

“REDISEÑO Y RECONSTRUCCIÓN DEL TOMÓGRAFO DIDÁCTICO EXPERIMENTAL”

M. Sc. Miguel Yapur, myapur@espol.edu.ec
Gonzalo Cañarte Zurita, gcanarte@espol.edu.ec
Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación (FIEC)
Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)
Campus Gustavo Galindo, vía Perimetral Km 30.5, Guayaquil, Ecuador

Resumen

Rediseñar y reconstruir el tomógrafo didáctico que existe actualmente en el Laboratorio de Electrónica Médica, es el principal objetivo de este trabajo de graduación. Básicamente, el rediseño consiste en el cambio de tecnología del tomógrafo y en el mejoramiento de su operación y portabilidad. El motivo por el cual se desea poner en operación nuevamente al equipo es porque, la comunidad médica que utiliza la tomografía como medio de diagnóstico de las distintas enfermedades, desconoce el funcionamiento básico de los tomógrafos; por este motivo se lo llama “didáctico”.

Un tomógrafo real utiliza rayos x, pero este tomógrafo didáctico funciona con un haz de luz blanca; está regido por las leyes de la colorimetría y utiliza cuerpos translúcidos para poder simular el comportamiento de uno real. El tomógrafo actual está basado en Windows 95 y ganó el tercer premio en el II Concurso de Proyectos de Investigación organizado por el CICYT en el año 2000. Así mismo, las memorias de su diseño fueron publicadas en la edición No. 12 de la Revista Tecnológica de la ESPOL. Un segundo objetivo de este proyecto es que el nuevo tomógrafo pueda seguir siendo utilizado en las conferencias, para demostrar de manera genérica el funcionamiento de un tomógrafo real.

Palabras Claves: *Electrónica Médica, Tomografía, didáctico, colorimetría, cuerpos translúcidos, rayos X.*

Abstract

To redesign and reconstruct the didactic CT scanner, currently at the Laboratory of Medical Electronics, is the main objective of this graduation project. Mainly, the redesign consists in the change of electronic technology and improved operation and portability. The reason why making the machine operate again, is because the medical community, that uses the tomography as a way to diagnose the many different illnesses, does not acknowledge the basic functions of a real CT scanner. This is the reason why it is call “didactic”. A real CT scanner uses x rays, but this didactic CT scanner works with a white beam; is governed by the laws of colorimetric and translucent bodies used in order to simulate the behavior of a real one. The current CT scanner is base on Windows 95 and won the Third Prize in the Research Project Competition II, organized by the CICYT in 2000. Likewise, the memories of his design were published in issue No. 12 of the Technological Magazine of ESPOL. A second objective of this project is that the new CT scanner can keep being used at conferences, to demonstrate generically operation of a real scanner.

1. Introducción

La tomografía computarizada es una técnica que se utiliza para reconstruir y observar imágenes médicas; esto permite observar objetos ocultos que normalmente no son visibles. El concepto fundamental de un CT es que la estructura interna de un objeto puede reconstruirse a partir de las múltiples proyecciones del mismo.

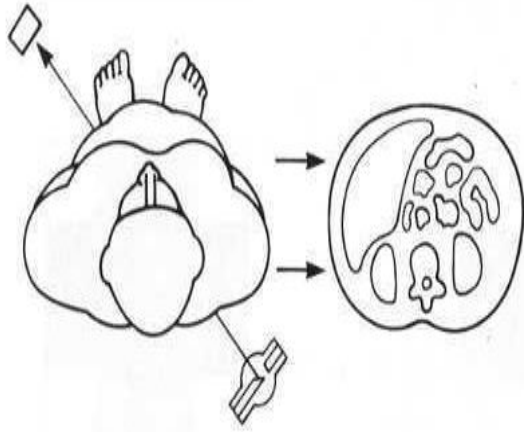


Figura 1. Una imagen de tomografía computarizada (CT) es una visualización de la anatomía de un fino corte del cuerpo, desarrollada a partir de múltiples determinaciones de absorción de rayos x realizadas alrededor de la periferia del cuerpo

De manera analógica y didáctica se pretende emular el proceso de adquisición y reconstrucción de una imagen tomográfica transversal con el presente proyecto. En este caso, en lugar de rayos X se utiliza una fuente de luz blanca; para emular el detector se utiliza un fototransistor y para simular el cuerpo humano se utiliza unas muestras translúcidas, el cual es un proceso en el que la fuente y el detector (fototransistor) se mantienen fijos y la muestra experimenta un movimiento de traslación y rotación con la finalidad de lograr todas las proyecciones alrededor de la periferia de la muestra. Realmente desde el inicio de la tomografía, la fuente de rayos X y el detector han girado en torno a la periferia del cuerpo, pero para fines didácticos y prácticos se lo ha hecho al contrario; cabe recalcar que el proceso es mucho más largo pero finalmente el resultado es el mismo.

2. Diagrama de bloques del tomógrafo didáctico.

En la figura 2 se ilustra un diagrama de bloques generalizado del sistema didáctico de tomografía computarizada.

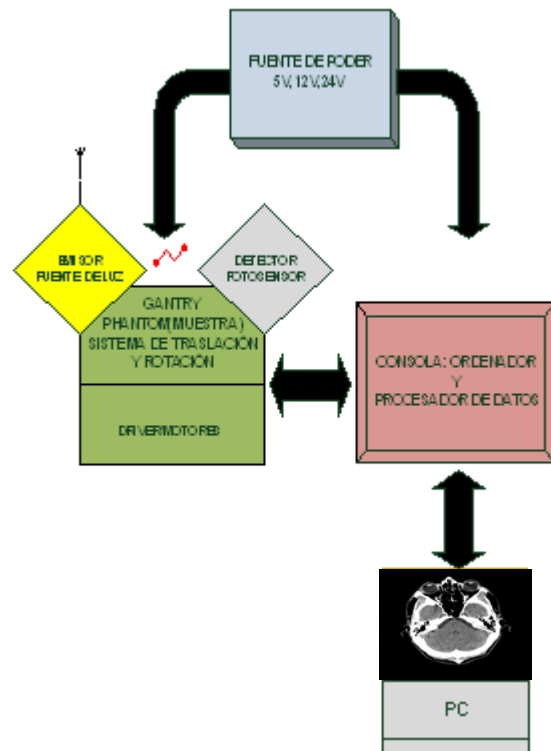


Figura 2. Diagrama de bloques del equipo.

3. Descripción General del Equipo.

Como se puede observar en el diagrama de bloques del equipo, el tomógrafo didáctico utiliza la técnica de control por computador como base para su operación. Por lo tanto el bloque más importante del equipo lo constituye el computador, el cual será el encargado de procesar los datos, controlar el proceso y mostrar los resultados que se obtuviesen.

El transductor lo constituye un foto-sensor que se encarga de convertir, la luz que incide sobre su ventana en voltaje, figura 2.6.

La muestra consiste de objetos concéntricos con diferentes concentraciones, para el efecto de absorber mayor o menor cantidad de luz. La muestra irá colocada sobre una tarima que es posicionada por dos motores de paso; el sistema es montado sobre unos rieles para el efecto. Un motor de paso tiene la función de rotar la muestra y el otro motor la traslada longitudinalmente de izquierda a derecha, dándole así el movimiento de rotación y traslación que se requiere para tomar las lecturas de las diferentes proyecciones para cada posición de la muestra.

Los sensores que se encuentran ubicados en el sistema mecánico sirven como indicadores de posición de los motores.

Se cuenta con tres fuentes de poder (+5v, +12v, +24v) que se utilizan para polarizar los diferentes circuitos y para energizar los motores.

En la etapa de consola (driver de motores y procesamiento de datos) existen dos tarjetas: la primera es la controladora de los motores de paso (driver) y la segunda se encarga del procesamiento de señales, contiene el amplificador del transductor, el circuito de conversión A/D y el circuito de comunicación para el envío y recepción de datos con el computador

3.1. Fuente de Poder.

Esta fuente de voltaje DC es del tipo de fuentes lineales; es decir utiliza un paso reductor de voltaje haciendo uso de un transformador con alimentación primaria de 110 VAC y un secundario que consta de tres devanados separados de 5, 12 y 24 VAC, respectivamente.

La rectificación se la hace utilizando diodos de silicio en configuración de puente de onda completa.

El siguiente paso consta de un capacitor electrolítico para cada una de las salidas de voltaje rectificado. Como podemos observar en el esquemático (figura 3) los capacitores para rectificar las fuentes de 12V y 5V son de 1000uF y para la fuente de 24V será de 4700 uF a 35V, esta última salida de 24V no regulado servirá de entrada al circuito de la figura 4, donde finalmente obtenemos 24V regulado. La salida V+ que tiene como referencia al zener D2 fija un voltaje de 4.7V, el mismo que servirá como voltaje de polarización del regulador LM723 en la figura 4.

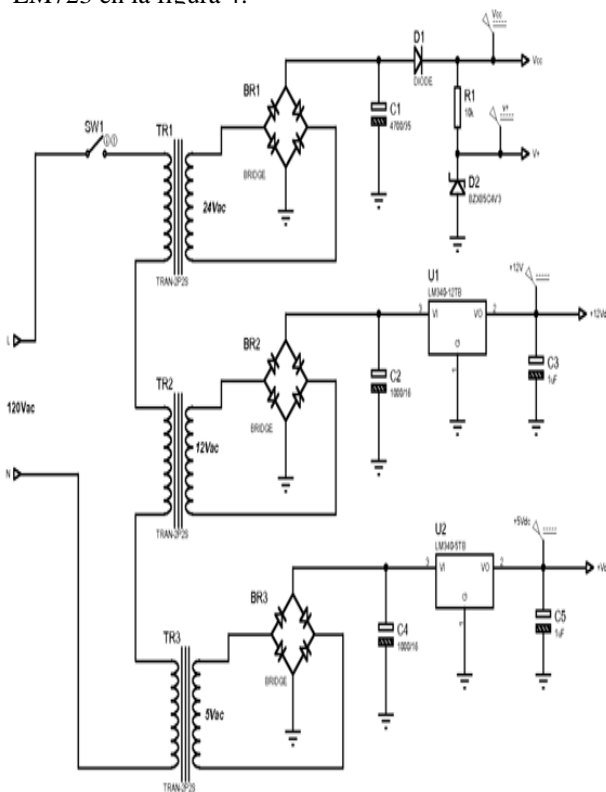


Figura 3. Diagrama esquemático del circuito dedicado a la fuente de poder de +5v, +12v.

Por último cada salida tiene su paso regulador de voltaje; para las fuentes de 5 y 12V se utilizaron reguladores de voltaje integrados positivos de tres terminales 7805 y 7812 respectivamente. Para la fuente de 24V, se emplea un circuito regulador de voltaje de paso serie basado en el circuito integrado LM723 el cual funciona como regulador de voltaje de precisión; este diseño se lo puede observar en la figura 4.

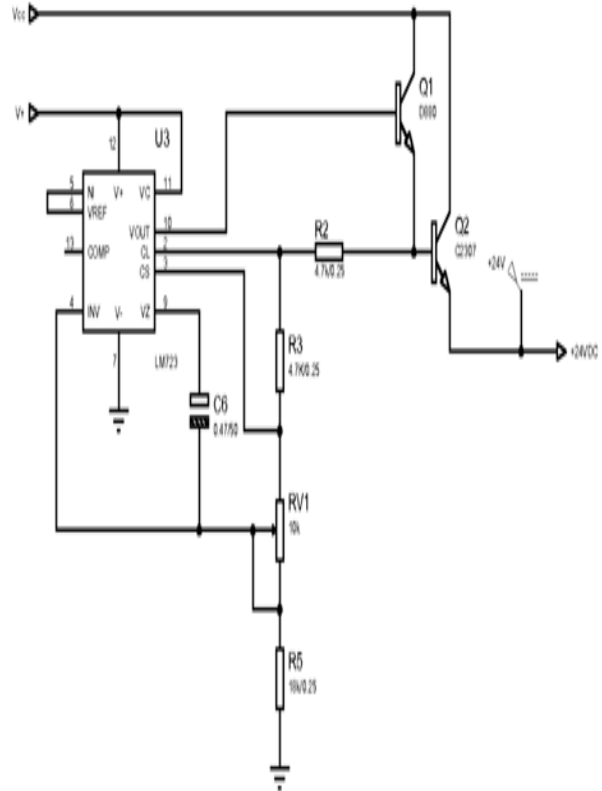


Figura 4. Diagrama esquemático del circuito dedicado a la fuente de poder de +24V.

3.2. Drivers para motores de paso.

Su función es la de recibir los pulsos que envía el computador, a través de las salidas del puerto paralelo, y generar las señales para energizar los devanados y lograr que los motores cumplan con la respectiva secuencia de avance o retroceso.

Como se puede apreciar en el esquemático en la figura 5, las señales que son enviadas por el computador son desfasadas, acopladas y amplificadas por los inversores para luego alimentar a los transistores de salida, los cuales son los encargados de manejar los devanados de cada motor. Los transistores TIP100 que se utilizan en la salida son del tipo Darlington que son capaces de amplificar la corriente suficiente para energizar los devanados.

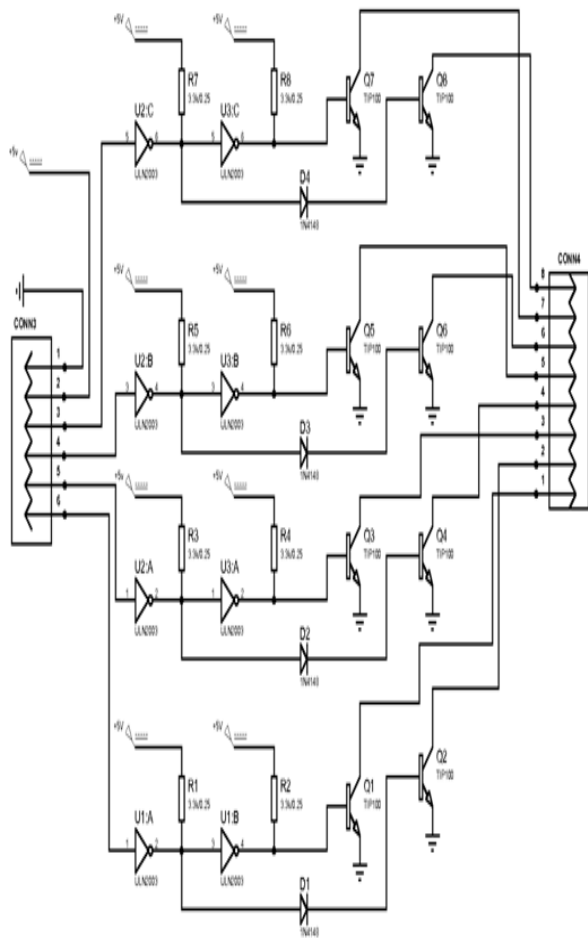


Figura 5. Diagrama esquemático del circuito dedicado a controlar los dos motores de paso.

3.3. Procesador de datos y de comunicación.

Los siguientes diagramas corresponden al circuito encargado del procesamiento de los datos analógicos, su conversión a un dato digital y finalmente se encarga de establecer la comunicación con la PC.

El circuito consiste de un paso acoplador de señal (seguidor de voltaje) seguido de un amplificador no inversor de ganancia variable.

El ajuste de ganancia se lo hace con el trimer de 50 KΩ de tal manera que su salida de voltaje máximo no supere los 5 V, ya que este es el máximo nivel de referencia del convertidor A/D.

Procesador de datos: este circuito lo comprende básicamente el convertidor A/D 0808, un IC MLS00 y dos IC CD4066; su función es la de convertir la señal analógica que proviene del amplificador del transductor, a una palabra de 8 bits para que puedan ser leídos por el computador.

Para asegurar que esta aplicación funcione en cualquier tipo de computador, se ha utilizado la configuración inicial básica; entradas y salidas independientes.

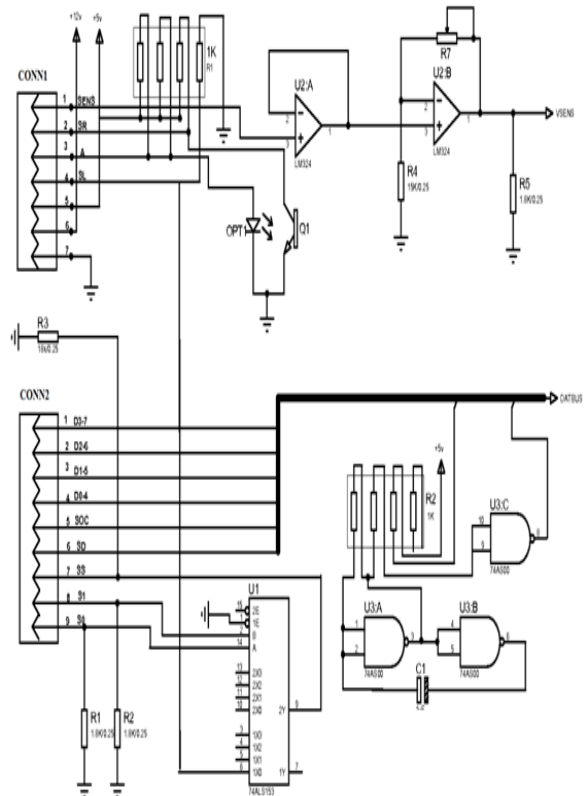


Figura 6. Diagrama esquemático del circuito dedicado a procesar los datos y permite la comunicación con la PC (1)

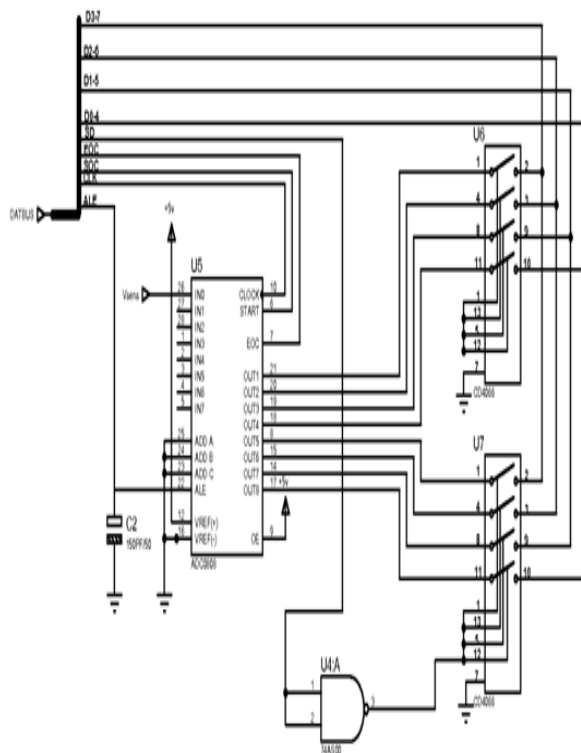


Figura 7. Diagrama esquemático del circuito dedicado a procesar los datos y permite la comunicación con la PC (2).

3.4. Sensor.

El circuito sensor (figura8) corresponde a una conversión de luz a voltaje, a través de un fototransistor polarizado de tal manera que nos da un nivel de voltaje en relación a la intensidad de luz que incide sobre la ventana del fototransistor.

Este valor analógico es dirigido a la etapa de procesamiento, donde existe la posibilidad de darle ganancia mediante una etapa amplificador no inversor de ganancia variable.

El ajuste de ganancia se lo hace con el trimmer de 50 K Ω de tal manera que su salida de voltaje máximo no supere los 5 V. ya que este es el máximo nivel de referencia del convertidor A/D, el mismo que lo convertirá a un valor digital (palabra de 8 bits) para posteriormente ser interpretado por el computador.

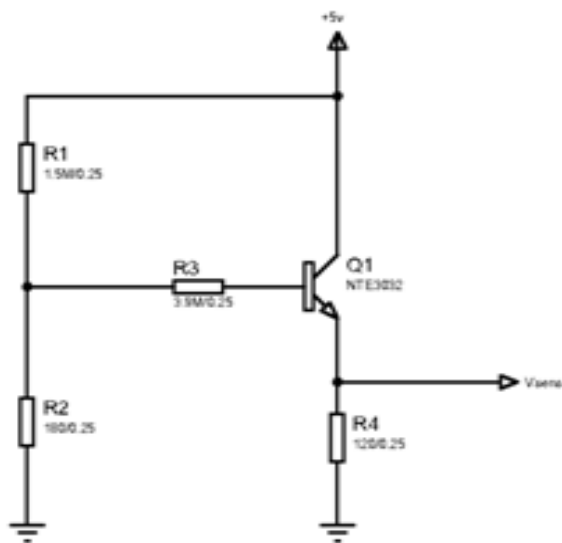


Figura 8. Esquemático del sensor.

4. Rediseño y Reconstrucción.

El tomógrafo experimental construido anteriormente sufrió muchos daños tanto en la parte electromecánica como en su estructura en general, en esta situación estaba fuera de funcionamiento y deteriorándose cada vez más. La mayoría de sus elementos se encontraban en mal estado, así como cables y conectores, como podemos observar en la figura 9.

Tanto su sistema mecánico como su acoplamiento óptico se encontraban descalibrados y el fotosensor del diseño original estaba cortocircuitado.

En estas condiciones era muy complejo repararlo y resultaba conveniente su rediseño y reconstrucción con la finalidad de mejorar todas sus funciones y optimizar los resultados luego de su reconstrucción.

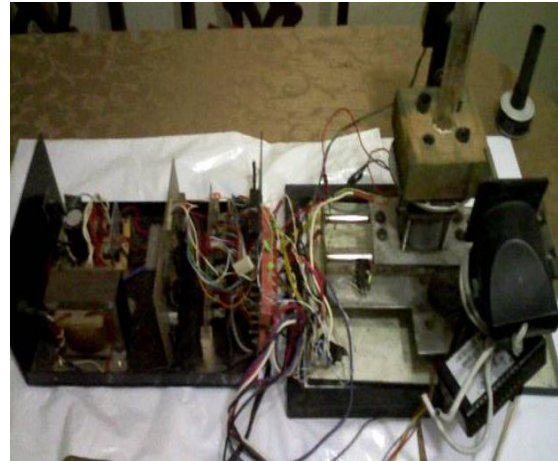


Figura 9. Fotografía del tomógrafo construido anteriormente.

4.1 Tecnología actual del equipo.

Se conservaron los mismos motores de paso montados sobre el sistema de rieles y engranajes como medio de desplazamiento y rotación de la muestra, el resto de sistemas son completamente reconstruidos con nuevos elementos y un mejor diseño. Con el rediseño y reconstrucción se pudo reducir el tamaño de sus tarjetas, se logró una mejor distribución de sus conectores, se realizaron algunos cambios en el software y se separó el sistema en cuatro módulos generales, logrando así un nuevo tomógrafo más compacto, con mejor portabilidad, más eficiente en el proceso de adquisición y reconstrucción de la imagen y estéticamente más vistoso.

4.2 Fuente de poder.

Este módulo (figura 10.) contiene internamente el transformador de 110V a 24Vac, 12Vac y 5Vac, los circuitos de regulación y rectificación, fusible de 3.5 A como protección eléctrica, un ventilador interno y su debida polarización de tierra. El módulo (figura 3.8) tiene conector de entrada con interruptor independiente y un conector de salida que nos da +5V, +12V, +24V y tierra.



Figura 10. Fuente de poder.

4.3 Consola.

Este módulo (figura 11) lo conforman las dos tarjetas; drivers para los motores de paso y procesadora de datos, tiene conectores de alimentación de voltaje y de entrada y salida, así como el conector DB25, este módulo es el encargado de controlar los motores, procesar los datos de lectura y establecer la comunicación entre el procesador (PC) y el sistema electromecánico

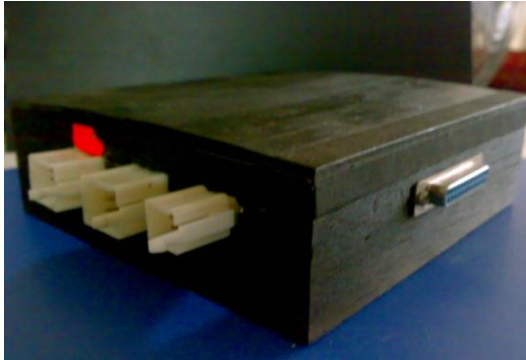


Figura 11. Consola.

4.4 Gantry.

Es la parte electromecánica del sistema (figura 12), lo conforman los motores de paso, los rieles, el sistema de acoplamiento óptico y los sensores de posición, con conectores para integrarlo a la consola.



Figura 12. Gantry.

4.5 Pc.

La PC es el cerebro del sistema, en ella se encuentra cargado el software que va a controlar el sistema, procesar los datos de transmitancia, cargar los datos en la matriz de reconstrucción y finalmente presentar una imagen axial en pantalla.

5. Presentación final del equipo.

Todos los módulos son integrados para conformar el nuevo tomógrafo didáctico experimental (figura 13.).



Figura 13. Tomógrafo didáctico experimental.

6. Imágenes obtenidas con el equipo.

Las figuras 14 y 15 muestran imágenes finalmente reconstruidas, en la primera la reconstrucción de un cilindro sólido de unos 6 cm de diámetro. En la segunda podemos observar la reconstrucción de cuatro cilindros huecos de material translúcido.

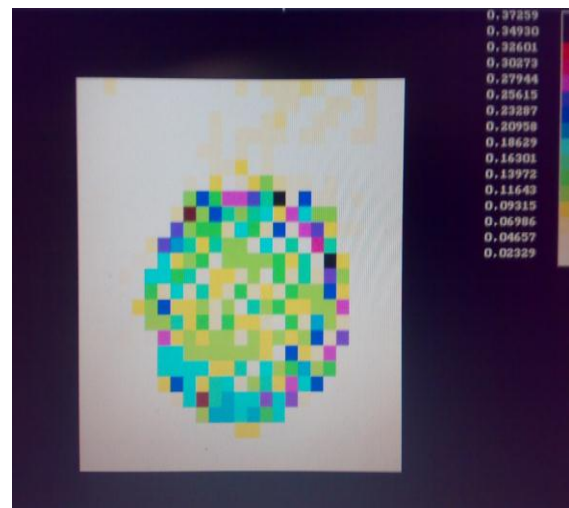


Figura 14. Reconstrucción de imagen a color obtenida, cilindro opaco sólido.



Figura 15. Reconstrucción de imagen a color obtenida, 4 cilindros huecos con sustancias translúcidas.

7. Conclusiones.

Se optimizó el proceso de adquisición y reconstrucción de la imagen, se realizaron mejoras en el programa de tal manera que el computador maneje eficientemente los motores de paso, con los ajustes y calibraciones de los sistemas mecánicos de traslación-rotación y del acoplamiento óptico, se logró reducir la vibración y enfocar mejor el haz de radiación sobre la ventana del foto-sensor, obteniendo así una mejor calidad de imagen.

La configuración de los módulos que conforman el sistema lo asemeja a un sistema de tomografía real, ya que verdaderamente el tomógrafo está formado por: un Gantry, que es la parte donde se posiciona al paciente y se adquieren las diferentes proyecciones de atenuación de rayos X, la fuente de poder, que es la encargada de alimentar tanto a los sistemas de potencia como a los de control y finalmente se tiene la Consola, que es la encargada de la reconstrucción y proyección de la imagen en un monitor.

La analogía entre el tomógrafo didáctico experimental y uno real es clara; las imágenes obtenidas demuestran que con esta técnica es posible visualizar objetos al interior de otros, es decir tumores o malformaciones en el interior de cualquier parte de la anatomía humana.

8. Agradecimientos.

Se agradece por la ayuda prestada para la realización del presente proyecto a:

- Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación (FIEC).

9. Referencias.

- [1] Tapia Manuel y otros, "Tomógrafo Didáctico Experimental", Tópico Especial de Graduación. FIEC, 1996, págs. 1-96.
- [2] Ernest J. Wiesen, Floro Miraldi, "Principios de la obtención de la imagen tomográfica computarizada", Editorial MOSBY, tercera edición, 1980, págs. 1-20.
- [3] Grob Bernard, "Circuitos Electrónicos y Sus Aplicaciones", Editorial MacGraw-Hill, 1983, págs. 40-80.
- [4] Stanley, Wolf y Otros, "Guía Para Prácticas de Laboratorio", Editorial Prentice hall, 1992, págs. 20-50.
- [5] Cervantes Diana, "Fundamentos de Tomografía Computarizada", Editorial Diana, 2002, págs. 1-30.
- [6] ÁngelBueno, I Ana, "Desarrollo y Construcción de Prototipos Electrónicos", Editorial Marcombo, 1999, págs. 1-40.
- [7] Gomis Tena Julio, Martínez Marcos, "Análisis y simulación Electrónica con Pspice A/D", Editorial Servicio de Publicaciones de la UPV, 2002, págs. 5-60.