

# DETECCIÓN, SEGMENTACIÓN Y SELECCIÓN DE FRANJAS EN PROYECCIÓN DE LUZ ESTRUCTURADA

MC Juan Pablo Guerra Ibarra<sup>1</sup>, Lic. Oziel Arellano Arzola<sup>2</sup>,  
MC Ana Celia Segundo Sevilla<sup>3</sup>

**Resumen**—En el presente trabajo se abordan temáticas de Visión por computadora (VC), que son aplicadas a imágenes con proyección de franjas de luz estructurada, con la finalidad de prepararlas para la recuperación de la forma del objeto que se encuentre bajo la proyección de patrones luz.

**Objetivos:**

**Detectar las franjas en imágenes con proyección de luz estructurada.**

**Segmentar franjas en imágenes individuales.**

**Seleccionar franjas con información sobre el objeto de estudio.**

Aplicando las técnicas adecuadas de VC se puede lograr la detección y segmentación de las diferentes franjas dentro de la imagen. Lo anterior facilita seleccionar por medio de la indeterminación de la pendiente de la línea recta cuales son útiles y cuáles no lo son, con la finalidad de ahorrar tiempo de procesamiento al recuperar la forma del objeto. Se logró la correcta detección, segmentación y selección de franjas.

**Palabras clave**—Imagen, Visión, Segmentación, Franjas, Estructurada.

## Introducción

El desarrollo de algoritmos en el área de visión artificial requiere el estudio, conocimiento y entendimiento de la física de formación de imágenes. Por ejemplo, en la técnica de recuperación de formas de objetos a partir de imágenes con sombras [1-2], es necesario entender cómo intervienen los factores de iluminación y de rugosidad del objeto (relacionado con su reflectancia) para formar la imagen digitalizada que va a ser procesada por la computadora. Por ejemplo, para resolver el problema de recuperación de forma a partir del sombreado, si se captura el patrón de sombras de una esfera cóncava, será el mismo que produzca una convexa lo cual generará una ambigüedad si no se cuenta con información a priori o bien una mayor cantidad de imágenes. En tal caso se requiere agregar en los modelos matemáticos la información a priori de la que se disponga acerca de los objetos bajo estudio, o bien adicionar una mayor cantidad de imágenes que describen con más detalle y particularizan las características del objeto, para restringir más la solución. De esta forma, es posible limitar el número de soluciones a aquellas que más se apeguen a las características físicas del objeto. De igual manera las tareas de visión artificial tienen una diversidad de aplicaciones en distintas áreas tales como Metrología Óptica, Inspección Industrial, Diagnóstico Médico, Reconocimiento Óptico de Caracteres y Percepción Remota, entre otras [3-8]. Por lo que respecta a las Técnicas de Metrología Óptica, han sido utilizadas para llevar a cabo mediciones de cantidades físicas que presentan problemas de alta complejidad computacional debido a la gran cantidad de variables físicas que intervienen. Las variables tales como la iluminación de fondo, irradiancia y reflectancia del objeto, frecuencia de las franjas y adicionalmente el ruido generado por la fuente de iluminación, así como la óptica y la electrónica utilizada en el experimento; dificulta la modelación matemática y computacional para el cálculo de la medición de las cantidades físicas. Debido a que sólo es posible obtener una imagen para realizar la cuantificación de la cantidad física por la cantidad de variables físicas que contribuyen en la formación de la imagen, las técnicas de computación suave son adecuadas y de utilidad cuando se desean resolver problemas mal planteados y de alta complejidad. En los campos de la Visión artificial y el Procesamiento Digital de Imágenes, el problema de recuperar cantidades físicas que vienen codificadas en imágenes de patrones de franjas puede clasificarse como un problema de alta complejidad. En los últimos meses se a trabajado en técnicas que puedan resolver de una manera eficiente y general tales problemas. Estos tienen un nivel alto de complejidad en su solución debido a que en general se obtiene sólo una imagen que contiene un nivel alto de ruido y con un contraste deficiente propio de este tipo de experimentos y a partir de la cual es necesario calcular más de dos incógnitas. Por tal motivo el proyecto hace una propuesta en el que se establecen

<sup>1</sup> Juan Pablo Guerra Ibarra es Profesor de Ingeniería en Sistemas Computacionales en el Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Zamora, Michoacán, México. [jp@teczamora.mx](mailto:jp@teczamora.mx)

<sup>2</sup> Lic. Oziel Arellano Arzola es Profesor de Ciencias Básicas en el en el Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Zamora, Michoacán, México. [oarellano@accitez.com](mailto:oarellano@accitez.com)

<sup>3</sup> Ana Celia Segundo Sevilla es Profesora de Ingeniería en Sistemas Computacionales en el Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Zamora, Michoacán, México. [asegundo@accitesz.com](mailto:asegundo@accitesz.com)

técnicas adecuadas y factibles para estudiar la proyección de luz estructurada en materiales sólidos y aplicar los resultados a la distorsión de imagen y análisis de Óptica Geométrica; así mismo se estudiará la proyección de luz estructurada en materiales sólidos y aplicar los resultados de la reconstrucción 3D.

### Descripción del Método

El desarrollo de la investigación se realiza en las etapas descritas en el cuadro 1.

Etapa	Descripción
Armado del Experimento de Luz estructurada	Armado del experimento con un proyector y una cámara digital y da como resultado la captura de una imagen con un patrón de franjas
Preprocesamiento de Imagen	El objetivo de esta etapa es filtrar la imagen de ruido generado por diversos factores mediante algoritmos de Visión artificial.
Extracción de Características	Por medio de la indeterminación de la pendiente son seleccionadas las franjas que tocan el objeto de estudio de las que no lo hacen.

**Cuadro 1 Etapas de la selección de franjas.**

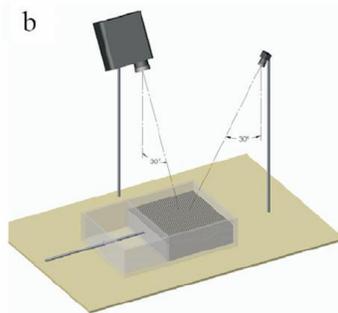
Cada una de las etapas descritas en el cuadro 1 pueden constar de varias fases cada una de ellas, las cuales serán descritas a continuación.

### Armado de experimento de luz Estructurada

En el armado del experimento de proyección de Luz estructurada intervienen necesariamente una fuente de luz que puede ser de diversos tipos, así como una cámara CCD para la adquisición de la imagen.

La técnica de proyección de un haz de luz para detección 3D de objetos, es muy utilizada en aplicaciones industriales, y ha sido ya usada para la reconstrucción de diversos objetos [9]. En esta técnica, un haz de luz se proyecta sobre un objeto, el cual tiene movimiento con la ayuda de un sistema mecánico que se desplaza en las coordenadas x e y. En la zona que ilumina el haz sobre el objeto, se captura una imagen de este por medio de una o varias cámaras CCD. La posición del haz cambia por los desplazamientos en el eje Z.

Una segunda alternativa es usar un proyector de luz para generar una rejilla de Ronchi sobre el objeto con sus líneas paralelas al eje y, y el eje z coincide con la dirección de observación y el plano  $\theta = 0$  ( $\theta = 0$ ) es un plano de referencia, es decir, la altura es igual a  $\theta$  en este plano[9]. La normal de la rejilla proyectada hace un ángulo  $\alpha$  con respecto al eje óptico. La superficie es entonces iluminada por una iluminación incoherentemente y cosenoidal producida por la rejilla de Ronchi y observada por una cámara CCD en la normal del plano  $\theta = 0$ .



**Figura 2 Esquema de proyección de luz con una sola lente**

Con los experimentos descrito en la Figura 2 es posible la adquisición de imágenes como la Figura 3.



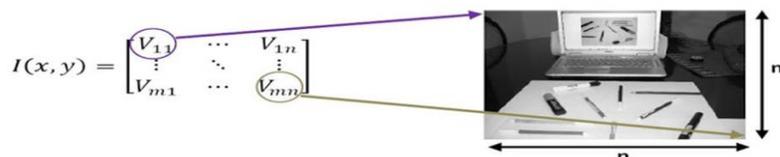
**Figura 3 Imagen con proyección de franjas**

**Preprocesamiento de imágenes**

Con una imagen digital adquirida por medio del esquema de la Figura 2 se puede empezar a trabajar con esta, pero ¿Qué es una imagen digital?

Una imagen se puede definir como una función de intensidad de luz bidimensional  $f(x, y)$  o  $I(x, y)$ , donde “x” e “y” indican las coordenadas espaciales y el valor de en cualquier punto  $(x, y)$  es proporcional a la luminosidad (o nivel de gris) de la imagen en dicho punto. [10]

Una imagen digital se puede expresar como una función  $f(x, y)$  o  $I(x, y)$  que ha sido discretizada tanto en coordenadas espaciales como en luminosidad, como lo muestra la figura 4. Esta puede ser considerada como una matriz cuyos índices de renglón y columna identifican un punto (un lugar en el espacio bidimensional) en la imagen y el correspondiente valor de elemento de matriz determina el nivel de intensidad luminosa en aquel punto. Los elementos de estos arreglos digitales son llamados elementos de imagen o pixeles, como se observa en la Figura 4.



**Figura 4 Representación de una imagen digital**

Las imágenes digitales contienen ruido o impurezas de manera natural que es necesario eliminar por medio de algoritmos de filtrado, con el objetivo de tenerlas en condiciones ideales para la extracción de información. Existe una gran variedad de algoritmos para filtrar imágenes, en el Cuadro 2 se muestran algunos de los filtros que se pueden usar. Es importante mencionar que no existe una combinación única para el filtrado de una imagen, ya que se pueden usar varios algoritmos uno sobre el resultado del anterior para eliminar las impurezas de la imagen.

Filtros de imágenes																				
Filtro	Ecuación	Descripción																		
Media	$Ma = \frac{1}{nm} \sum_{(x,y) \in nm} f(x, y)$	Los filtros de la media trabajan mediante la determinación del promedio del entorno.																		
Mediana	<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td>Datos</td> <td>5</td> <td>6</td> <td>30</td> <td>50</td> <td>60</td> </tr> <tr> <td>Frecuencia</td> <td>7</td> <td>4</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>Mediana</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	Datos	5	6	30	50	60	Frecuencia	7	4	2	3	1				Mediana			La mediana M de un conjunto de valores es tal que la mitad de los valores del conjunto son menores que M y la mitad de los valores son mayores que M.
Datos	5	6	30	50	60															
Frecuencia	7	4	2	3	1															
			Mediana																	
Moda	<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td>Datos</td> <td>5</td> <td>6</td> <td>30</td> <td>50</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>Frecuencia</td> <td>7</td> <td>4</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>Moda</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	Datos	5	6	30	50	6	Frecuencia	7	4	2	3	1				Moda			De entre todos los valores en el entorno de la vecindad se elige el valor más frecuente, es decir el valor que más veces se aparece.
Datos	5	6	30	50	6															
Frecuencia	7	4	2	3	1															
			Moda																	

**Cuadro 2 Filtros de imágenes[10]**

Una herramienta más de la Visión por computadora es la segmentación de regiones dentro de las imágenes, esto es de relevancia ya que nos permite centrarnos en áreas específicas.

La binarización es una de las técnicas más antiguas de procesamiento de imágenes ya que en el pasado, el primer analizador de imágenes automatizado solamente trabajaba con imágenes que estuvieran binarizadas[1,6].

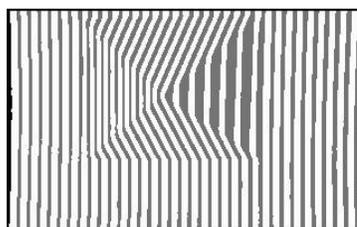
Este método se utiliza debido a tres motivos principales:

- Permite el ahorro de memoria, ya que las imágenes binarizadas son 8 veces más pequeñas que las imágenes en blanco y negro.
- Con las imágenes binarizadas se pueden detectar objetos que se encuentran en la imagen.
- Algunas transformaciones solamente se pueden llevar a cabo con imágenes que se encuentren binarizadas [11].

La binarización selecciona los píxeles que tienen un valor particular que se encuentren dentro de un rango específico.

#### Binarización Uniforme

En este método, se buscan los píxeles que se encuentran debajo de un nivel específico, se considerarán como píxeles color blanco y los píxeles que se encuentran por arriba del nivel de grises que contiene la imagen [6].



**Figura 5 Imagen binarizada con umbral de 65**

#### La línea Recta

Una primera idea de manera intuitiva es que la recta está formada por una sucesión de puntos que son colineales.

Otra idea es que la línea recta es aquella que se forma cuando a partir de dos puntos, la distancia más corta entre estos es precisamente la recta.

Ahora bien desde la definición formal en matemáticas podemos afirmar que es un lugar geométrico, pero este lugar geométrico significa que todos los puntos que forman la recta cumplen con las mismas condiciones. En este caso la condición es que entre cualesquiera dos puntos que se tomen de ésta recta, la pendiente que se obtiene es la misma.

La pendiente de una recta es la tangente del ángulo que forma la recta con la dirección positiva del eje de abscisas. Sean P1 (x1; y1) y (x2; y2), P2 dos puntos de una recta ver ecuación 1

$$m = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$$

**Ecuación 1 Pendiente de una recta**

Existen tipos de rectas definidas como las que se muestran en el cuadro 2.

Tipo	Descripción
Horizontales	Es aquella que forma ángulo de 0 grados, es decir si realizamos un trazo de una recta en un plano cartesiano, entonces cualquier recta que sea paralela al eje "x" es horizontal, y por tanto su pendiente es cero.
Verticales	Es aquella cuya que al trazarla se obtiene una recta paralela al eje "y", y desde la definición formal diremos que su pendiente es infinita.
Con pendiente positiva	Se caracteriza porque tiene un ángulo de inclinación menor a 90 grados con respecto a la horizontal. Es decir con el eje "x".
Con pendiente negativa	Se caracteriza por tener un ángulo de inclinación mayor a 90 grados con respecto al eje "x".

**Cuadro 3 Tipos de línea recta de acuerdo a su pendiente**

## Resultados

La primera etapa del proyecto consistió en el armado de una estructura similar a la Figura 2, esto con la finalidad de poder realizar la toma de imágenes digitales, para su posterior procesamiento. La estructura que se construyó se observa en la Figura 6, y las imágenes que se toman son las mostradas en la Figura 7.



Figura 6 Experimento de proyección de Franjas



Figura 7 Imagen digital adquirida

Con imágenes similares a la Figura 7 se procede a la aplicación de algunos filtros descritos en el Cuadro 2 con la finalidad de lograr una imagen en la cual se puedan visualizar nítidamente las franjas negras de las blancas ver Figura 8. Para su posterior binarización y lograr una imagen en la cual solo existan los colores blanco y negro ver Figura 9.

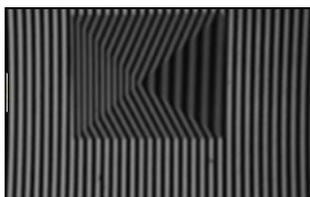


Figura 8 Resultado de aplicar filtros

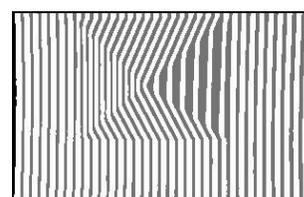


Figura 9 Imagen binarizada

Con una imagen similar a la Figura 9, con solo dos colores el blanco y el negro se procede a separar las diferentes líneas en imágenes individuales, para con ello encontrar el centro de cada una de líneas por medio de una operación de erosión, con lo cual nos quedan imágenes similares a la Figura 10 y Figura 11.

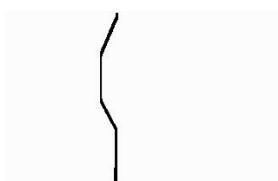


Figura 10 Línea 14 separada



Figura 11 Línea 6 separada

En las Figura 10 se observa que la franja toma la forma que está sobre el plano y del mismo modo en la Figura 11 no se deforma debido a que no toca el objeto de estudio. De lo anterior es posible deducir haciendo uso de la ecuación 1 que franja toca o no el objeto de estudio.

Se observa en el cuadro 3 que existen diferentes tipos de pendientes, en la figura 11 la pendiente es infinita o indetermina. Para lograr el cálculo de la pendiente se necesitan 2 puntos P1 y P2, estos puntos se buscan dentro de cada imagen de forma individual, para este proyectos se usan 4 puntos dentro de cada franja. Se calculó la ecuación 2 para el P1- P2, P2-P3 y de P3-P4. Si en los 3 casos anteriores se mantiene la igualdad de la ecuación 2 se determina que esa franja no toca el objeto que se encuentra bajo la proyección de franjas.

$$x_2 - x_1 = 0$$

Ecuación 2

## Conclusiones

Siguiendo los pasos descritos en este escrito es factible la detección, segmentación y discriminación de las Franjas en una proyección de luz estructurada.

Para lograr los objetivos de este trabajo es necesario poner especial esmero en la calibración de experimento descrito en la Figura 2 y 6 ya que se tiene que cuidar que las franjas sean rectas con respecto al ángulo de la cámara.

Uno gran beneficio de lograr una selección de franjas que tocan o no al objeto, es posible el ahorro de tiempo de cómputo al solo procesar las franjas con información del objeto buscando la reconstrucción de la forma del mismo. Cabe mencionar que cada una de las imágenes contiene una fracción de la forma del objeto.

## Trabajos Futuros

El crecimiento de este proyecto va de la mano con la implementación de métodos numéricos para lograr la creación de polinomios que describen la forma del objeto. Con el desarrollo de dichos métodos que se pretende sean por lo menos 3

## Referencia bibliográficas

1. Horn, B.K.P., K. Ikeuchi, " The mechanical Manipulation of Randomly Oriented Parts", Scientific American 251, 100-111 (1984).
2. Woodham, K. H., "Photometric method for determining surface orientation from multiple images", Opt. Eng . 19, 139-144 (1980).
3. Burch, J. M., Forno, C., "High resolution moire photography", Opt. Eng., 21, 602-614,(1982).
4. Burr., D.J., "Experiments on Neural Net Recognition of Spoken and Written Text", IEEE Transactions on Acoust.,Speech, Signal Processing 36, 1163-1168 (1988).
5. Creath, K., " Phase measurement interferometry techniques", in Progress in Optics, Ed. E. Wolf ( Elsevier Science Publishers B.V.Vol. XXVI, 1988), pp. 348-393.
6. Guyon, I., "Applications of Neural Networks to Character Recognition", World Scientific Series in Computer Sciences 30, 353-383 (1991).
7. Powell, R.L., Stetson, K.A., "Interferometric vibration analysis by wavefront reconstruction", J. Opt. Soc. Am., 55, 1593-1598, (1965).
8. Vazquez, M., Cuevas, F.J. 'A 3D Facial Recognition System using Structured Light Projection ' HAIS 2014, Springer International Publishing Switzerland, LNAI 8480, pp. 241–253, (2014)
9. M. F. M. Costa, Surface inspección by optical triangulation method, Opt Eng, Vol. 35 2743-2747 (1996).
10. G. Pajares and J M de la Cruz García, Visión por computador, Alfaomega Ra-Ma. 1-3. 2002.
11. M. Martín Ortiz, Procesamiento Digital de Imágenes. FCC-BUAP-Rev., 2013