

49516

# TÉCNICA DE LUZ ESTRUCTURADA

**■ Edgar Fabián Delgado Erazo**  
 Grupo de Óptica y Láser. Ingeniería Física  
 Universidad del Cauca  
 Popayán - Colombia

El problema de la metrología y el control de calidad han atraído la mirada de la comunidad científica del mundo, quienes con el ánimo de encontrar mayor rapidez y confiabilidad en sus mediciones han diseñado y construido un sistema de metrología y reconstrucción 3-D que permita realizar análisis de piezas opacas especialmente de uso industrial, aplicables en el campo médico en el diseño y la construcción de prótesis, y en los entornos virtuales en la elaboración de efectos especiales en animación.

## 2. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

Para una mejor comprensión del funcionamiento del sistema, se han simplificado sus componentes como lo indica la figura 1.

El sistema óptico de iluminación láser genera un plano de luz en el espacio tal como lo muestra la figura 1. Dicho plano de luz se observa en forma de línea sobre la plataforma porta objetos. En presencia de un objeto dicha línea se deforma y esta deformación es capturada por

**Resumen Técnico**  
 Al proyectar un patrón láser de geometría conocida sobre la pieza, con un ángulo de incidencia adecuado a través de una cámara digital, se podrá capturar la deformación que dicho patrón sufre sobre la pieza. Mediante técnicas de procesamiento de imágenes y planteamientos teóricos del comportamiento de la perspectiva, puede analizarse esa deformación y con ayuda del computador se construye el análisis dimensional de la pieza de estudio

la cámara a través de una imagen.

El sistema de desplazamiento, permite tomar varias imágenes a través de toda la superficie del objeto para realizar su reconstrucción. A través de algoritmos de procesamiento de imágenes, se adelgaza la línea láser en cada imagen hasta que la línea tenga el ancho de un píxel, pero sin que se pierdan las dimensiones reales del objeto. Cada píxel iluminado es

- 1. Sistema Óptico de Iluminación
- 2. Sistema de Desplazamiento Lineal
- 3. Sistema de Adquisición de Imágenes
- 4. Sistema de Procesamiento y Análisis de la Información

El presente artículo describe tanto el diseño como la implementación de un sistema de metrología tridimensional basado en la técnica de Triangulación Láser por luz estructurada, para metrología y reconstrucción de piezas industriales.

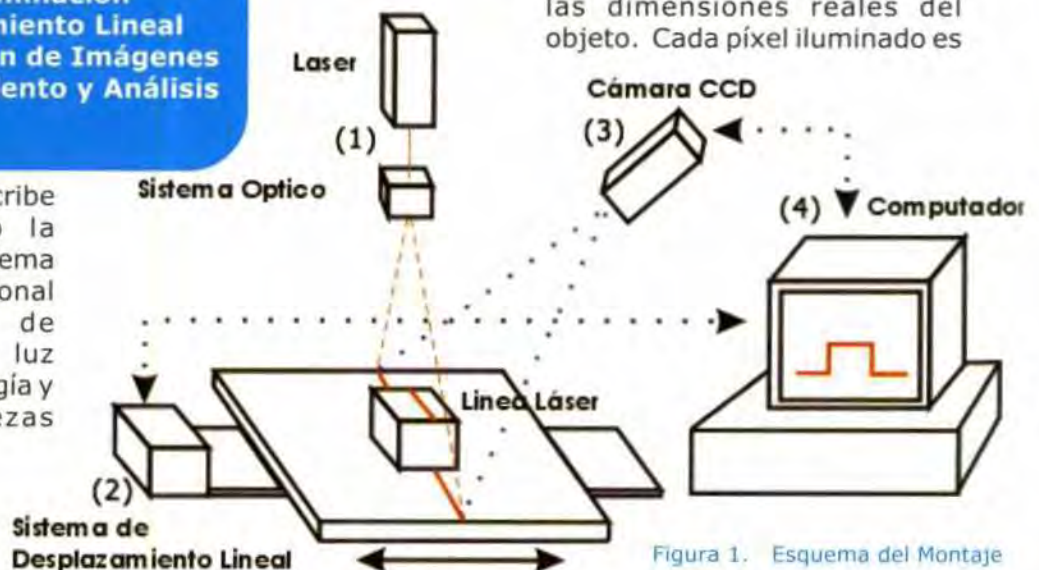


Figura 1. Esquema del Montaje General

Llevado a través de un cambio de coordenadas (del mundo hasta la cámara) y luego a través de las ecuaciones de calibración experimental del sistema que se obtienen del esquema de la figura 2.

Realizando un análisis teórico del comportamiento de las coordenadas  $(U, V)$  de la imagen con respecto a las coordenadas  $X, Y, Z$  se obtienen las siguientes ecuaciones:

$$Z(U) = \frac{K_x U}{M \left[ \tan(\beta) + K_x \frac{U}{f} \right]} \quad (1)$$

$$F(Z) = \frac{Y}{V} = K_y \frac{d_0}{f} - \frac{K_y \cos(\beta)}{f} Z \quad (2)$$

donde  $(U, V)$  son las direcciones vertical y horizontal de cada píxel iluminado y  $(Z, Y)$  las dimensiones vertical y horizontal (en mm) que dicho píxel representa en el espacio real,  $K_x = M/m$  y  $K_y = N/n$ , son factores de conversión.

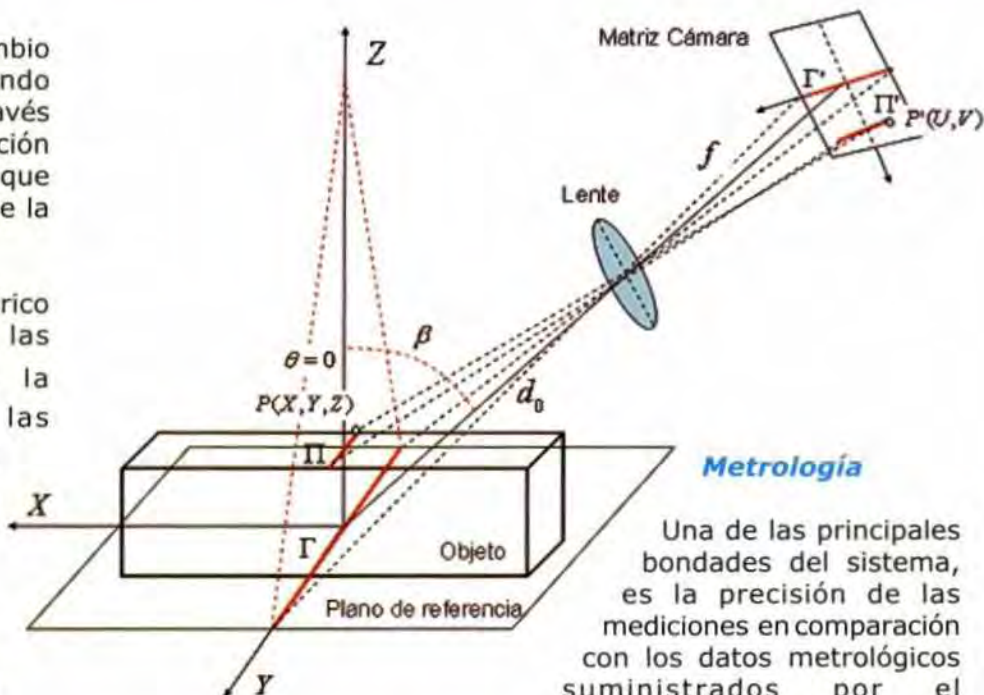


Figura 2. Geometría para la creación de las curvas de calibración

### Metrología

Una de las principales bondades del sistema, es la precisión de las mediciones en comparación con los datos metroológicos suministrados por el laboratorio de metrología del CDT ASTIN (SENA) de una pieza de referencia. La tabla 1 muestra la comparación de los datos obtenidos por el laboratorio del ASTIN y los del sistema desarrollado.

## ■ RESULTADOS

### Reconstrucción 3D

Consiste en representar virtualmente y con dimensiones reales, un objeto físico tridimensional. En las figuras 3, 4 y 5 se presenta un ejemplo de reconstrucción de un soporte metálico para motores de vehículos, al que se le tomaron y analizaron 150 imágenes.

Donde D1, D2, D3, D4 y L2, L3, L4 y L5 son diámetros y longitudes del eje escalonado. De aquí puede observarse que el sistema láser desarrollado es bastante confiable ya que ofrece un promedio de error de 1.1% en comparación a los datos suministrados por el laboratorio de metrología.

Parámetro	Medición CDT ASTIN (mm)	Medición Sistema Láser		Error (mm)	Error relativo (%)
		píxeles	(mm) ± 0.1		
D1	17.983	39	18.44	-0.45	2.5
D2	23.565	52	24.33	-0.76	3.2
D3	34.679	73	34.32	0.35	1.0
D4	48.253	102	48.21	0.04	0.8
L2	20.6172	33	20.41	0.20	0.9
L3	40.3332	66	40.36	-0.02	0.1
L4	55.5142	92	55.37	0.14	0.2
L5	70.2032	119	70.30	-0.09	0.1
<b>Promedio</b>				<b>0.24</b>	<b>1.1%</b>

Tabla 1. Metrología del eje escalonado con los dos sistemas



A su vez se observa como en la figura 5, la reconstrucción es bastante fiel en puntos donde la pieza es uniforme y donde la línea del haz láser es visible a la cámara. A los puntos donde la línea láser no toca al objeto, o los puntos donde la cámara no puede

Figura 3. Fotografía Pieza Original

observar la deformación de la línea se les llama *puntos ciegos del sistema* y son un aspecto inevitable en cualquier sistema de triangulación láser.

En conclusión, se diseñó y construyó un sistema de reconstrucción 3D económico, que ofrece reconstrucciones iguales o mejores a las vistas en cualquiera de los artículos científicos publicados en el país. La principal innovación de este sistema, es la reconstrucción ya que ofrece mediciones muy confiables, tomando datos donde un instrumento de medición común como una cinta métrica o un calibrador, son ineficaces.

**BIBLIOGRAFIA**

PATIÑO VANEGAS, Alberto. Sistema Óptico para la Extracción de Parámetros Metrológicos del Pie. Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga (Colombia). 2004.

PAJARES GONZALO, DE LA CRUZ JESUS M.. Visión por Computador. Imágenes Digitales y Aplicaciones. ALFAOMEGA/RA-MA. Ciudad de México. MEXICO. 2002.

HEIKKILA, Janne. A Four-step Camera Calibration Procedure with Implicit Image Correction. Departamento de Ingeniería Eléctrica. Universidad de Oulu. 2001.

COCK J.D. El Método de la Triangulación Aplicado en un Scanner Láser para Objetos Tridimensionales. Ingeniería Mecánica. Revista Universidad EAFIT. 2000

3D Scanners. Digitalizadores Láser. [www.3dscanners.com](http://www.3dscanners.com)

Robotics Online. [www.roboticonline.com](http://www.roboticonline.com)



Figura 4. Creación de Nube de puntos

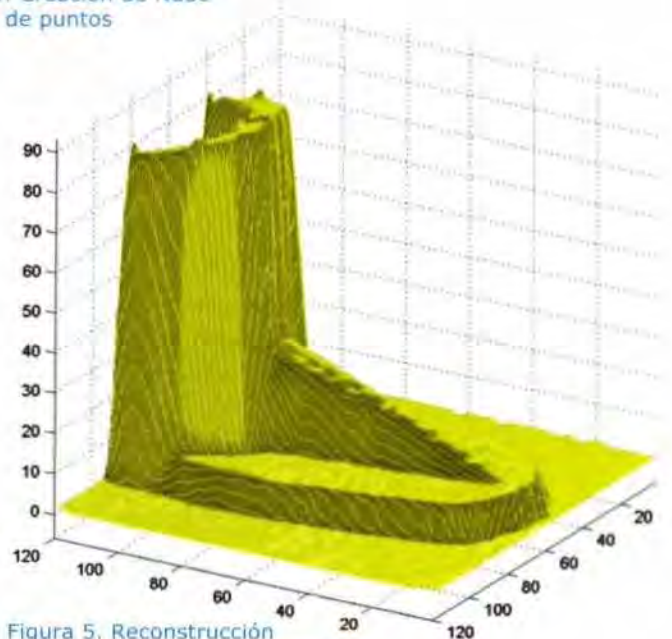


Figura 5. Reconstrucción tridimensional de la pieza