

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

TECNOLOGICA

El Niño y las
Vías

Optimización
Estructural

Control Remoto

Implementación
de un
Administrador
de Tráfico

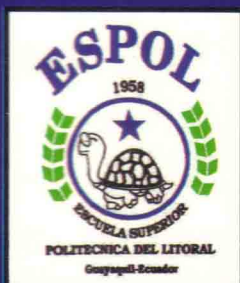
Electrónica
Médica

Seguridad ante
Internet

Inteligencia
Artificial

Análisis y
Diseño
Orientado a
Objetos

Geometría del
Desorden



Octubre 1998 Vol. 12, N° 1 Guayaquil - Ecuador

EDICION
ESPECIAL
POR EL XL
ANIVERSARIO
DE LA ESPOL



REVISTA TECNOLÓGICA

Una publicación de la Escuela Superior Politécnica del Litoral



DIRECTOR

Dr. José Rolando Marín

SUPERVISION

Dr. Luis Santos

COMITE EDITORIAL

M. Sc. Marco Velarde T.

Dr. José Luis Santos

CORRECCION Y ESTILO

Dr. José Rolando Marín

PORTADA

Clarita Segarra V.

LEVANTAMIENTO DE TEXTO Y DIAGRAMACION

Mónica Riofrío B.

IMPRESIÓN

Imprenta "Caballero"

Remitir toda correspondencia a:

Escuela Superior Politécnica del Litoral

Centro de Investigación Científica y

Tecnológica-Revista Tecnológica

P.O. Box (09-01) 5863

Teléfonos: 269211-269212

Tele-Fax: 850493

DERECHOS RESERVADOS

REGISTRO SENDIP CGU716

CONTENIDO

- 5** El Niño, las Carreteras y la Responsabilidad Social del Ingeniero.
Kashyapa A. S. Yapa
- 13** Optimización Estructural Preliminar de una Embarcación Menor satisfaciendo las Reglas de Construcción de ABS.
José Rolando Marín y José Manuel Costain
- 21** Control por Computadora de un Vehículo Prototipo a través de Señales de Radio.
Sixto García e Ivonne Hacay-Chang
- 28** Diseño e Implementación en la Central Tránsito Guayaquil de un Administrador de Mediciones de Tráfico y Calidad de Servicio con Centrales Ericsson de la Red Metropolitana de Guayaquil.
Washington Medina, Víctor H. Bedoya, Henry Gómez, Luis Pita y Rommy Torres
- 34** Tomógrafo Didáctico Experimental.
Miguel Yapur, Juan Del Pozo, Raúl Barriga, Manuel Tapia y Pablo Castillo
- 39** Seguridad de Redes de Computadoras ante Internet: Estudio, Diagnóstico e implementación de Firewalls.
Carlos Monsalve y Giovanni Mazzari
- 45** Redes Bayesianas: El Regreso de la Metodología Probabilística Formal a los Sistemas Expertos.
Margarita Martínez
- 55** Análisis y Diseño Orientado a Objetos en la Práctica: Una Visión Global.
Enrique Peláez
- 60** Un Modelo para Propagación de Epidemias.
Jhon Ramírez

TOMOGRAFO DIDACTICO EXPERIMENTAL

Miguel Yapur¹, J. Del Pozo¹ R. Barriga², P. Castillo² M. Tapia²

RESUMEN

La tomografía computarizada es una técnica utilizada actualmente para reconstruir y observar imágenes de objetos ocultos que normalmente no los podemos ver. Su aplicación en la medicina moderna es de gran importancia ya que permite realizar diagnósticos más confiables sobre imágenes de cualquier órgano interno del cuerpo humano. El instrumento médico que permite llevar a cabo este proceso es "el tomógrafo axial computarizado", el cual basa su funcionamiento en el uso de los rayos x para poder atravesar el cuerpo humano, y luego mediante técnicas de reconstrucción matemática obtener las imágenes médicas deseadas. Así, partiendo de este principio, el trabajo que estamos presentando pretende emular el funcionamiento de un tomógrafo real, con la diferencia que en lugar de usar un haz de rayos x utilizamos un haz de luz; y en vez de atravesar cuerpos opacos lo hacemos con cuerpos translúcidos donde utilizamos los principios de absorbancia y transmitancia, y los algoritmos matemáticos que usamos para la reconstrucción de las imágenes son similares a los de un tomógrafo real. Entonces, con este tomógrafo didáctico pretendemos mostrar los principios de la tomografía, enseñar las técnicas de reconstrucción de las imágenes y demostrar como funciona un tomógrafo real.

1. INTRODUCCION

El tomógrafo didáctico consiste en utilizar un haz de luz (preferiblemente blanca) el cual se lo proyecta sobre un cuerpo, que para este caso será una muestra que contenga objetos de distintas concentraciones y que generalmente sean translúcidos, luego un sistema mecánico conformado por 2 motores de paso generará los movimientos de traslación y rotación, y se encargará de ubicar la muestra en diferentes posiciones y el equipo irá realizando las mediciones de las atenuaciones para cada proyección mediante el uso de un dispositivo fotosensor (fotómetro). Este fotómetro es el encargado de hacer que la cantidad de luz que se recibe sea convertida en señal eléctrica, ue para nuestro caso será voltaje, el mismo que es amplificado y convertido a señal digital (código binario) para lo cual se emplea un convertidor A/D de 8 bits. Esta señal digitalizada se conecta a las entradas del puerto paralelo de una PC, en donde es

leída mediante un software diseñado en lenguaje C. Una vez que es leída por el programa, se guarda en un arreglo que contiene el valor de la transmitancia para cada una de las proyecciones (ángulos) de las diferentes posiciones. Estos datos son procesados por un subprograma que contiene el algoritmo algebraico encargado de convertir los valores de transmitancia de cada una de las proyecciones a valores de absorbancia y de hacer la reconstrucción de la matriz de absorbancia en que se ha dividido dicha muestra. Una vez construída la matriz, se compara el valor de cada elemento de la misma para ubicarlo en un rango determinado y darle la coloración respectiva como corresponda para cada valor de absorbancia de cada elemento.

Después, un programa que maneja gráficos mostrará en la pantalla del monitor una imagen del objeto en un plano transversal, en la cual se observará las coloraciones que da el programa para porciones de la muestra dependiendo de su concentración. Para porciones de la muestra que

¹ M.Sc., Ing, Eléctrico, Profesor, Facultad de Ingeniería Eléctrica, ESPOL, Guayaquil - Ecuador

² Ing. Eléctrico, ESPOL

absorben mucha luz el programa dará una coloración oscura y para porciones de la muestra que absorben poca luz el programa dará tonos de colores claros.

Cabe indicar que el programa principal del software es utilizado también para establecer la comunicación del computador con los dispositivos externos; es decir, se lo utiliza para controlar los motores de paso, el convertidor A/D y los sensores de posición de los motores.

2. DESCRIPCION GENERAL DEL EQUIPO

Como se puede observar en la Figura 1, el diagrama nos muestra varios bloques, los cuales vamos a describir a continuación:

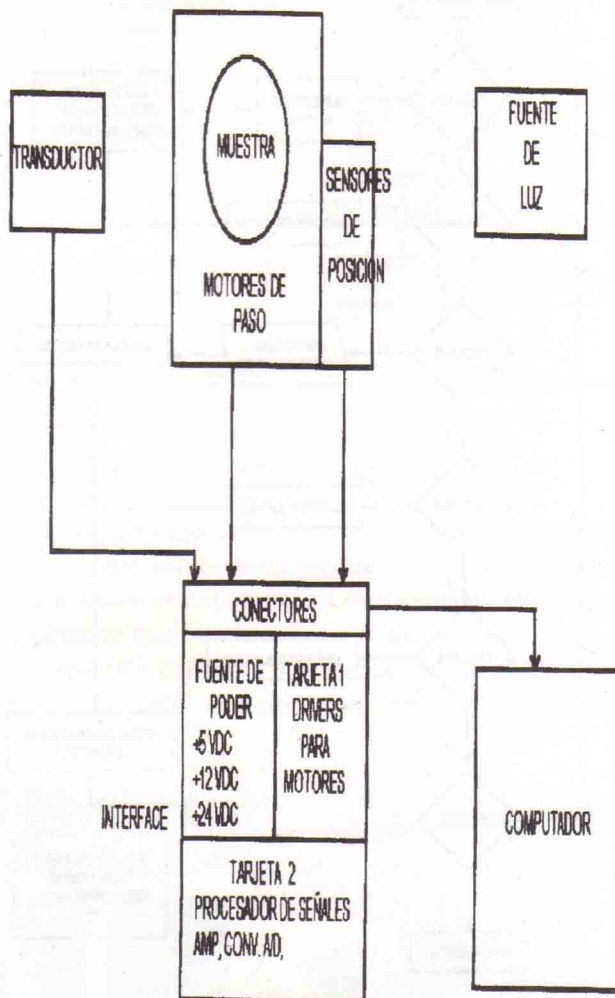


Figura.1.- Diagrama de bloques del tomógrafo didáctico

El equipo posee una fuente de luz cuyo haz atraviesa al cuerpo del que se desea obtener una imagen transversal, y la intensidad del haz de luz que atraviesa al cuerpo llega al bloque transductor y amplificador, donde la señal de luz recibida, es transformada en una señal eléctrica, la cual es amplificada para luego ser procesada electrónicamente. La señal amplificada pasa al bloque procesador de datos e interfase, donde es convertida en una palabra digital de modo que pueda ser entendida por la computadora. La computadora es el corazón del equipo, puesto que almacena y procesa los datos, controla la operación del mismo y muestra en su pantalla los resultados obtenidos, es decir la imagen del cuerpo que se desea visualizar. La computadora sincroniza la operación del procesador de datos y envía señales de control al bloque de control de los motores de paso, los cuales están acoplados al bloque del sistema mecánico de desplazamiento. Este bloque permite controlar los giros de los dos motores, los cuales están ubicados en el sistema mecánico y son los que van a producir los movimientos de rotación y traslación, y permitirán obtener varias posiciones relativas entre el cuerpo y el elemento transductor, de tal modo que se obtienen numerosos datos, los cuales son leídos por la computadora y procesados matemáticamente mediante un algoritmo, para obtener el resultado final. En cuanto al cuerpo que se desea visualizar, hemos utilizado varias muestras que consisten de tubos de ensayo, donde se alojan líquidos de distintos colores e intensidades, para conseguir que se produzca la absorbancia del haz de luz.

3. DISEÑO ELECTRONICO

Con referencia a la fuente de alimentación de voltaje DC (voltaje continuo), se debe suministrar varios voltajes; es por esto que la fuente que usamos fue diseñada para suministrar voltajes de 5V, 12V y 24V siendo todos estos continuos. Los circuitos diseñados permiten satisfacer dos necesidades básicas que son: capacidad de corriente suministrada y voltaje preciso, lo cual se consigue utilizando reguladores de voltaje de precisión.

Como vimos en el diseño mecánico, nosotros utilizamos dos motores de paso, los cuales permiten obtener los dos tipos de movimiento requeridos. El funcionamiento inteligente de estos motores es posible realizarlo siempre y cuando se realice un circuito para manejarlos.

En este circuito, se utilizan dos voltajes (5V y 24V), el primero se utiliza para alimentar la parte lógica o inteligente y el segundo para energizar los motores. El circuito como tal, recibe pulsos, los cuales son enviados desde la computadora y los transforma en señales que activan un grupo de transistores que manejan los devanados de cada motor, de forma tal que se producen los movimientos de avance y retroceso en la cantidad de ciclos requeridos para hacer el barrido total de la superficie de interés.

Sobre la estructura metálica donde se encuentra el sistema mecánico, se tiene al elemento sensor. En cuanto al diseño electrónico debemos tomar en cuenta que nosotros usamos un rayo de luz, entonces requerimos de componentes electrónicos que sean sensibles a la luz. El circuito transductor contiene un sensor óptico, el cual es un fototransistor comercial, del cual se obtuvo previamente una respuesta espectral para varias longitudes de onda de luz.

El fototransistor es el corazón de este circuito, pues permite transformar la señal de luz que incide sobre él, en una señal eléctrica de voltaje la cual es procesada dentro de ciertos niveles (con un mínimo y un máximo), de modo tal que la respuesta eléctrica de voltaje es proporcional al nivel de luz que recibe el fototransistor, esto es posible siempre y cuando se haga operar al fototransistor en la región lineal. El nivel eléctrico mínimo (cerca a 0V) se obtiene en ausencia de luz y el nivel eléctrico máximo (cerca a 5V) ocurre cuando se tiene la máxima intensidad de luz en el fototransistor. Esta señal que puede variar entre 0 y 5 voltios es acoplada a un circuito procesador de datos, el cual sirve como interfase entre todo el hardware construido y la computadora. Este circuito tiene como finalidad convertir la señal eléctrica de voltaje en señal digital, de modo que pueda ser interpretada por la computadora. En este circuito se tiene un convertidor analógico-digital (A/D), cuyo máximo nivel de entrada es de 5 voltios; de ahí que el nivel máximo de la señal entregada por el amplificador del transductor no debe exceder los 5 voltios.

El A/D convierte la señal analógica de voltaje en una palabra digital de 8 bits, la cual puede ser leída por la computadora a través del puerto paralelo de la misma.

El A/D recibe una señal de sincronización de la computadora, la cual le notifica que debe realizar la conversión del dato medido; una vez que éste realiza la conversión, le avisa a la computadora que el dato ha sido medido y convertido, de este modo el valor digital es leído y almacenado en la memoria de la computadora, para luego ser procesado por medio de un algoritmo matemático que permite la obtención de la imagen requerida.

En la Figura 2 observamos el diagrama de flujo del menú de entrada, y en la Figura 3 tenemos el diagrama de flujo del programa principal el mismo que fue codificado en lenguaje C. El algoritmo utilizado para reconstruir las imágenes está basado en la técnica de la iteración algebraica.

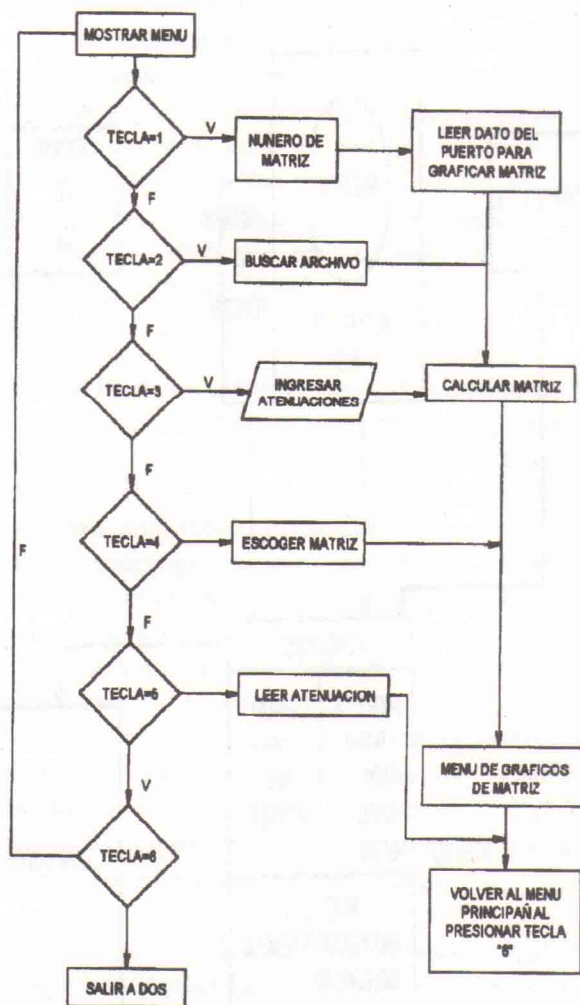


Figura 2.- Menú de entrada.

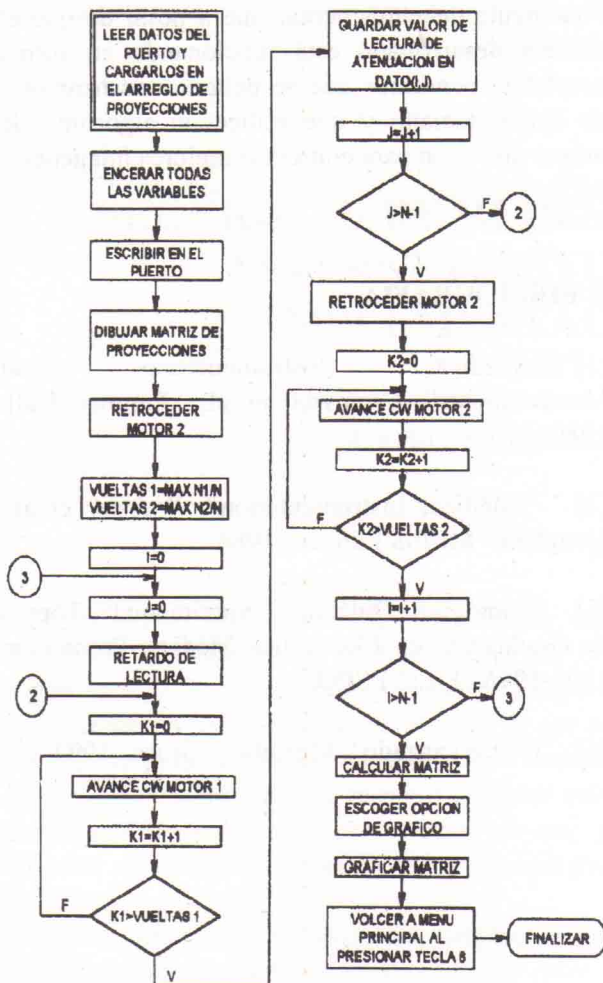


Figura 3.- Diagrama de flujo del programa principal.

4. PRUEBAS REALIZADAS

Una vez obtenidos los resultados con las pruebas hechas para diferentes tipos de muestras, podemos llegar a ciertas conclusiones que explican el tipo de resultados que se obtuvieron y los fenómenos que ocurren. En la Figura 4 observamos una fotografía del tomógrafo durante una rutina normal de operación.

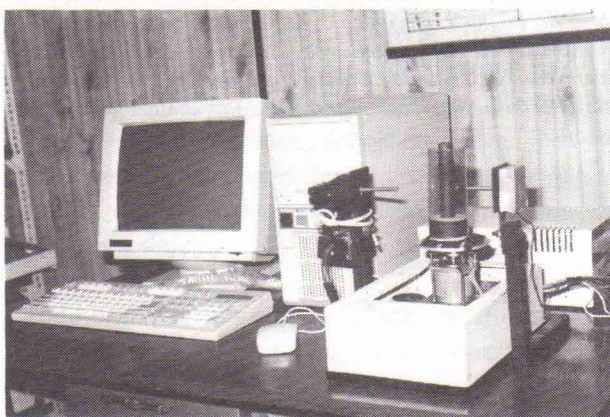


Figura 4.- Fotografía del tomógrafo en acción.

Queremos recalcar que para obtener imágenes con una buena resolución se debe utilizar matrices de 20×20 ó de 25×25 , lo cual se debe a que se utiliza una muestra de 70 mm. de diámetro con lo cual los pasos de las mediciones serían de 3.5 y 2.8 mm. respectivamente; y ya que el fotosensor tiene una ventana de 4mm. de diámetro, podemos garantizar que al hacer una medición, el haz de luz que incida sobre el fotosensor no abarque completamente más del doble del ancho de un pixel, lo cual no se obtiene con una matriz de 50×50 en donde el paso es de 1.4mm. por lo que la ventana del fotosensor alcanza a cubrir completamente el doble del ancho de un pixel, y se obtendrán lecturas con interferencias. Con matrices de menor tamaño se pierde resolución.

La división de la muestra en matrices de 50×50 no es recomendable ya que se requeriría una muestra de mayor dimensión para poder operar adecuadamente con las dimensiones del sensor, para lo cual habría que cambiar las dimensiones del sistema mecánico del equipo. Tampoco es recomendable su uso porque el programa es ejecutado bajo DOS y este sistema no posee memoria suficiente para poder realizar gráficos de matrices de esta dimensión.

No se recomienda el uso de muestras que contengan sustancias como vidrio y agua ya que con estas ocurren diferentes fenómenos que afectan al proceso; tales como el fenómeno de refracción que sufre el haz de luz al atravesar dichas sustancias, también ocurre el efecto "lupa", al pasar el haz de luz por el centro de un tubo con agua la luz tiende a amplificarse por lo tanto se obtendrá una lectura errónea.

Otro fenómeno que notamos es que cuando los objetos se encuentran más alejados de la fuente, el haz de luz que incide sobre ellos sufre una atenuación adicional debido a la distancia; por lo tanto esto afectará a la imagen.

La influencia de los fenómenos de refracción y efecto "lupa" se los logró evitar utilizando una muestra que consistía de dos tubos concéntricos, el exterior estaba formado de un tubo hecho de material traslúcido y el interior de un tubo opaco. Con este tipo de muestra se obtuvo una imagen mucho más depurada y con menos dispersión.

En la Figura 5 tenemos la imagen reconstruida de esta muestra, y la inexactitud de la imagen la debemos a la poca consistencia del método aplicado para hacer el proceso de reconstrucción.

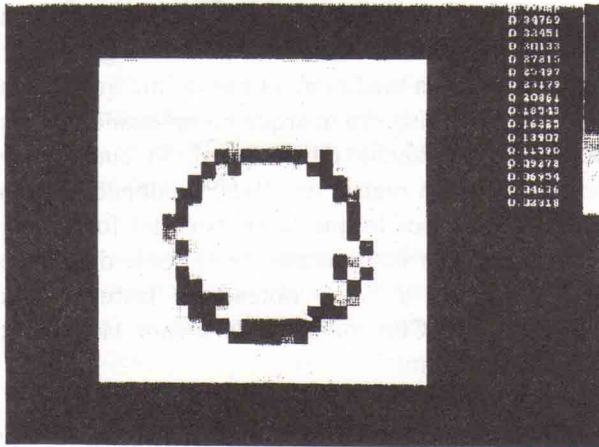


Figura. 5.- Gráfico de muestra de cilindro hueco con interior sólido, obtenido con el tomógrafo didáctico.

5. CONCLUSIONES

El proyecto que desarrollamos y que hemos presentado en este artículo se encuentra actualmente funcionando en el Laboratorio de Electrónica Médica de la Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación de la ESPOL. Con la construcción final del mismo cumplimos la meta impuesta al inicio de nuestras actividades, la misma que consistía en desarrollar un dispositivo que permitiese enseñar a la cualquier persona los fundamentos de la tomografía, así como la forma en que opera un tomógrafo real.

Este trabajo muestra una acción multidisciplinaria ya que involucra criterios de las diversas ramas de la ingeniería como Electrónica, Mecánica, Maquinaria Eléctrica, Óptica e Informática, de lo cual se puede fácilmente deducir que se realizó un gran esfuerzo, lo cual se corrobora sabiendo que su diseño y construcción tomó algo más de 3 años, e involucró a los alumnos de 3 promociones del Tópico de Graduación en Electrónica Médica.

Finalmente debemos acotar que a pesar de que el sistema desarrollado está funcionando en forma aceptable, pensamos que se debería construir otro de mayor tamaño y que utilice un algoritmo de mayor precisión para conseguir mejores imágenes.

6. BIBLIOGRAFIA

- [1] "Biomedical Instrumentation and Measurements", Cromwell et al. Prentice Hall. 1980.
- [2] "Medical Instrumentation", Webster et al., Houghton- Mifflin Editors. 1984.
- [3] "Tomógrafo Didáctico Experimental", Tópico de Graduación en Electrónica Médica, Promoción 1995-1996. FIEC-ESPOL.
- [4] "C++ Avanzado", McKelvey-Gross. 1992.

Reconocimiento

Los autores de este trabajo quieren expresar su agradecimiento: Al Dr Wolf Von Maltzahn por sus contribuciones al inicio de este proyecto; a los alumnos del Tópico de Graduación en Electrónica Médica de las promociones 1993-1994, 1994-1995, 1995-1996, ya que gracias a ellos se pudo iniciar su diseño y comenzar a construir la parte mecánica. Así mismo, merecen especial reconocimiento los ingenieros Richard Manrique, Juan Zambrano y Segundo García, quienes en su momento colaboraron desinteresadamente para la culminación de este trabajo.