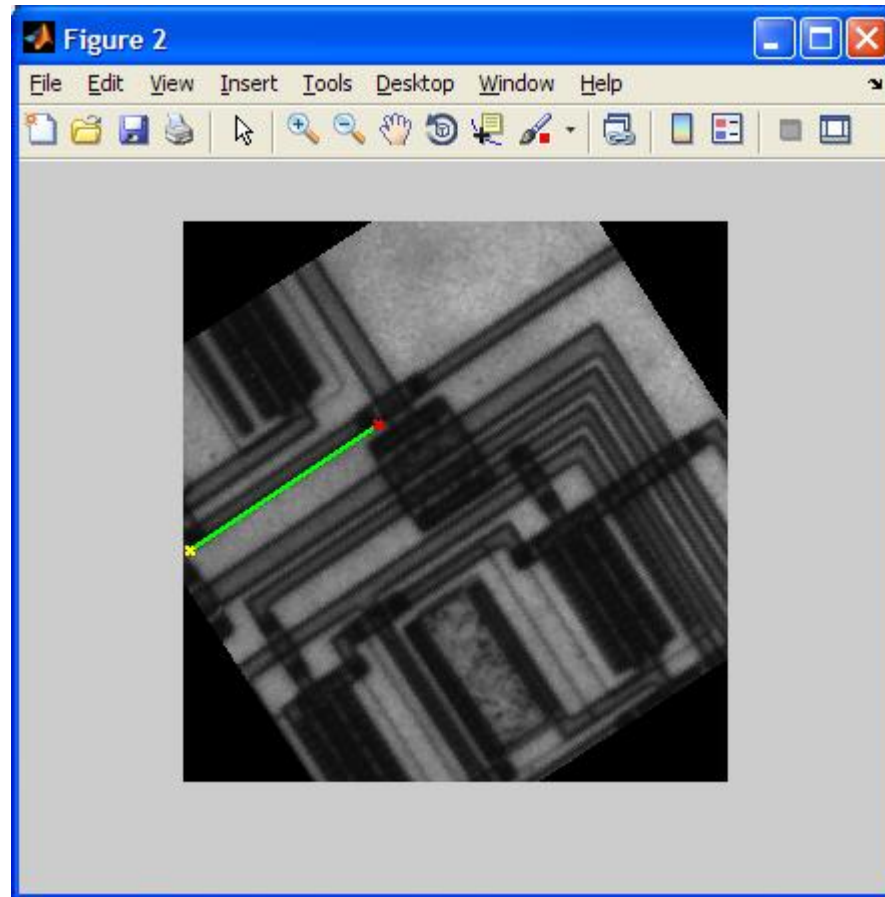
```
max_len = 0;
for k = 1:length(lines)
    xy = [lines(k).point1; lines(k).point2];
    plot(xy(:,1),xy(:,2),'LineWidth',2,'Color','green');

    % Plot beginnings and ends of lines
    plot(xy(1,1),xy(1,2),'x','LineWidth',2,'Color','yellow');
    plot(xy(2,1),xy(2,2),'x','LineWidth',2,'Color','red');
```

La Transformada de Hough



La Transformada de Hough

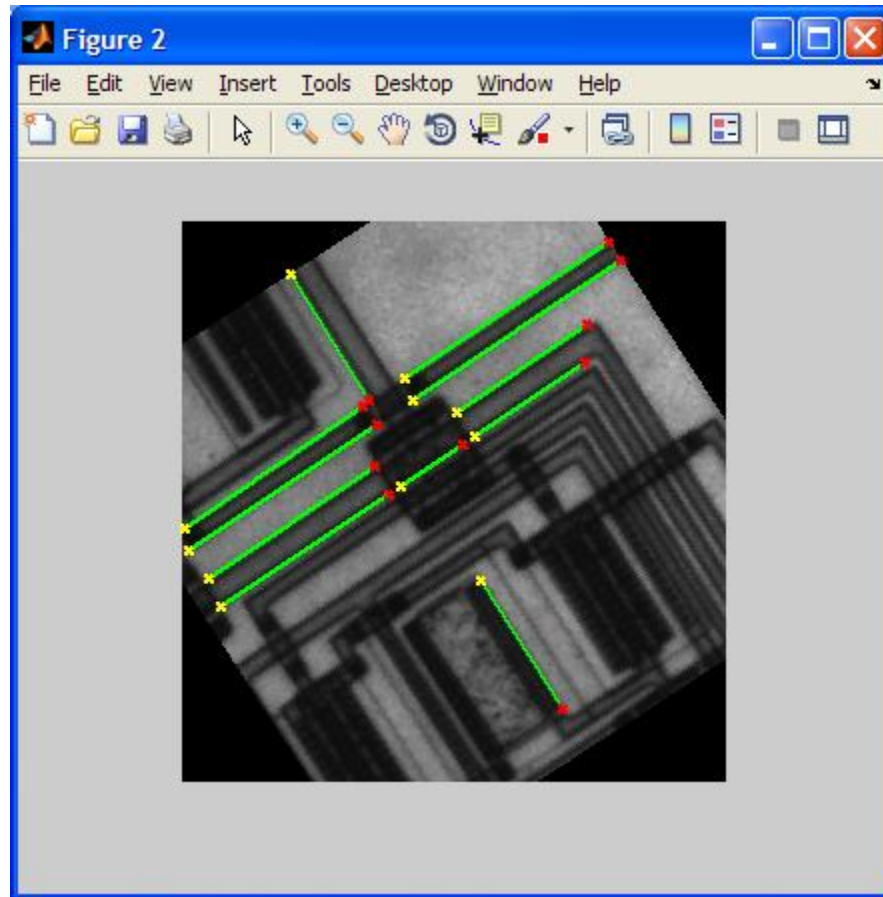


La Transformada de Hough

En MATLAB

```
% Determine the endpoints of the longest line segment
len = norm(lines(k).point1 - lines(k).point2);
if ( len > max_len)
    max_len = len;
    xy_long = xy;
end
end
```

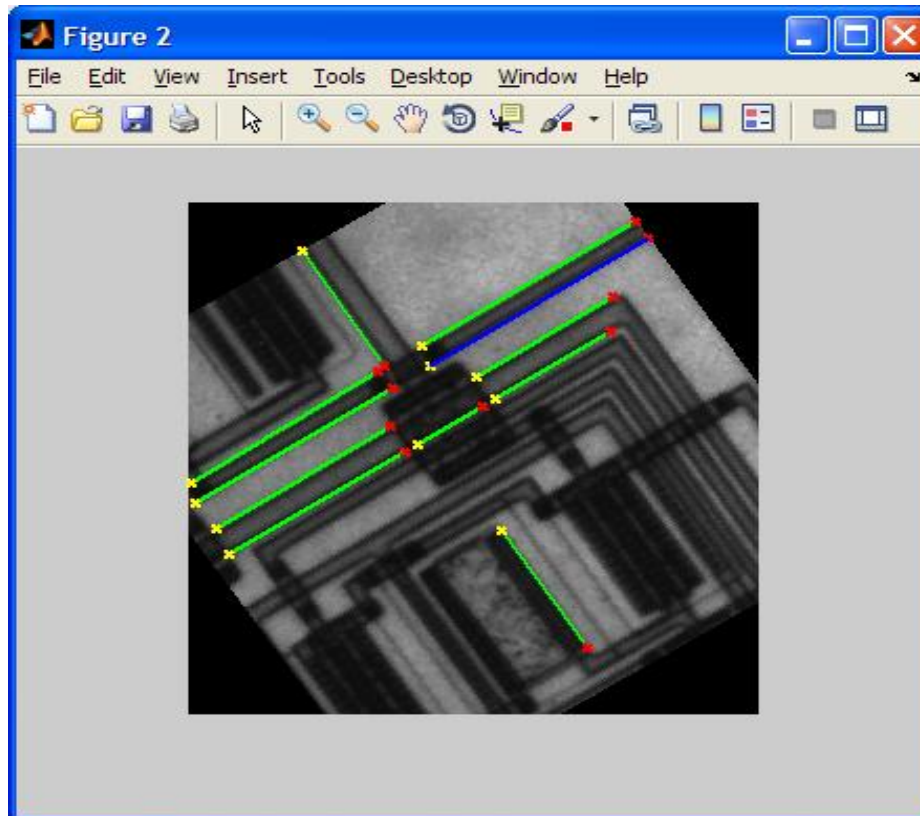
La Transformada de Hough



La Transformada de Hough

En MATLAB

```
% highlight the longest line segment  
plot(xy long(:,1),xy long(:,2),'LineWidth',2,'Color','blue');
```



Bibliografía

- Rojas, T., Sanz, W., y Arteaga F.(2008). *Sistema de visión por computadora para la detección de objetos esféricos a través de la transformada de Hough*. Revista Ingeniería UC, 15 (1), 77-87.
- Technology Robotix Society. *Tutorial: Shape Detection*. Disponible en:
http://www.robotix.in/tutorials/categ/opencv/shape_detection
- Escolano, F., Cazorla, M., Galipienso, M., Pardo, O., y Lozano, M.,(2003) . *Inteligencia Artificial. Modelos, Técnicas y Áreas de Aplicación*. Madrid, España: Paraninfo.