

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

CÁLCULO DEL ÁNGULO DE ROTACIÓN EN EL PLANO DE SUBSTRATOS DE SILICIO POR MEDIO DEL PROCESAMIENTO DE IMÁGENES MONOCROMÁTICAS

Carlos Andrés Loaiza Gil

Leidy Yulieth Ramirez Zuluaga

FACULTAD DE INGENIERÍAS

Ingeniería de Sistemas

Docente asesor

July Andrea Galeano Zea

INSTITUTO TECNOLÓGICO METROPOLITANO

30-05-2017

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

RESUMEN

El presente proyecto de grado se enfoca en el desarrollo de un programa en Matlab de visión artificial, que permite obtener el ángulo de inclinación de un substrato de silicio por medio de técnicas de procesamiento de imágenes.

El desarrollo del programa se hizo en Matlab. Se empezó con el procesamiento de las imágenes de substratos de silicio proporcionadas por el docente asesor, desarrollando así, un programa base para la detección del ángulo de inclinación solicitado. Al procesar las imágenes iniciales en el software dan un resultado satisfactorio; sin embargo, al ingresar al software otras imágenes de los substratos con procesos químicos, el sistema no es capaz de procesar las imágenes, por lo que se opta a modificar el programa base. Para esto se agregan técnicas de pre procesamiento de imágenes para mejorar su calidad. Al realizar dicho pre proceso y calcular el ángulo de nuevo, se pudo observar que el programa aún seguía arrojando resultados poco satisfactorios, por lo que se concluyó que no era la calidad de la imagen sino las deformaciones que quedaban en la placa de silicio después de pasar por procesos químicos.

El proceso final que se logra implementar para las imágenes, consta de primero binarizar la imagen, encontrar los bordes de los objetos en la imagen, con estos bordes se pretende buscar el ultimo pixel blanco (los bordes se hacen blancos luego de la binarización y de detectar los bordes), en cuanto a filas y columnas, para determinar una región de interés entorno a este. Luego se determina un rango de 100 filas y 100 columnas que serían el rango de la sección de interés. Posteriormente se determina una nueva imagen con una sección de la línea que se va a evaluar y con sus puntos extremos se determina una pendiente de la recta, para luego, mediante una relación trigonométrica hallar el ángulo de la pendiente, que al final es el ángulo de inclinación de la imagen con respecto al eje X. Para que el programa pueda funcionar con cualquier imagen, se estipula variar el umbral hasta que la imagen sea procesada correctamente.

Palabras clave: Substrato de Silicio, procesamiento de imágenes, cálculo del ángulo de inclinación en el plano.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

RECONOCIMIENTOS

Agradecemos a la docente July Galeano por el acompañamiento brindado durante el desarrollo de nuestro proyecto de grado y el conocimiento que nos transmitió durante el semestre.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

ACRÓNIMOS

UV ultravioleta

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

TABLA DE CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN	7
1.1	Generalidades	7
1.2	Objetivos.....	8
	Objetivo General.....	8
	Objetivos específicos	8
2.	MARCO TEÓRICO	9
2.1	Filtros para el procesamiento de imágenes.....	9
2.2	Segmentación de imágenes en Matlab	10
2.3	Binarización de una imagen en Matlab	10
2.4	Función bwboundaries en Matlab	11
2.5	Calculo de la pendiente de una recta	11
3.	METODOLOGÍA.....	13
3.1	Programa base	13
3.2	Procesamiento de imágenes.....	14
3.3	Búsqueda de región de interés	14
3.3.1	Hallar el ángulo	15
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	17
4.1	Programa base	17
4.2	Procesamiento de imágenes.....	19
4.3	Búsqueda de la región de interés	22
5.	CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO	25
	REFERENCIAS	26
	ANEXOS.....	28
	Formato FDE 089	28
	Formato FDE 146 Registro de horas	29

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Generalidades

El programa desarrollado en Matlab apoya el proyecto de investigación P15201 “Implementación de un sistema de micro-posicionamiento absoluto de cultivos celulares en microscopia óptica”, en el cual el docente asesor participa. Dicho proyecto se realiza entre los grupos de investigación del ITM Materiales Avanzados y Energía MatyEr, el grupo de investigación Automática, Electrónica y Ciencias Computacionales, y el departamento de Mecánica Aplicada del Instituto FEMTO-ST de Francia. Este proyecto está bajo la asesoría del docente Fabian M. Cortes Mancera del grupo de investigación e innovación Biomédica, línea de ciencias Biomédicas - ITM.

El proyecto de investigación tiene como interés principal reforzar el estudio de técnicas de posicionamiento micrométricas que permitan rastrear, bajo microscopio óptico, una misma zona de interés de cultivos celulares de cáncer hepático. Para lo anterior, se está trabajando en técnicas de fabricación de patrones micro-estructurados que, una vez adaptados a soportes de cultivos celulares permitan encontrar de forma fácil regiones de interés de dichos cultivos previamente observadas en un microscopio óptico. Dichos patrones se fabrican por medio de la técnica de litografía óptica, la cual se lleva a cabo en laboratorios especializados de micro tecnología llamados “salas limpias”, los cuales no están disponibles a nivel nacional. Dicha técnica de fabricación de litografía óptica requiere de una maquina especializada de exposición o escritura directa por luz UV, cuya función primordial es la de plasmar un diseño dado a un sustrato de interés. Lo anterior implica que el sustrato debe estar perfectamente alineado en la máquina de escritura directa.

El software desarrollado en el presente trabajo de grado entrega el ángulo de inclinación de un sustrato de silicio, el cual se posiciona en una máquina de escritura directa que realiza marcas sobre el sustrato. La idea del sistema es que una vez en dicha máquina, se captura una imagen de la placa y esta imagen es ingresada al software el cual arrojará el ángulo de inclinación para alinear correctamente la máquina de escritura. Posteriormente se retira el sustrato y pasa por algunos procesos químicos. Luego, la placa es posicionada de nuevo en la máquina de escritura directa, y para asegurar que la máquina este bien alineada se toma una nueva imagen de la placa y se procesa en software para obtener el nuevo ángulo de inclinación y así alinear la máquina de escritura.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

1.2 Objetivos

Objetivo General

Desarrollar una rutina computacional que permita calcular el ángulo de inclinación de una imagen de un sustrato de silicio, por medio de técnicas de procesamiento de imágenes.

Objetivos específicos

- Desarrollar funciones que permitan analizar las imágenes de los sustratos de silicio que han pasado por procesos químicos y presenten anomalías en su superficie (manchas).
- Validar la rutina implementada por medio de imágenes de sustratos de silicio correspondientes a rotaciones sucesivas en máquina de escritura directa.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

2. MARCO TEÓRICO

Para el desarrollo del programa se consultaron los siguientes temas:

2.1 Filtros para el procesamiento de imágenes

Los filtros para el procesamiento de imágenes, son técnicas que se le aplican a las imágenes con el fin de mejorar su calidad o buscar información específica en ellas.

Con los filtros se puede suavizar la imagen, eliminar ruido, realzar la imagen y detectar bordes.

Los filtros aplicados en el desarrollo del programa fueron los siguientes:

- **Filtro Promedio**

Este filtro es llamado filtro de suavizamiento y tiene por objetivo hacer borrosa la imagen y reducir la presencia de ruido, es decir, eliminar componentes de altas frecuencias y mantener las de bajas frecuencias. (Valverde, 2011)
- **Filtro Gaussiano**

Usa una máscara basada en una distribución Gaussiana la cual se caracteriza por asignar un mayor peso al píxel central y a los píxeles que se encuentran cercano a este, y menor peso a los píxeles alejados. (Valverde, 2011)
- **Filtro Prewitt**

En Procesamiento Digital de Imágenes, uno de los operadores usado para la detección de bordes en imágenes es el operador de Prewitt, el cual usa una vecindad de 3 x 3 para la convolución por cada píxel de la imagen analizada. Con este tipo de máscara usada se logra evitar el cálculo de la gradiente en el punto intermedio. (Valverde, 2011)
- **Filtro sobel**

Entre los operadores usados en Procesamiento Digital de Imágenes para la detección de bordes en imágenes en escala de grises tenemos el operador de Sobel, el cual, a parte de su tarea de detector de bordes cumple también con el suavizamiento de la imagen al aplicar de manera intrínseca el Suavizamiento Gaussiano. (Valverde, 2011)

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

- **Filtro Laplaciano**

En Procesamiento Digital de Imágenes, uno de los detectores de bordes de imágenes en escala de grises que otorga buenos resultados es el operador Laplaciano, el cual aplica la segunda derivada a un píxel analizado. (Valverde, 2011)

2.2 Segmentación de imágenes en Matlab

La segmentación de imágenes digitales es el proceso en el cual a una imagen se le identifican sus componentes, tales como; bordes, líneas, objetos y fondo, de manera tal que se puedan separar de la imagen.

Esta técnica fue usada para separar la placa de silicio del fondo y así poder detectar los bordes de la placa. (Dvorkin, Goldschmit, Storti)

2.3 Binarización de una imagen en Matlab

La binarización de una imagen hace referencia a convertirla en una imagen de valores binarios “0” y “1”, donde el “0” representa el negro y el “1” el blanco, para al final obtener una imagen en blanco y negro. Lo que determina si un píxel en la imagen se torna negro o blanco es llamado “umbral”, donde este representa un valor dentro de la escala de grises de la imagen. Si un píxel es menor que el umbral se le asigna el valor de 0, caso contrario se le asigna 1. (Laorden, 2012)

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

2.4 Función `bwboundaries` en Matlab

Traza los contornos exteriores de los objetos, así como los límites de agujeros en el interior de estos objetos, en la imagen binaria. (MathWorks Documentation. `bwboundaries`).

2.5 Calculo de la pendiente de una recta

El ángulo de inclinación de una recta es el ángulo que forma con el eje x.

En una recta, la pendiente se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$m = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} \quad (1)$$

Para el cálculo del ángulo (θ) se tiene la siguiente relación:

$$m = \tan \theta \quad (2)$$

Al despejar el ángulo queda (Gulias, 2012):

$$m = \arctan m \quad (3)$$

Para el cálculo del ángulo se hallaron dos puntos de la placa de silicio.

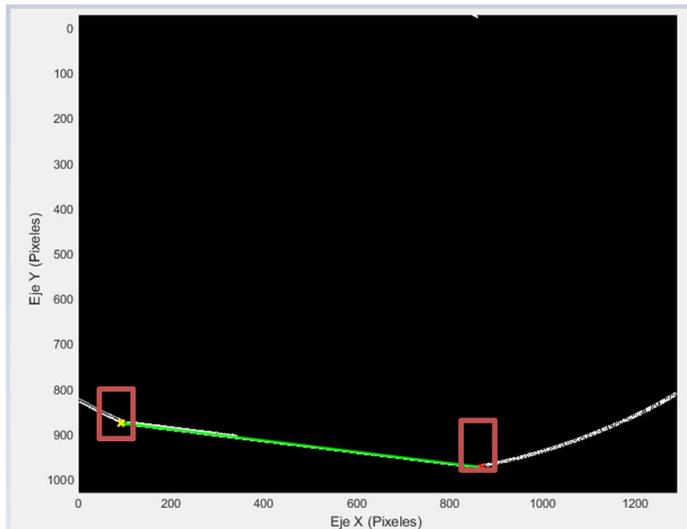


Figura 1. Imagen de los dos puntos hallados.

En la figura 1 se pueden observar los dos puntos calculados por el programa con los cuales se calculó la pendiente, y se igualó a $\tan \theta$, como se plantea en la fórmula, luego se despejó el ángulo lo que nos quedó:

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

$$\theta = \arctan m$$

con el anterior calculó se obtuvo el ángulo buscado.

En Matlab se usó la función llamada arctan, que viene incorporada en él. Esta función devuelve el ángulo recibiendo como parámetro la pendiente.

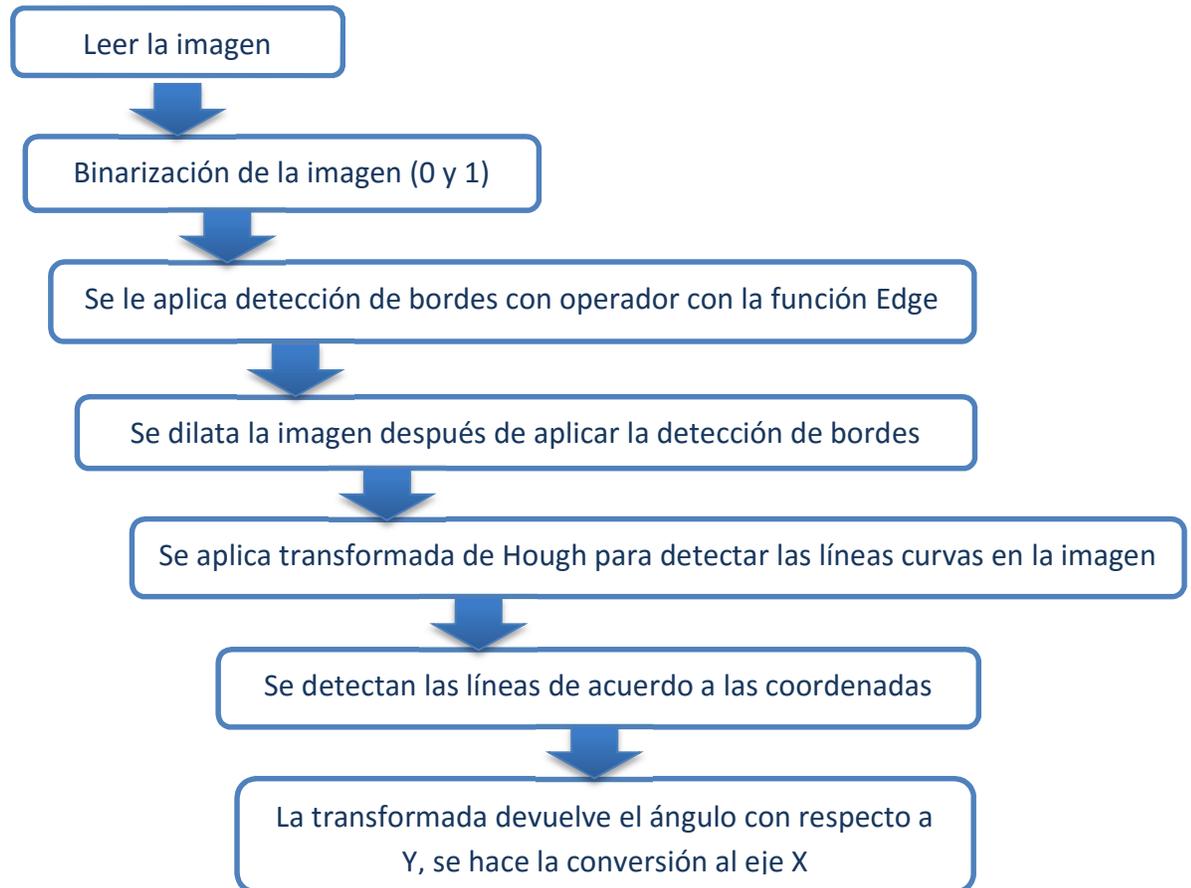
3. METODOLOGÍA

Para el desarrollo del programa se usó la herramienta de Matlab, creando una serie de funciones para procesar las imágenes proporcionadas por la docente.

Se plantearon las siguientes metodologías:

3.1 Programa base

Se crea inicialmente un programa base el cual realiza el cálculo del ángulo de una imagen entregada, para este cálculo se tiene el siguiente flujo:



	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Al rotar una imagen cambia la percepción de grado hacia donde se debe mover la imagen, porque el ángulo dado por la transformada no tiene en cuenta la dirección del cuerpo sino la línea como único objeto.

3.2 Procesamiento de imágenes

Se decide optar por procesar la imagen antes de ser enviada al programa base, aplicando filtros y buscando el más conveniente a usar en el desarrollo del trabajo, para así mejorar la calidad de la imagen proporcionada.

En este proceso se lee la imagen, se cargan los coeficientes con los cuales van a operar el filtro gaussiano y se procede a aplicar los filtros.

Se eligieron los siguientes filtros:

- Gaussiano
- Promedio
- Laplaciano
- Prewitt
- Sobel

3.3 Búsqueda de región de interés

Antes de hallar la región de interés se procesa la imagen de la siguiente forma:

- Se lee la imagen a procesar
- se binariza la imagen
- Se detectan los objetos en la imagen binarizada con la función propia de Matlab `bwboundaries`.
- Se buscan los bordes de los objetos en la imagen.

Luego de hacer el procesamiento se procede a encontrar una región de interés, para lo cual se pretende encontrar el ultimo pixel blanco en cuanto a filas y columnas, establecer un rango de 100 filas y 100 columnas a derecha o izquierda y siempre por encima del ultimo pixel blanco para crear una nueva imagen con

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

una única línea que a su vez es un segmento de la línea original que se pretende analizar.

Para esto se tienen los siguientes pasos:

- Se crea una nueva imagen en negro con la nueva línea del mismo tamaño de la imagen original.
- Se recorre la imagen binarizada con los bordes de los objetos, de pixel en pixel; cuando un pixel es reconocido como borde, se pone blanco.
- Luego de poner todos los bordes blancos, se recorre la imagen para cambiar los pixeles que no corresponden a bordes a un color negro.
- Se recorre la imagen con los bordes en blanco en busca del ultimo pixel blanco.
- Luego de hallar el último pixel blanco en la imagen, se establece un rango de 100 filas y 100 columnas para crear la nueva imagen con parte de la línea que se busca analizar.
- A partir del último pixel blanco se establece un primer punto para la búsqueda del ángulo.
- Para definir el segundo punto, se determina hacia qué dirección está orientada la línea, si asciende hacia la derecha o izquierda.
- Se recorre la imagen con los bordes desde la posición del ultimo pixel hacia la orientación que se estableció en el paso anterior, para determinar, dentro del rango de 100 filas y 100 columnas, la posición del segundo punto para hallar el ángulo de inclinación de la línea de interés
- Cuando se recorre todo el rango se establece el segundo punto.
- Tomando la posición en X del primer punto y la posición en Y del segundo punto, se determina un tercer punto para proceder a hallar el ángulo.

3.3.1 Hallar el ángulo

Para hallar el ángulo de inclinación de la imagen, y luego de haber obtenido los puntos después de obtener la región de interés, se utilizan el primer y

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

segundo punto para calcular la pendiente de la recta por medio de su función ($m = (y_2 - y_1) / (x_2 - x_1)$) y determinar el ángulo por medio del arco tangente de la pendiente.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Programa base

Al procesar las imágenes de las placas de silicio iniciales entregadas por la docente en el programa base, se obtuvo satisfactoriamente el ángulo solicitado. El sistema analiza la imagen y detecta correctamente la línea, entregando así el ángulo correctamente.

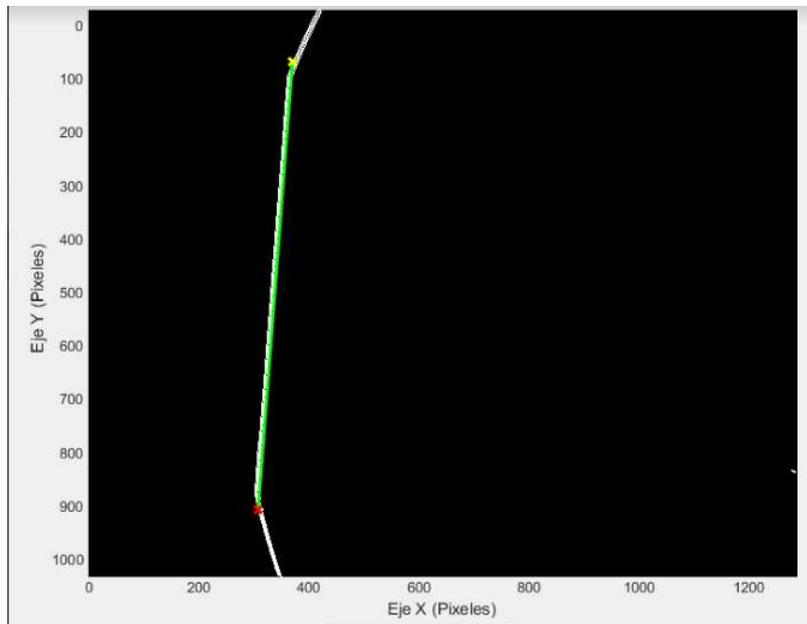


Figura 2. Imagen de los dos puntos hallados

En la figura 2 se puede observar que el programa detectó los dos puntos correctamente arrojando un ángulo de 85.6 grados.

El paso siguiente que se realizó fue evaluar una imagen de la placa de silicio, pero esta vez con una variación: la imagen es la foto de la placa, pero con procesos químicos ya aplicados. Se envía la imagen al programa base, pero se obtienen datos erróneos, debido a que la placa ha sido tratada químicamente y produce unas manchas en ella.

En la siguiente imagen se aprecia el resultado:

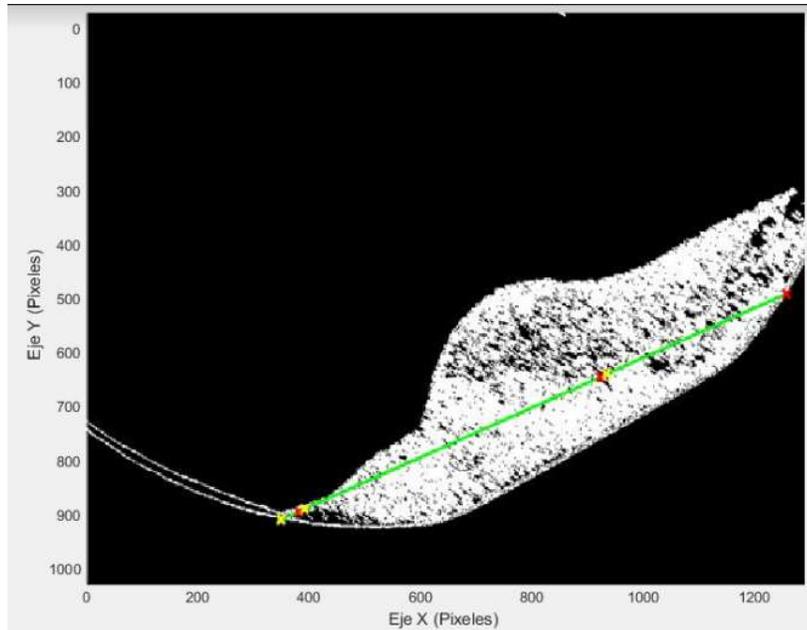


Figura 3. Imagen de los dos puntos hallados con errores

Para esta imagen arroja un ángulo de 21.8 grados.

Como se puede observar en la imagen 3 el programa base detecta una línea, pero esta no es la línea de interés, proporcionando así un ángulo erróneo.

4.2 Procesamiento de imágenes

Después de aplicar los filtros se obtienen los siguientes resultados:

- **Filtro Gaussiano**

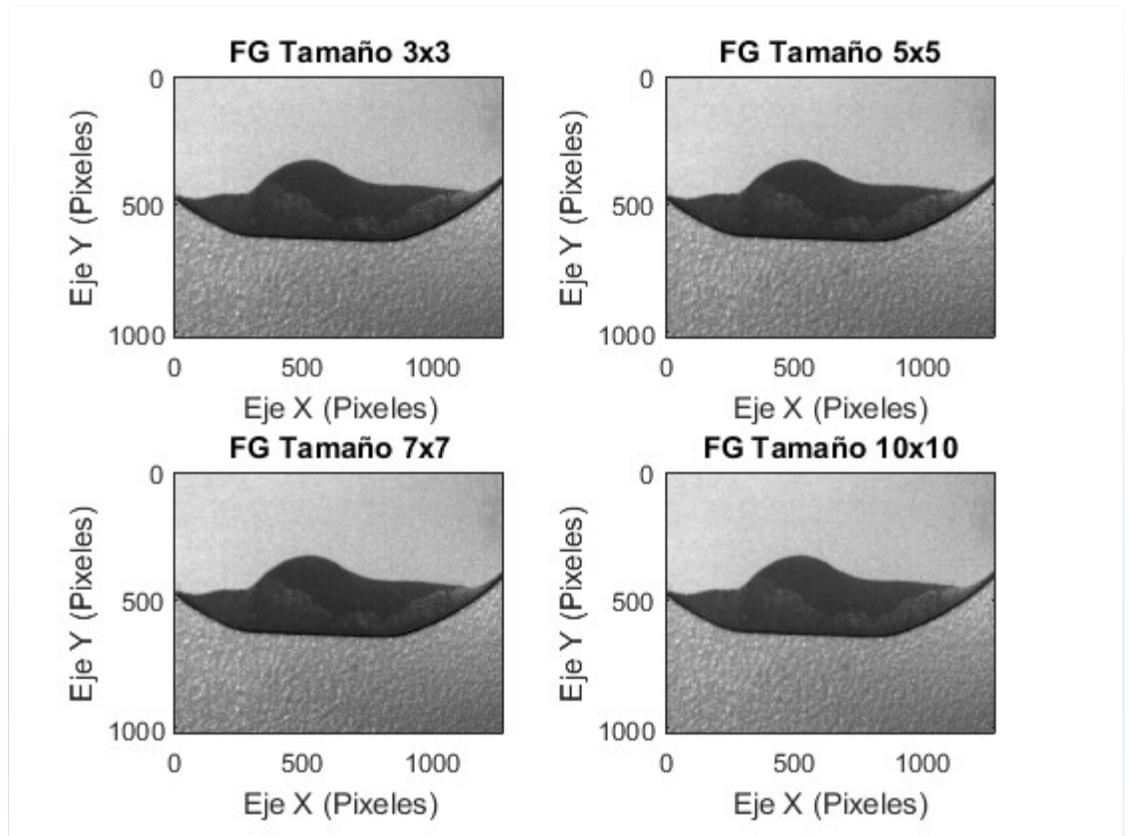


Figura 4 Filtro Gaussiano (FG) aplicado.

- **Filtro Promedio**

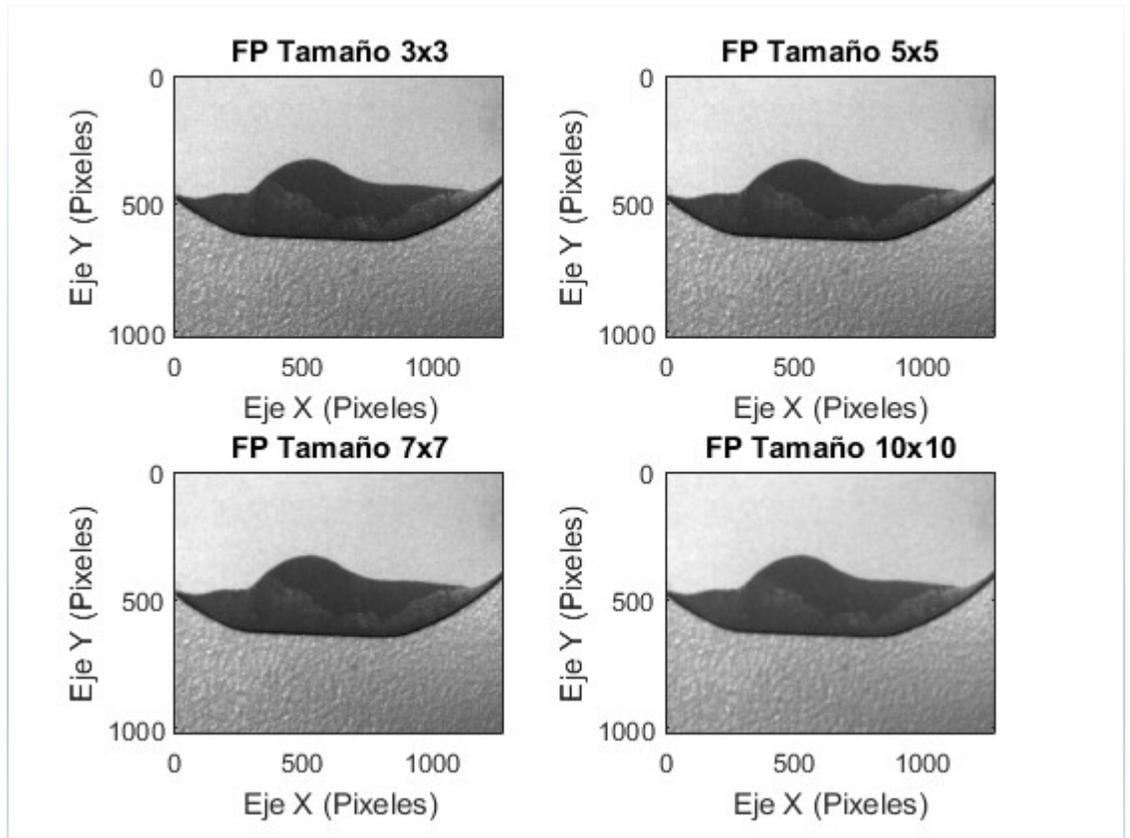


Figura 5 Filtro promedio (FP) aplicado.

- **Laplaciano**

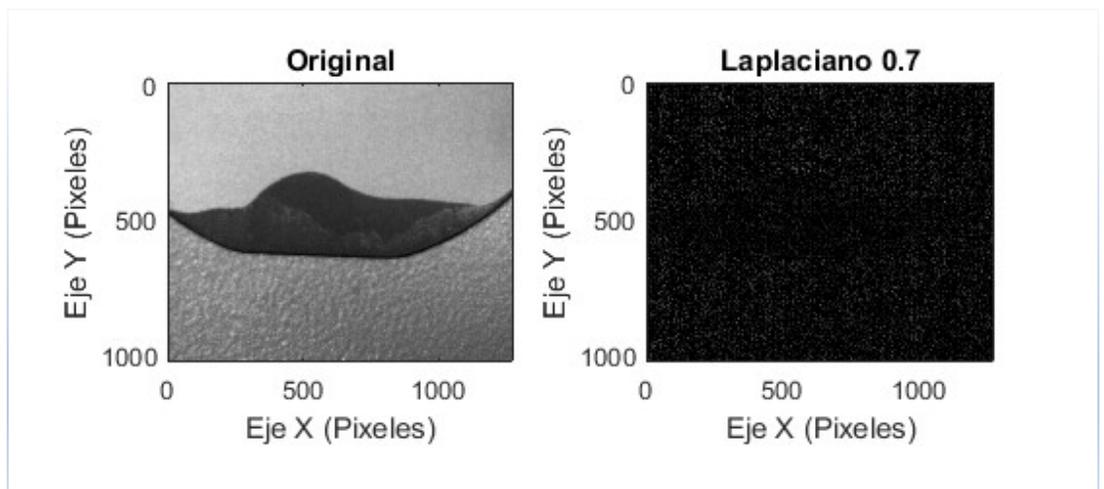


Figura 6 Filtro Laplaciano aplicado.

- **Prewitt**

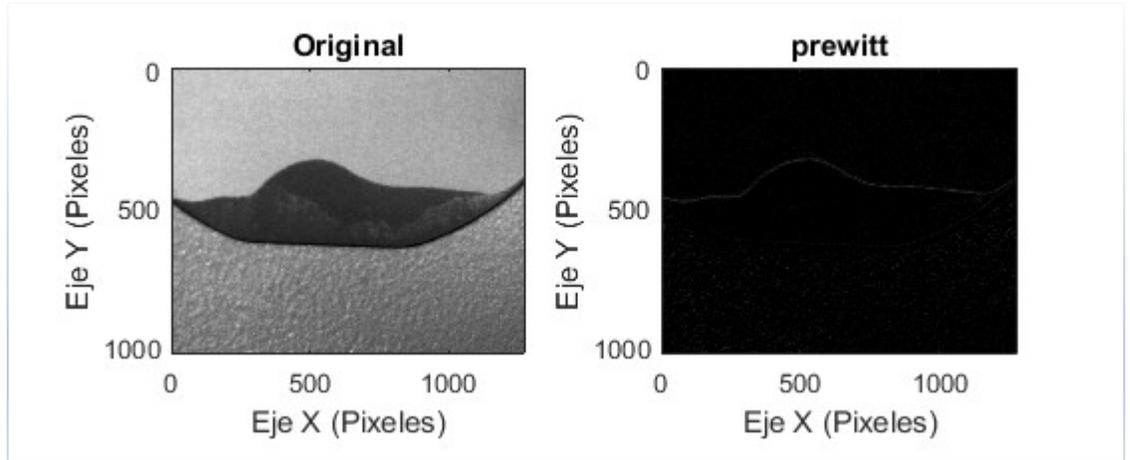


Figura 7 Filtro Prewitt aplicado.

- **Sobel**

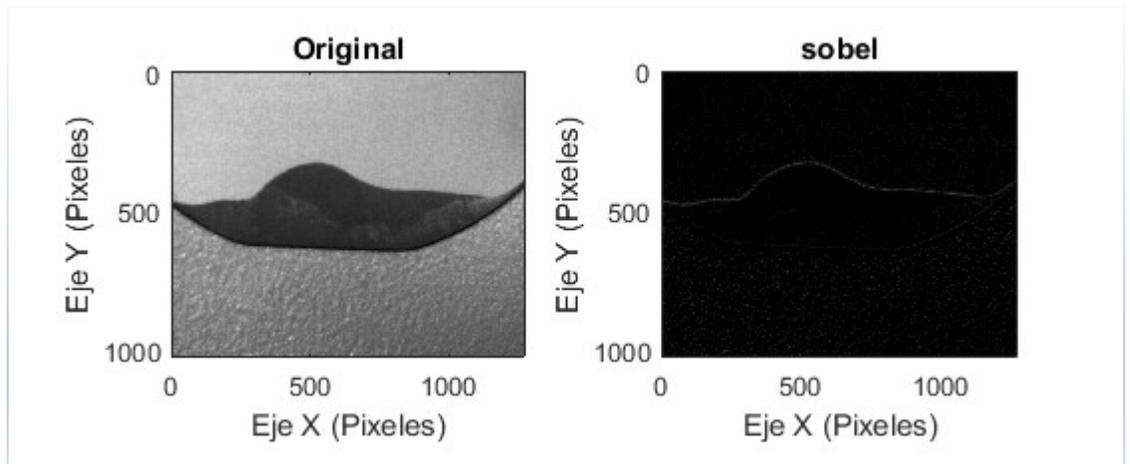


Figura 8 Filtro Sobel aplicado.

Al aplicar los filtros para mejorar la calidad de la imagen, se pudo observar que no hubo una mejora en las imágenes de silicio. Al enviar al programa base la imagen filtrada, éste siguió arrojando datos erróneos, por lo que se concluyó que no era la calidad de la imagen, sino las manchas que aparecían en la placa de silicio después

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

de pasar por procesos químicos. Por lo tanto, se descarta el pre procesamiento de las imágenes.

Al comparar la imagen original con las imágenes ya procesadas se puede observar que no hay diferencia en la nitidez de la imagen.

4.3 Búsqueda de la región de interés

Al procesar las imágenes con este método el ángulo arrojado es correcto y más preciso, por lo que se elige implementar para la entrega final del programa.

A continuación, se presentarán los resultados obtenidos:

- Imagen con los bordes de interés

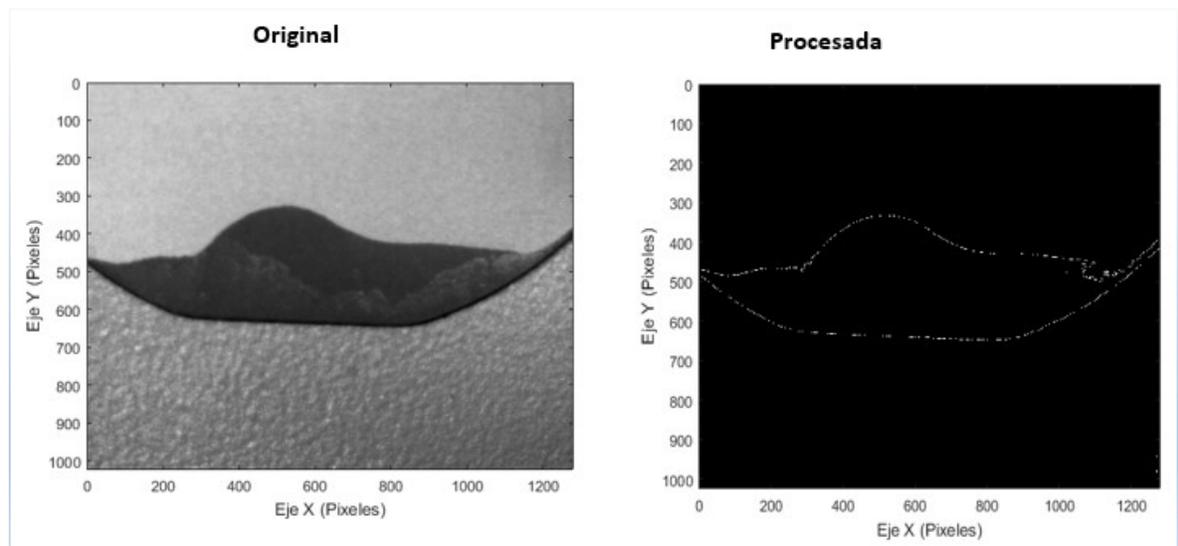


Figura 9 imagen original y procesada con los bordes de interés

- Imagen con la línea de interés

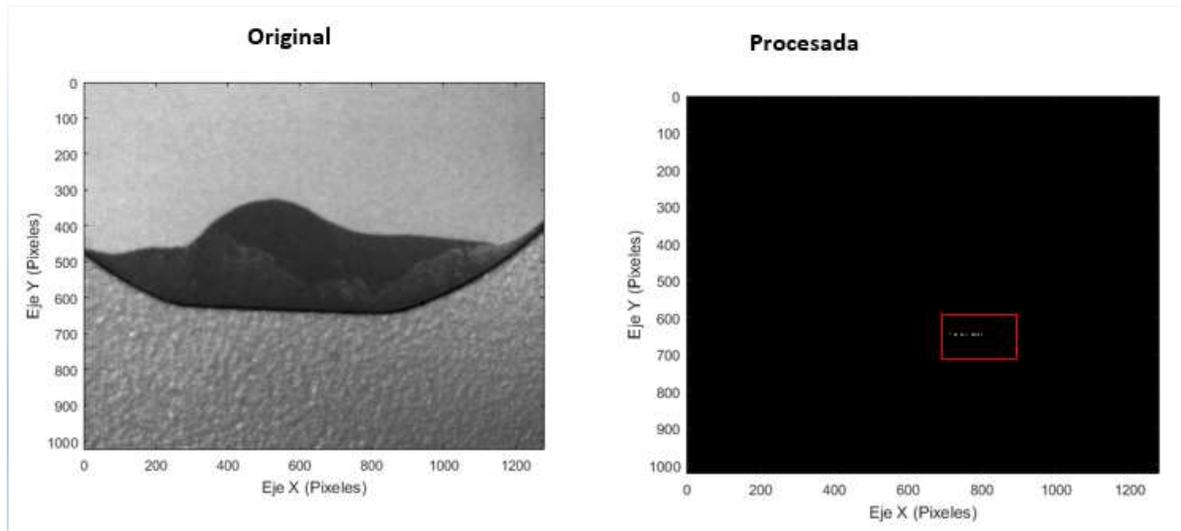
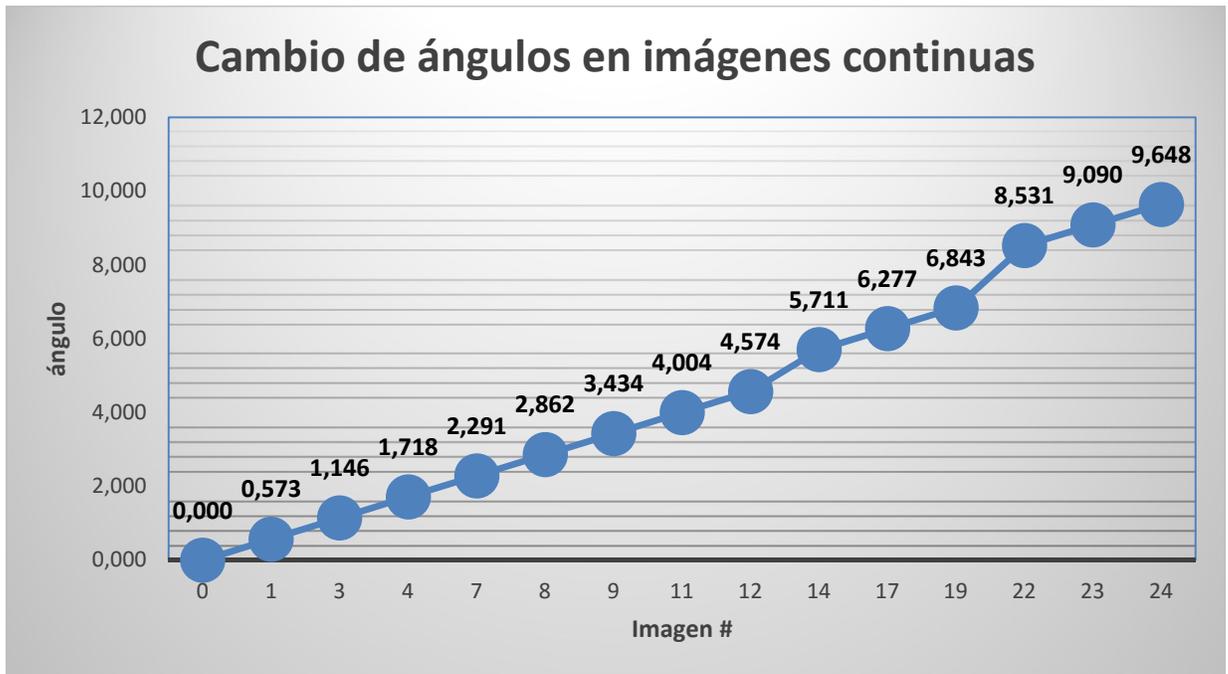


Figura 10 imagen original y procesada con la línea de interés

Al procesar algunas imágenes tomadas en el laboratorio por la docente se tienen los siguientes resultados con sus respectivos ángulos:

Imagen	Angulo	Cambio
0	0,0000	0
1	0,5729	0,5729
3	1,1458	0,5729
4	1,7184	0,5726
7	2,2906	0,5722
8	2,8624	0,5718
9	3,4336	0,5712
11	4,0042	0,5706
12	4,5739	0,5697
14	5,7106	1,1367
17	6,2773	0,5667
19	6,8428	0,5655
22	8,5308	1,6880
23	9,0903	0,5595
24	9,6480	0,5577



Se puede observar en la gráfica que el programa arroja resultados satisfactorios, ya que el cambio entre imagen es aproximadamente de 0.57° y el ángulo (en grados) obtenido corresponde al de la imagen.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

5. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO

- La realización del programa entregado presentó un grado de dificultad al hacer procesamiento a las imágenes de los substratos de silicio que ya han pasado por procesos químicos. En estos casos, se tiene un grado de complejidad para su procesamiento, ya que se presentan deformaciones o manchas que pueden arrojar falsos positivos, lo que conlleva a un cálculo erróneo del ángulo de inclinación. Esto implicó desarrollar nuevos procesos sobre la imagen.
- Luego de analizar varios de los resultados obtenidos, se concluye que las placas deben estar posicionadas de manera que la parte lineal de la placa este orientada horizontalmente hacia abajo para así evitar resultados erróneos al momento de tomar la región y puntos de interés.
- Al realizar pruebas con diferentes imágenes se concluyó que el dato del umbral usado en la binarización de la imagen (función *CalcularAngulo_PlacaSilicio* línea 15) debe ser cambiada de acuerdo a la intensidad de la imagen, por lo que se concluye que este dato debería ser parametrizado en un trabajo futuro.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

REFERENCIAS

- MathWorks Documentation. Inverse Tangent.
[Online]. Consultado el 02 de abril de 2017
Disponible: https://ch.mathworks.com/help/matlab/ref/atan.html?searchHighlight=tan&s_tid=doc_srchtile
- MathWorks Documentation. bwboundaries.
[Online]. Consultado el 10 de abril de 2017
Disponible: <https://www.mathworks.com/help/images/ref/bwboundaries.html?requestedDomain=www.mathworks.com>
- Laorden E. (2012). Descripción, comparación y ejemplos de uso de las funciones de la toolbox de procesamiento digital de imágenes de Matlab.
[Online]. Consultado el 15 de marzo de 2017
Disponible: http://oa.upm.es/14016/2/PFC_EDUARDO_LAORDEN_FITER_B.pdf
- Dvorkin E., Goldschmit M., Storti M. (2010). Segmentación de imágenes digitales mediante umbralizado adaptivo en imágenes de color.
[Online]. Consultado el 15 de marzo de 2017
Disponible: <http://www.cimec.org.ar/ojs/index.php/mc/article/viewFile/3440/3357>
- Valverde J. (2011). Suavizamiento de Imágenes usando el Filtro del Promedio en Matlab.
[Online]. Consultado el 23 de marzo de 2017
Disponible <http://jc-info.blogspot.com.co/2011/02/suavizamiento-filtro-promedio-imagen.html>
- Valverde J. (2011). Suavizamiento de imágenes usando el filtro Gaussiano en Matlab.
[Online]. Consultado el 23 de marzo de 2017
Disponible <http://jc-info.blogspot.com.co/2011/04/detector-bordes-prewitt-codigo-matlab.html>
- Valverde J. (2011). Detector de bordes de Prewit en Matlab.
[Online]. Consultado el 23 de marzo de 2017
Disponible <http://jc-info.blogspot.com.co/2011/04/detector-bordes-prewitt-codigo-matlab.html>
- Valverde J. (2011). Detector de bordes de Sobel en Matlab.
[Online]. Consultado el 23 de marzo de 2017
Disponible <http://jc-info.blogspot.com.co/2011/06/detector-bordes-sobel-codigo-matlab.html>

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

- Valverde J. (2011). Detector de bordes de Laplaciano en Matlab.
[Online]. Consultado el 23 de marzo de 2017
Disponible <http://jc-info.blogspot.com.co/2011/02/detector-bordes-laplaciano-codigo.html>

- Esqueda J., Palafox L (2005). Fundamentos de Procesamiento de Imágenes. Universidad autónoma de baja California. Consultado el 29 de marzo de 2017

- Gulias M. (2012). Pendiente y ángulo de inclinación de una recta.
[Online]. Consultado el 29 de marzo de 2017
Disponible <http://geometria-analitica-y-algebra.blogspot.com.co/2012/11/pendiente-y-angulo-de-inclinacion-de.html>

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

ANEXOS

Formato FDE 089

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

FIRMA ESTUDIANTES CARLOS ANDRÉS LOOZIO

[Handwritten Signature]

FIRMA ASESOR *[Handwritten Signature]*

Firma informe final del trabajo de grado de
 Carlos Andrés Loazio y Lady Yuliett Romires.
 17/10/2017. Hora: 5:30 p.m.

FECHA ENTREGA: 1/ Junio/2017.

FIRMA COMITÉ TRABAJO DE GRADO DE LA FACULTAD _____

RECHAZADO___ ACEPTADO___ ACEPTADO CON MODIFICACIONES___

ACTA NO. _____

FECHA ENTREGA: _____

FIRMA CONSEJO DE FACULTAD _____

ACTA NO. _____

FECHA ENTREGA: _____

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Formato FDE 146 Registro de horas

 Institución Universitaria	MODALIDAD TRABAJO DE GRADO PRODUCTO OBTENIDO EN TALLERES O LABORATORIOS DEL ITM		Código	FDE 146
	Registro de actividades y cumplimiento de horas / Talleres o Laboratorios de DOCENCIA		Versión	02
			Fecha	2015-09-30

Documento de identidad:	11 28 902 945 / 10 91 203 282		
Nombre completo del estudiante:	Carlos Andrés Loarza Gil / Leidy Yulieth Ramirez		
Programa académico ITM:	Ing. de sistemas		
Nombre completo del Docente Asesor:	Joly Andrea Galeano Zeo		
Fecha de iniciación del producto (aaaa/mm/dd):	2017/02/09	Fecha de terminación del producto (aaaa/mm/dd):	2017/05/31
Nombre Taller o Laboratorio:	Laboratorio de simulación, modelamiento y prototipos. Grupo Inv. Materiales Avanzados y Energía		
Ubicación:	Parque-I.		
Campus:	ITM - Fraternidad		

Fecha			Actividad desempeñada por el estudiante	Hora ingreso	Hora salida	Total horas	Firma Laboratorista	Firma Estudiante
A	M	D						
17	02	16	Programa base para la detección de líneas en imágenes de wafers de silicio tomadas en condiciones óptimas.	9:00 p.m	8:00 p.m	9	<i>Ruly</i>	CARLOS LOARZA Gil
17	02	23	Análisis de imágenes de wafers de silicio después de tratamiento químico. Estudio de la binarización de la imagen de requiere profundizar en el pre-procesamiento de la imagen por medio de filtros.	9:00 p.m	8:00 p.m	9	<i>Ruly</i>	CARLOS LOARZA Gil
17	03	2	Estudio de pre-procesamiento de imágenes con filtros. Análisis de una nueva metodología para la detección de líneas en imágenes con manchas debidas a procesos químicos. Entrega de imágenes rotadas a un paso constante.	9:00 p.m	8:00 p.m	9	<i>Ruly</i>	CARLOS LOARZA Gil
17	03	16	Uso de la función "8wboundaries" de Matlab para detectar de forma aproximada la región de interés (ROI) que contiene (new rect) en imágenes con manchas. Diseño de una metodología para seguir trabajando con dichas imágenes.	9:00 p.m	8:00 p.m	9	<i>Ruly J</i>	CARLOS LOARZA Gil
17	03	23	Mejoras en el programa que contiene la función "8wboundaries".	9:00 p.m	8:00 p.m	9	<i>Ruly J</i>	CARLOS LOARZA Gil
17	03	30	Mejoras en el programa que utiliza la función "8wboundaries". Redacción del reporte final.	9:00 p.m	8:00 p.m	9	<i>Ruly J</i>	CARLOS LOARZA Gil
17	09	20	Mejoras en el programa: creación de una región de interés y una nueva imagen que contiene solamente los datos de la región de interés. Avances en el informe final.	9:00 p.m	8:00 p.m	9	<i>Ruly J</i>	CARLOS LOARZA Gil
17	09	27	Mejoras en el programa: desarrollo de una técnica para calcular el ángulo de orientación en la imagen.	9:00 p.m	8:00 p.m	9	<i>Ruly J</i>	CARLOS LOARZA Gil
17	05	9	Cálculo del ángulo utilizando método de la pendiente (cotang). Pruebas con imágenes con diferentes variaciones de inclinación.	9:00 p.m	8:00 p.m	9	<i>Ruly J</i>	CARLOS LOARZA Gil
17	05	11	Finalización del programa. Desarrollo del informe final.	9:00 p.m	8:00 p.m	9	<i>Ruly A</i>	CARLOS LOARZA Gil

17	05	18	Finalización del informe final.	4:00 p.m.	8:00 p.m.	4	Redy-A	CARLOS LOBOS debes
17	05	25	Finalización del informe final	4:00 p.m.	8:00 p.m.	4	Redy-A	CARLOS LOBOS debes
TOTAL HORAS								48

CARLOS LOBOS / debes
Firma Estudiante

N.A.
Nombre y firma Laborante

Redy-A - Joly Andrea Galeano Zec
Nombre y firma Profesional Universitario - Centro de Laboratorios