

Universidad Nacional de Tucumán
Departamento de Luminotecnia, Luz y Visión
Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE SOFTWARE PARA CONTROL Y
AUTOMATIZACIÓN DE UN ESCATÓMETRO CON CÁMARA CCD.**

Soria, Marcos Esteban Gerardo (¹)

marcossoria@gmail.com

Palabras clave: escatómetro, software, automatización.
Palavras-chave: escatometro, software, automação.

(1) Integrante del Proyecto CIUNT 26/E410-3 "Configuraciones espaciales y temporales de luminancia que inducen stress visual" (Directora Dra. Mirta Jaén). Departamento de Luminotecnia, Luz y Visión, FaCET, UNT. 2008 -2012.

1. Introducción y objetivos.

Un escatómetro básicamente permite medir la intensidad de luz dispersada por un material difusor como función del ángulo que forma con la dirección de propagación del haz incidente. Una fuente luminosa ilumina una muestra del material colocada a una cierta distancia y un sensor (cámara CCD, en este sistema), siempre orientada hacia la muestra, se desplaza sobre un arco alrededor de la misma y registra la radiación reflejada o transmitida en cada dirección.

El sistema desarrollado permite controlar los movimientos de una cámara CCD, utilizada como sensor y la orientación del plano de la muestra a través de un par de motores paso a paso. Facilita, por otra parte, la adquisición de los datos capturados por la cámara y su almacenamiento, siendo posible realizar la configuración de los parámetros de trabajo de la cámara, tales como la ganancia, brillo y tiempo de exposición antes de la medición. El software es el elemento principal del sistema de automatización del escatómetro, es por ello que el mayor esfuerzo se focaliza en su desarrollo. Cumple dos roles principales:

- *Control de dispositivos externos*: esto es, manipula la cámara CCD utilizando el kit de desarrollo de software (SDK, Software Development Kit) provisto por el fabricante, y controla los motores a través de las librerías de funciones para manejo de puertos, soportadas por el lenguaje de programación.
- *Procesamiento de las imágenes capturadas*: el software ejecuta el algoritmo para la medición de la intensidad de luz dispersada como función del ángulo que forma con la dirección de propagación del haz incidente, para lo cual fue diseñado el escatómetro, entregando el resultado en un formato adecuado para su interpretación.

Además brinda soporte para la gestión de la información asociada a cada medición, permitiendo almacenarla en una base de datos para su posterior consulta. De esta manera se intenta lograr una solución integral, que permita generar y administrar los datos de cada medición.

Puede así enunciarse el objetivo del presente proyecto como: "Diseñar e implementar un software de automatización de un escatómetro, que se encargue del movimiento del sistema utilizando motores paso a paso y que optimice la adquisición de datos variando el tiempo de exposición de la cámara CCD".

Para alcanzar el objetivo propuesto, se llevaron a cabo una serie de pasos procedimentales que analizamos en detalle en el presente trabajo:

- Educación y análisis de requisitos para el desarrollo del sistema. Proponer, a partir del análisis previo, las etapas metodológicas pertinentes para alcanzar la solución del

problema específico, planteando los bloques lógicos del proceso de diseño del sistema de software.

- Estudio de propuestas de implementación posibles y selección de la más adecuada a partir de un análisis de factibilidades.
- Implementación del sistema según el diseño final, e implantación en su lugar de trabajo. Poner a punto y calibrar el sistema. Calcular y minimizar incertezas de las mediciones. Planificar y llevar a cabo pruebas piloto.
- Discutir y analizar críticamente los resultados, proponer mejoras superadoras del presente desarrollo.

2. Materiales y métodos.

Dispositivo experimental.

El dispositivo consta de una plataforma en la que se fija, en un extremo la fuente de radiación óptica, y en el otro, el eje de rotación de la cámara y en forma concéntrica el eje de la muestra, tal como se puede apreciar en la siguiente figura:

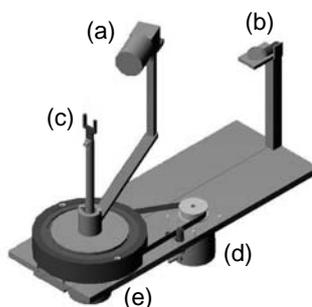


Figura 1. Dispositivo escatómetro, sus componentes: (a) Cámara CCD; (b) Fuente lumínica; (c) Soporte para la muestra; (d) Motor de cámara; (e) Motor de muestra.

El motor que mueve la muestra se encuentra en el extremo inferior de su eje, y está acoplado mecánicamente a él, mientras que el motor que mueve el brazo que sostiene la cámara se encuentra en medio de la parte inferior a la plataforma, utilizando una correa para acoplarse al eje de rotación. La fuente lumínica se encuentra en el extremo opuesto, y no posee movilidad alguna.

Tanto la cámara como la muestra y la fuente de radiación se encuentran alineadas en un mismo eje óptico, para poder realizar correctamente la medición, según se muestra en el siguiente esquema:

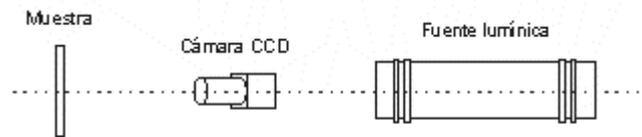


Figura 2. Vista lateral del sistema, donde se representa su eje óptico.

donde se muestra una vista lateral del dispositivo.

Todo este conjunto, a su vez, va montado sobre una mesa óptica para darle la estabilidad necesaria a todo el sistema mecánico, absorbiendo de esa manera las vibraciones producidas por el movimiento de las piezas.

Metodología de desarrollo.

La metodología Script o V-Script es una metodología de desarrollo de software que tiene un alto componente dinámico, orientado hacia la interfaz de usuario. Puede seguir un ciclo de vida clásico en V o en prototipado evolutivo. Se adapta perfectamente al paradigma de orientación a objetos, aunque se han usado técnicas Script en metodologías estructuradas, para el diseño de interfaz de usuario. Tiene la particularidad de dividir las etapas en dos grupos: etapas orientadas al cliente y etapas orientadas a la computadora.

Mediante el proceso Script, se capturan las necesidades del usuario mediante la construcción de maquetas o prototipos desechables, tratando de capturar la expectativa del usuario. A su vez, define las interfaces de usuario y permite integrar los aspectos del modelo estático y funcional.

El diagrama de la metodología se muestra en la siguiente figura:

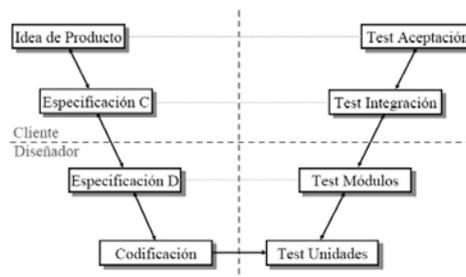


Figura 3. Diagrama de la metodología Script.

Cada etapa Script de desarrollo tiene asociada una etapa de prueba al mismo nivel de abstracción. Estas etapas permiten verificar y validar el producto en los diferentes puntos del camino desde el mundo real (necesidad) hacia la máquina. Dentro de cada etapa Script

suelen encontrarse procesos con refinamiento sucesivo, que son limitados por las líneas base.

La metodología Script tiene las siguientes fases:

- *Idea de Producto*: esta es la fase inicial de la metodología Script.
- *Especificación C*: corresponde a la fase orientada al cliente.
- *Especificación D*: es la fase orientada al desarrollador (computadora).
- *Codificación*: fase de elaboración del código fuente y ejecutables de la aplicación.
- *Test de Unidades*: prueba de las unidades individuales de código.
- *Test de Módulos*: corresponde a la prueba de los módulos funcionales del sistema.
- *Test de Integración*: son las pruebas de la estructura modular del programa y su interacción.
- *Test de Aceptación*: son todas las pruebas del software para validar si funciona de acuerdo con las expectativas razonables del cliente.

3. Resultados.

El análisis de los resultados se basó en la observación del comportamiento de la cámara CCD, el controlador de los motores y en la respuesta del algoritmo de medición.

Para estudiar el comportamiento de la cámara se ejecutó el software por pasos, analizando sus funciones de configuración y acceso, observándose un desempeño de acuerdo a lo esperado. El controlador de los motores fue probado a través de la interfase de calibración incluida en el software desarrollado, en cada uno por separado, verificando sus movimientos de avance y retroceso, con resultados satisfactorios.

Una vez montado el dispositivo en la mesa óptica se comprobó el comportamiento del algoritmo de medición, ejecutando el programa desarrollado. Los datos de entrada son requeridos por el software mediante una ventana de configuración del proceso de medición, como se muestra en la figura:

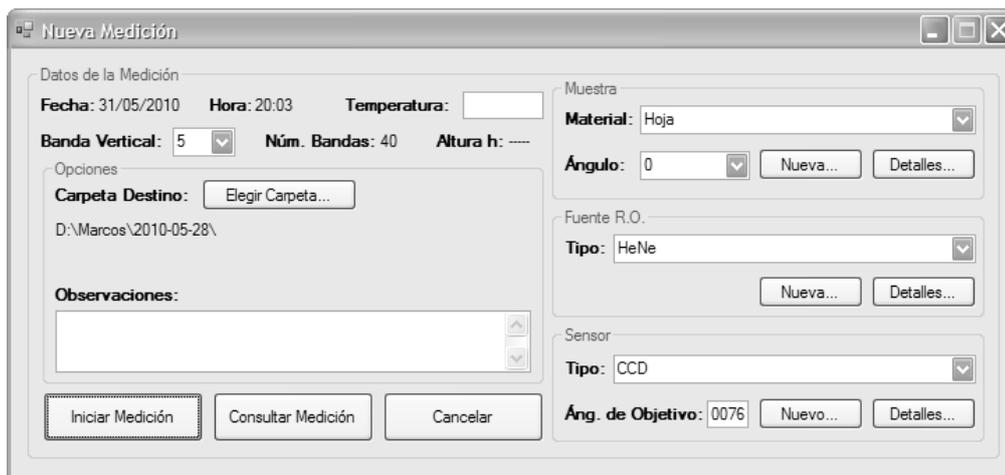


Figura 4. Ventana de configuración del proceso de medición.

Luego de iniciada la medición, el programa muestra su progreso a través de una ventana, en la que se visualizan las sucesivas capturas de la cámara, a medida que se ajusta el tiempo de exposición:

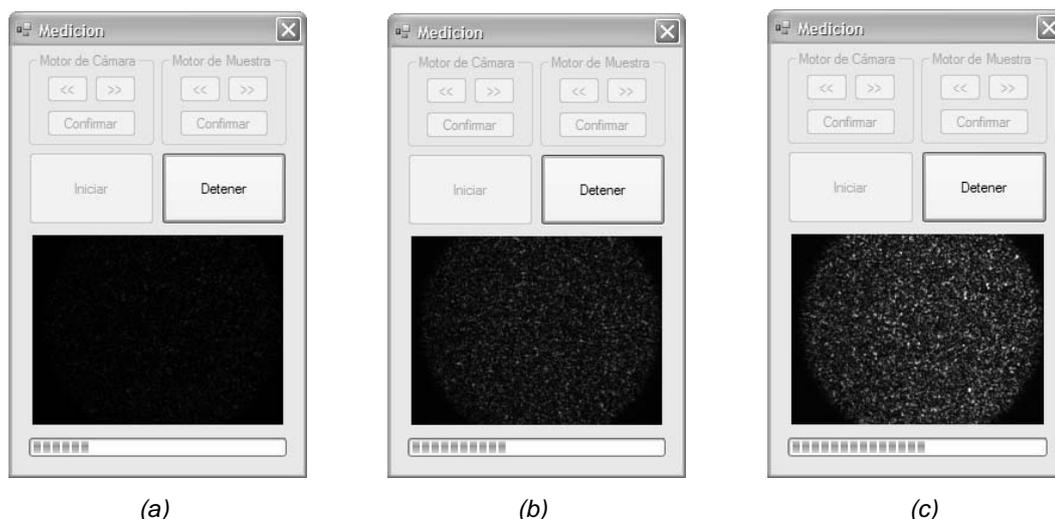


Figura 5. Progreso de la medición, donde se muestran imágenes capturadas con distintos valores de tiempo de exposición (shutter): (a) cercano al mínimo; (b) intermedio, con menos píxeles saturados de lo requerido; (c) con la cantidad de píxeles saturados preestablecida por el algoritmo.

El resultado final de la medición se obtiene a través de un archivo de texto que contiene la tabla de valores de intensidad de luz dispersada vs los respectivos ángulos que indican la dirección de propagación del haz difundido:

Alfanumérico	Valor
0	2,5
0	7,5
0	12,5
2,89381995809749	17,5
1,67483878997667	22,5
0,969336383406065	27,5
0,561016994482102	32,5
0,324696435092835	37,5
0,18792260483895	42,5
0,108762836892124	47,5
0,0629480136195461	52,5
0,036432043626967	57,5
2,91490551308989	62,5
1,68704234994958	67,5
0,976399364487956	72,5
0,56510479360579	77,5
0,327062306030599	82,5
0,189291885746547	87,5
0,109555327375854	92,5
2,95722663667272	97,5
1,7115362923642	102,5
0,990575576370341	107,5
0,573309474580883	112,5
0,331810879941708	117,5
0,192040189337841	122,5
0,111145946532533	127,5
0,064327271867496	132,5
0,0372303085202718	137,5
0,0215475619684179	142,5
2,906290911072	147,5
4,57587648659698	152,5

Figura 6. Tabla de valores generada por el algoritmo de medición.

4. Conclusiones.

Luego de realizadas las pruebas preliminares del software, resta ahora verificar paso a paso el algoritmo de medición, que se analizará a través de los registros gráficos de los archivos de datos que entrega el software.

Por otra parte, se espera completar el proceso de calibración del dispositivo, verificando la respuesta del sistema a situaciones básicas conocidas, así como la medición de muestras cuyas funciones bidireccionales de difusión (BSDF) han sido medidas utilizando otros sistemas goniométricos similares.

5. Referencias.

- 1- Corregidor Diego, Jaén Mirta y Sandoval José. "Medición de la función de distribución bidireccional de transmitancia y la función de transferencia de modulación para materiales difusores". Anales AFA Vol. 19, 83-88. (2008).
- 2- Odstrcil, Maximiliano. "Conceptos de Sistemas y Análisis Orientado a Objetos". Asociación Cooperadora, Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología. (2001).
- 3- Software Engineering Standards Committe, IEEE Computer Society. "IEEE Recommended practice for Software Requirements Specifications". IEEE Std 830-1998. (1998).