

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS PARA EL ANÁLISIS DE LOS ELECTROOCULOGRAMAS

Chávez Romero Álvaro Patricio, Ing.
Corrales Luis, PhD.
Escuela Politécnica Nacional

RESUMEN

La posibilidad de captar las señales biológicas convirtiéndolas en señales eléctricas es de gran utilidad en el campo del diagnóstico médico. La ingeniería biomédica analiza la fisiología de los diferentes órganos del cuerpo en base al análisis de la actividad eléctrica que se genera cuando estos realizan su actividad.

Una de las aplicaciones de la ingeniería biomédica es el objetivo del presente trabajo: la electrooculografía (EOG), que consiste en detectar la diferencia de potencial que se genera alrededor del ojo cuando este se mueve.

Con este objetivo se diseñó y construyó un sistema basado en el LabView que es capaz de procesar los datos del electrooculograma para que pueda ser analizado y procesado tanto con propósitos médicos como industriales.

Por medio de una tarjeta de adquisición de datos se capturaron electrooculogramas que demostraron que estos son aproximadamente lineales respecto al ángulo de giro del ojo y que su resolución está en el orden del 1%.

1 EL ELECTROOCULOGRAMA

La posibilidad de emplear los oculogramas como una herramienta para ayudar a los médicos a deducir patologías que afectan el correcto trabajo del ojo o para determinar la dirección de "vista" del ojo humano, ha despertado el interés científico desde hace un buen tiempo. Las posibles aplicaciones varían desde emplear los oculogramas para accionar herramientas con el movimiento de los ojos, hasta ayudar a un piloto a ubicar su objetivo con solo mirar al mismo.¹

Entre los varios tipos de movimientos oculares existentes, se consideró el movimiento sacádico como el principal objeto de análisis. El

movimiento sacádico se produce cuando ocurre un movimiento muy rápido de los ojos con el fin de adquirir un blanco determinado y es importante porque es el movimiento en el cual se produce la señal eléctrica que se asocia al movimiento ocular.

Muchos investigadores atribuyen a la electrooculografía ventajas como una buena resolución (menor a un grado), buena linealidad de la señal, y si se emplean electrodos superficiales, simplicidad para realizar las mediciones, comodidad y una alternativa económica su implementación. Entre las desventajas han reportado: señal afectada por factores externos tales como la cantidad de luz incidente, contracción de los músculos faciales, alteración de la señal producida por el parpadeo y variación en las mediciones de los electrooculogramas incluso en las mediciones de una misma persona.

2 DISEÑO DEL SISTEMA

Para capturar los electrooculogramas se utilizó electrodos superficiales desechables tipo ECG. La distribución de los electrodos que se utilizó es la que se muestra en la Figura 1, y en la cual se puede apreciar que los electrodos colocados en la parte superior e inferior de la órbita sirven para determinar el movimiento vertical y colocando electrodos en la zona



lateral de los ojos se adquiere el movimiento horizontal.

Figura 1. Posición de los electrodos para el análisis de los electrooculogramas.

La señal obtenida por los electrodos está en el orden de los milivoltios y tiene una frecuencia que varía entre 1 y 40 Hz. La señal obtenida con los electrodos desechables fue acondicionada a fin de poderla introducir en

¹ alvaropcr@yahoo.es
luisco5049@yahoo.com

una tarjeta de adquisición de datos. El circuito de acondicionamiento analógico de los

electrooculogramas es el que se muestra en la Figura 2.

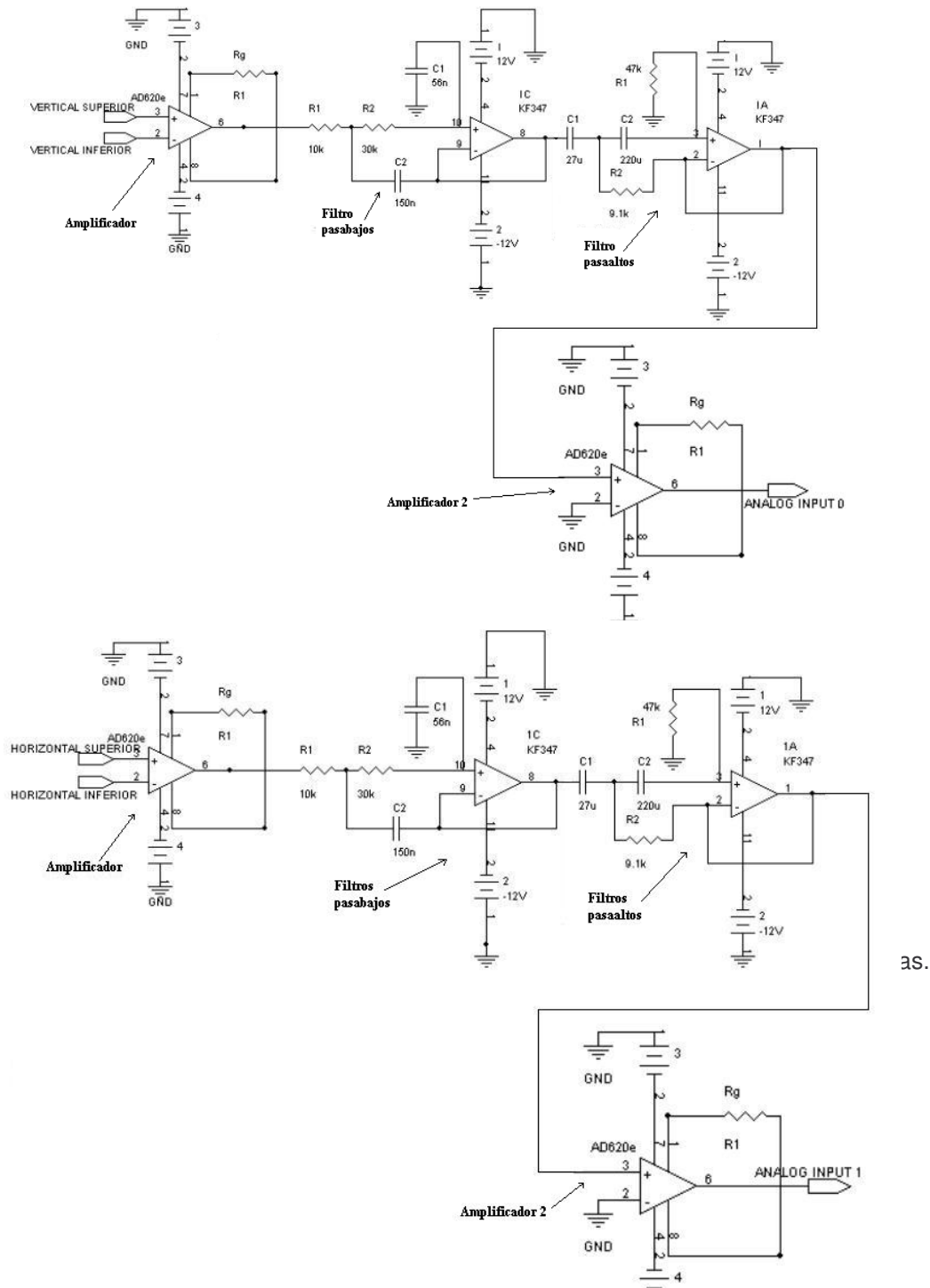


Figura 2. Circuito de acondicionamiento de los oculogramas.

Este circuito consiste de una etapa inicial de amplificación, para la cual se utilizó un amplificador de instrumentación integrado, el cual entre sus ventajas esta la simplicidad en la obtención de la ganancia deseada y bajo nivel

de ruido, requisitos necesarios para el acondicionamiento de señales con niveles de voltaje del orden de los milivoltios.

Luego de la amplificación se filtró la señal a fin de eliminar la presencia de señales que alteran la señal de los electrooculogramas tales como las producidas por el movimiento de la cabeza, y las señales de ruido que de diversas fuentes, tales como ruido térmico de los componentes electrónicos de los circuitos, ruido producido por los órganos del cuerpo, artefactos de los electrodos, interferencia electromagnética y de radio frecuencia, entre otros, se han sumado a la señal.

La utilización de la etapa de filtrado también se diseñó para evitar el fenómeno conocido de aliasing o "frequency holding" que se presenta como resultado de muestrear con velocidades que no se ajustan al teorema de Nyquist.

Al final del filtro se añadió otra etapa de amplificación a fin de que la señal se encuentre normalizada entre -5 y 5 voltios.

Mediante la tarjeta de adquisición de datos Lab PC+ de National Instruments, la señal acondicionada es introducida al computador. El procesamiento de los datos recibidos se hizo mediante algoritmos desarrollados en el programa LabVIEW. Se realizó la adquisición de los datos y se procedió a filtrar digitalmente la señal a fin de eliminar las señales que no habían sido eliminadas por los filtros análogos. La determinación de los filtros digitales que

mejor procesaron la señal EOG fue una de las tareas grandes que se tuvo que resolver.

3 RESULTADOS OBTENIDOS

Se obtuvieron resultados tanto gráficos como cuantitativos de las señales de los oculogramas en función del tiempo tanto para el sentido vertical como para el horizontal. Además se obtuvo el gráfico de los canales vertical y horizontal en un eje de coordenadas XY.

Para la realización del análisis de los electrooculogramas se realizó un algoritmo para la obtención del movimiento sacádico. En este se establece la gráfica del movimiento sacádico correspondiente a un ángulo de variación determinado. Además se establece el valor máximo del movimiento sacádico. Se obtiene también las gráficas de la velocidad y la aceleración de movimiento sacádico, todo esto naturalmente con la ayuda de filtros que se investigaron podían cumplir con estas tareas.

En las pruebas realizadas se obtuvieron las siguientes señales registradas en el LabVIEW.

La Figura 3 muestra la señal del electrooculograma cuando no se han producido cambios en la posición de los ojos.

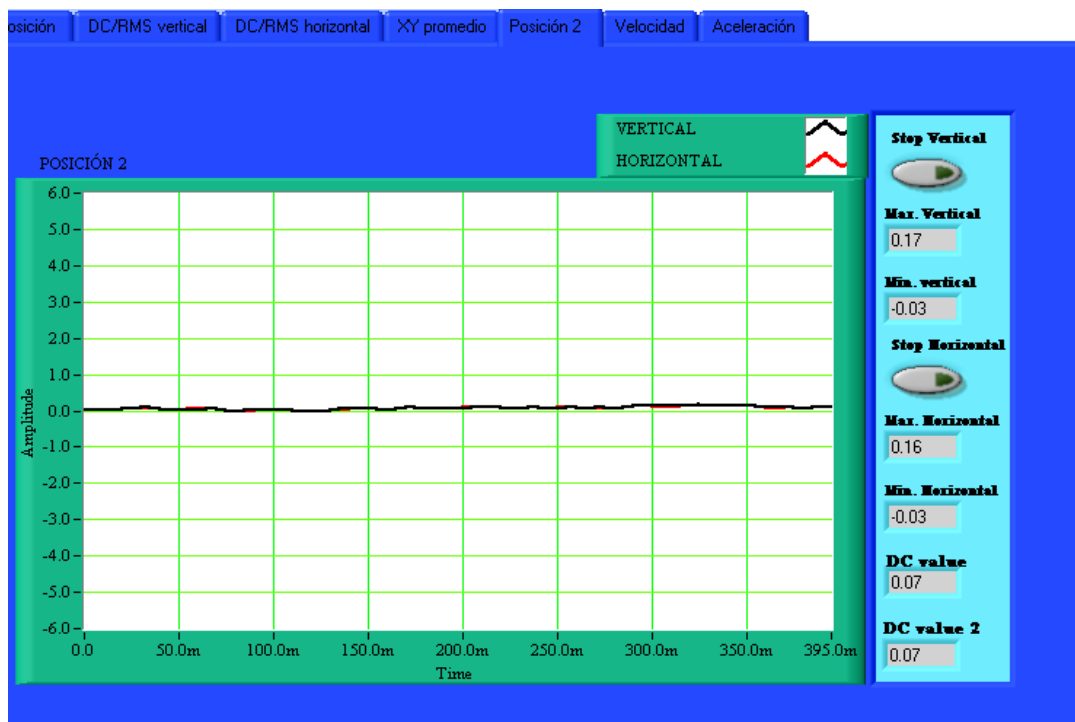


Figura 3. EOG en estado de reposo.

La Figura 4 muestra el análisis del movimiento sacádico.

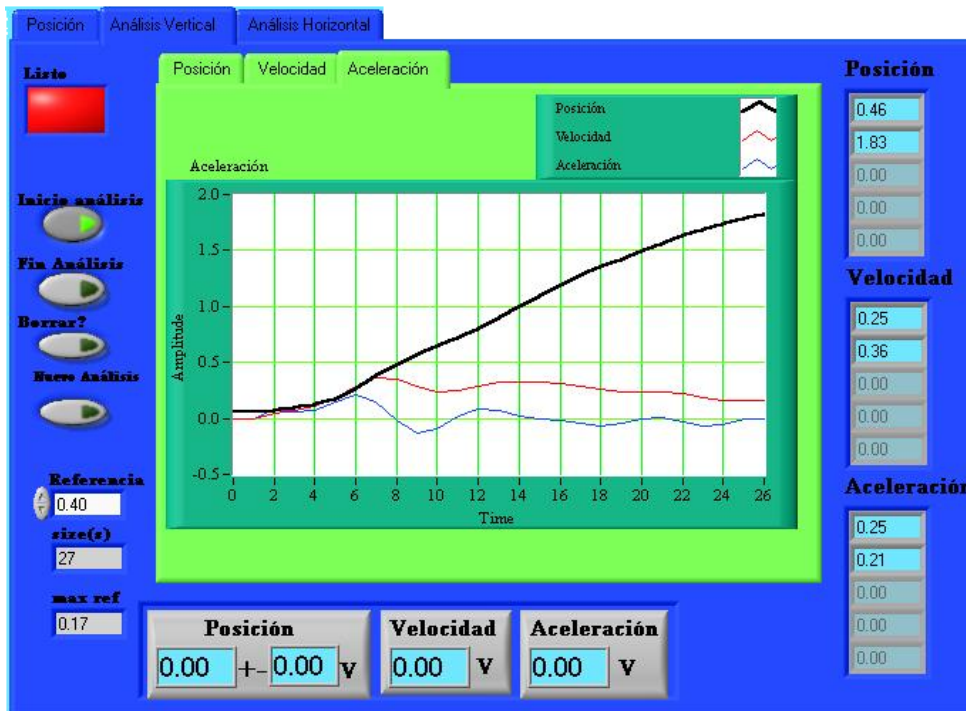


Figura 4. Obtención del movimiento sacádico, su velocidad y aceleración.

Finalmente, la precisión del sistema fue determinada de acuerdo a pruebas. Los resultados demostraron que los electrooculogramas tiene una variación aproximadamente lineal a la variación del ángulo de desplazamiento del ojo y una precisión aproximada de 1 grado sexagesimal.

Los valores de las pruebas realizadas se muestran en la Tabla 1.

Tabla 4.1 Pruebas EOG

Pruebas EOG Canal Horizontal						
N° Medición/Ángulo	5°	10°	15°	20°	25°	30°
1	0.5	0.87	1.13	1.45	1.75	2.33
2	0.52	0.92	1.11	1.49	1.71	2.4
3	0.53	0.85	1.16	1.52	1.68	2.28
4	0.5	0.95	1.04	1.5	1.77	2.2
5	0.54	0.91	1.18	1.37	1.81	2.25
Promedio Voltios	0.5180	0.9000	1.1240	1.4660	1.7440	2.2920
Desviación Voltios	0.0179	0.0400	0.0541	0.0594	0.0508	0.0766
Distancia (m)	0.05	0.11	0.16	0.22	0.28	0.35
Desviación distancia (m)	0.0017	0.0049	0.0077	0.0089	0.0082	0.0117
Desviación Grados	0.1649	0.4668	0.7358	0.8514	0.7787	0.8937

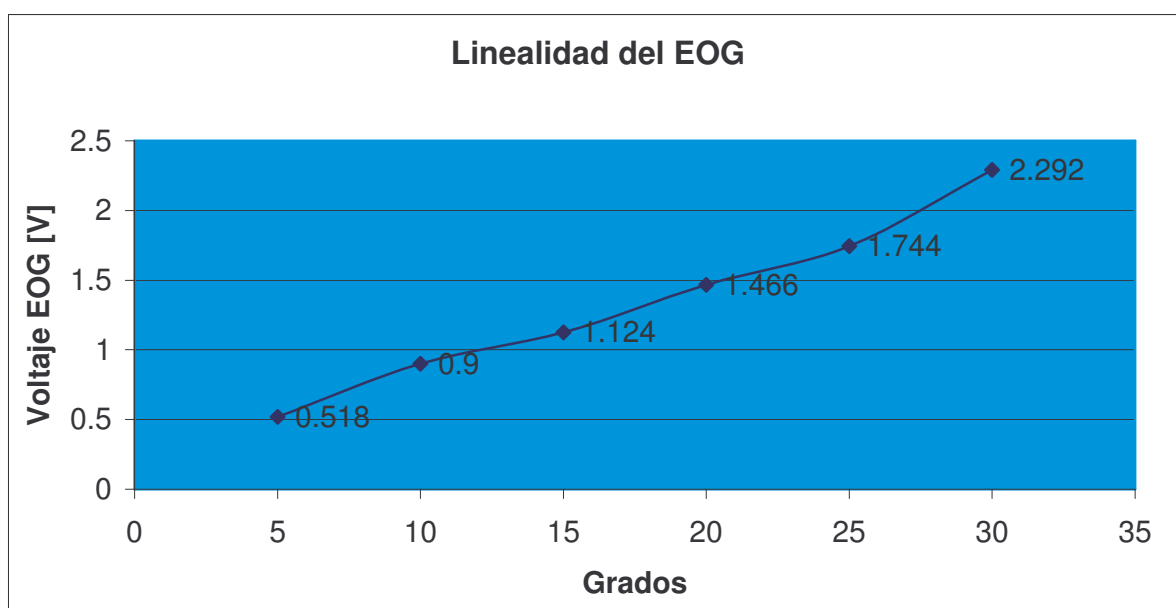


Figura 5. Voltaje Promedio obtenido en función de los grados.

4 CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos, con un factor de correlación cercano a 1 (0,99) sirve para concluir que el comportamiento de los oculogramas es aproximadamente lineal.

Se puede concluir también que la precisión obtenida de $\pm 0.7^\circ$, cuando el ojo se desplaza en sentido horizontal o vertical si podría ser empleada para aplicaciones en donde no se requiere de una precisión superior a la indicada. Hay un sin numero de aplicaciones industriales donde esta precisión y técnica de control podría ser explotada. También hay aplicaciones donde los ojos podrían ayudar a persona minusválidas a emplear los ojos como elementos de control de electrodomésticos.

Los resultados obtenidos permitieron comprobar que la Electrooculografía es un método para detectar con precisión la variación en la posición de los ojos, de una forma fácil de implementar y económica.

Si bien la Electrooculografía se puede utilizar como una herramienta de control en circunstancias en las que no sea posible la utilización de las extremidades, además existen ya estudios en el campo de la Medicina que se valen de la Electrooculografía para la detección

de patologías que afectan el correcto funcionamiento del ojo.

BIBLIOGRAFÍA

LIBROS, MANUALES Y TESIS DE GRADO.

ALVAREZ DELGADO, Diego. Estudio de Electroodos Desechables utilizados en Instrumentación Biomédica. Tesis, Escuela Politécnica Nacional, 1995.

ROUVIERE H. ; DELMAS, A. Anatomía Humana: Descriptiva, Topográfica y Funcional. Tomo I: Cabeza y Cuello. Editorial Masson, Novena Edición, 1988.

NATIONAL INSTRUMENTS. LAB PC+ User Manual. 1996.

NATIONAL INSTRUMENTS. LabVIEW User Manual. Edición Julio 2000.

NATIONAL INSTRUMENTS. LabVIEW Measurement Manual. Edición Julio 2000

ANALOG DEVICES. Low Cost Low Power Instrumentation Amplifier AD620. 1999.

RIVERA, Olga. Sistema de Adquisición de datos y Procesamiento Digital de

Laringogramas . Tesis Escuela Politécnica Nacional, 1993.

Industriales Digitales, Instrumentación Biomédica, Instrumentación Industrial.

COUGHLIN, Robert ; DRISCOLL, Frederick. Circuitos Integrados Lineales y Amplificadores operacionales. Editorial Prentice- Hall. México. Quinta edición, 1999.

PÁGINAS WEB CONSULTADAS.

<http://www.eyemlink.com>

<http://www.liv.ac.uk>

<http://www.pediaticneuro.com>

<http://www.calm.org.ar>

<http://www.cs.bc.edu>

<http://www.tcahin.com/motoneurology>

<http://www.geocities.com/fabianroch>

<http://www.siste.com.ar>

<http://www.horusgo.com>

<http://www.vemejor.com>

<http://www.anatomia.tripod.com>.

<http://www.rau.edu.uy/universidad/medicina/delgado.htm>

<http://www.rossmed.hypermart.net>

BIOGRAFÍA



El Dr. Luis Corrales realiza sus estudios secundarios en el Colegio Experimental Central Técnico, obteniendo el título de Bachiller Técnico en Radiotecnia.

Posteriormente se gradúa en 1979 en la Escuela Politécnica Nacional

como Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones. En la Universidad de Strathclyde, en Gran Bretaña, sigue sus estudios de post grado donde, desde 1984 a 1988, obtiene su PhD. en Bioingeniería. Trabajó por diez años como Consultor en el Área de Sistemas en el Banco Interamericano de Desarrollo, siendo una de sus actividades la de Administrador de su red Informática. Ha dirigido decenas de tesis, incluyendo varias a nivel de maestría, en temas relacionados con la Informática, Redes LAN, Redes Digitales Industriales, Instrumentación Biomédica, Domótica, Automatización de Procesos Industriales, Automatización de Invernaderos. Actualmente es Profesor Principal en la EPN y es también Instructor CCNA de la Academia de CISCO en la EPN. Ha dictado charlas y seminarios en varias Instituciones Educativas del País, así como para varias empresas privadas, en temas relacionados con Redes