

# MODELIZACIÓN DE UNA INTERFAZ HOMBRE-MÁQUINA MEDIANTE COMUNICACIÓN ELECTROOCULOGRÁFICA REPRESENTADA MEDIANTE CÓDIGO DE HUFFMAN PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD DE ESCLEROSIS LATERAL AMIOTRÓFICA

*MODELING A HUMAN–MACHINE INTERFACE USING ELECTROOCULOGRAPHIC  
COMMUNICATION REPRESENTED BY HUFFMAN CODE FOR PEOPLE WITH  
DISABILITIES OF AMYOTROPHIC LATERAL SCLEROSIS*

**Augusto Cortez Vásquez<sup>1</sup> y Virginia Vera Pomalaza<sup>2</sup>**

## RESUMEN

Las personas con discapacidad de esclerosis lateral amiotrófica (ELA) pierden la capacidad motora en sus extremidades y la comunicación oral. Sin embargo, sus movimientos oculares permanecen relativamente intactos y llegan a convertirse en el último recurso para la comunicación. La electrooculografía (EOG) permite obtener señales eléctricas a partir de electrodos colocados en superficie de los ojos. Esto proporciona información de la dirección de la visión con respecto a una posición de referencia. Las señales obtenidas pueden representarse en lenguaje mediante el código de Huffman. El objetivo es reducir el grado de minusvalía de personas con discapacidad motora a causa de deficiencias físicas mediante una interface hombre-máquina basada en código de Huffman.

**Palabras clave:** Discapacidad, deficiencias, minusvalía, Amyotrophic Lateral Sclerosis (ALS), electrooculografía(EOG), Código de Huffman.

## ABSTRACT

People with disabilities related to amyotrophic lateral sclerosis (ALS) lose motor skills in their limbs and oral communication. However, their eye movements remain relatively intact and becomes the last resort for communication. The EOG (EOG) allows electrical signals from electrodes placed on the surface of the eye providing information on the direction of view with respect to a reference position. These signals obtained can be represented in language by Huffman code. The aim is to reduce the degree of disability of people with motor disabilities because of physical disabilities.

**Keywords:** Disabilities, impairments, disability, Amyotrophic Lateral Sclerosis (ALS), EOG (EOG), Huffman code.

1 Universidad Ricardo Palma. Lima (Perú). <acortezv@urp.edu.pe>

2 Universidad Ricardo Palma. Lima (Perú). <vverap@urp.edu.pe>

## 1. INTRODUCCIÓN

Los seres humanos, desde la antigüedad, hemos anhelado llegar a comprender qué nos hace pensar, sentir y ser, y hemos intentado recrear artificialmente esa vida interior. Como ningún otro problema, el de la inteligencia ha inquietado desde los tiempos más remotos el ánimo de los hombres (Penrose, 1996). Ninguna otra idea ha sido tan estimulante y fructífera para el entendimiento. Por ello, este, como ningún otro concepto, requiere precisión y esclarecimiento satisfactorio. Uno de los objetivos de la inteligencia artificial es modelar, formalizar programas e implementar máquinas soporte capaces de interactuar de forma no trivial con el medio (Palma y Martín, 2008; Russell y Norvig, 2004). En este estudio, se intenta modelizar una interfaz hombre-máquina para apoyar a una persona con cierto grado de deficiencias motoras. Las deficiencias motoras de personas con limitaciones causan discapacidad y minusvalía. Debido a que no pueden manipular un mouse o teclado, se hace necesario implementar un mecanismo de comunicación que reduzca el grado de dependencia e incremente el nivel de autonomía en sus quehaceres, lo que deriva en elevar su calidad de vida.

Dadas sus limitaciones para interactuar con interfaz convencionales como teclado, mouse y voz, es necesario implantar un mecanismo de comunicación diferente. Las personas con ELA tienen limitaciones motoras en sus extremidades y tronco. Sin embargo, no han perdido sus facultades racionales, visuales y auditivas (Cortez, 2014; García, 2000). Por esta razón, se quiere implementar una interfaz hombre-máquina basada en la dirección de la vista, que capte señales electrooculográficas y las convierta en señales digitales que se almacenen en memoria, de manera que pueda construirse un lenguaje de órdenes reutilizables. Este conjunto se codifica tomando en cuenta sus probabilidades de uso con la condición de prefijos. Por ello, se utiliza el código de Huffman.

## 2. OBJETIVOS

### *a. Objetivo general:*

Reducir la minusvalía de personas con deficiencias debidas a la ELA mediante una interfaz hombre-máquina basada en señales electrooculográficas, las cuales están representadas mediante el código de Huffman.

### *b. Objetivos específicos:*

1. Modelizar un mecanismo para captar las señales electrooculográficas de personas con ELA.
2. Convertir las señales electrooculográficas en señales digitales que utilicen el código de Huffman.

## 3. MARCO CONCEPTUAL

### *a. Discapacidad, deficiencias y minusvalía*

La Organización Mundial de la Salud (OMS) establece diferencias entre estos tres conceptos. En primer lugar, una deficiencia se refiere a la anomalía en el cuerpo, en su apariencia y en la función de algún órgano o sistema, debido a alguna causa determinada. En segundo lugar, el término discapacidad se refiere a la deficiencia del rendimiento funcional o funciones relacionadas con las actividades desarrolladas. Finalmente, minusvalía se define como el conjunto de desventajas que posee el individuo debido a deficiencias y discapacidades (Cortez, 2014).

b. *Esclerosis lateral amiotrófica (ELA)*

La **esclerosis lateral amiotrófica** (abreviadamente, ELA) es una enfermedad neuromuscular. Se origina cuando unas células del sistema nervioso llamadas motoneuronas disminuyen gradualmente su funcionamiento y mueren. Eso provoca una parálisis muscular progresiva de pronóstico mortal: en sus etapas avanzadas, los pacientes sufren una parálisis total que se acompaña de una exaltación de los reflejos tendinosos (resultado de la pérdida de los controles musculares inhibitorios). A pesar de ser la enfermedad más grave de las motoneuronas, el ELA es simplemente una de las muchas enfermedades que existen en las que se ven afectadas estas células nerviosas (Rubio y Carrillo, 2012; Soletta, 2009).

c. *Interfaz hombre-máquina (IHM)*

Una interfaz hombre-máquina (IHM), también denominada interfaz de usuario, asistida por computador, forma parte del programa informático que se comunica con el usuario. En ISO 9241-110, el término interfaz de usuario se define como «todas las partes de un sistema interactivo (software o hardware) que proporcionan la información y el control necesarios para que el usuario lleve a cabo una tarea con el sistema interactivo». En la fig. 1, se muestra a una persona con padecimiento de ELA.



Figura 1: Persona con ELA

d. *Electrooculografía (EOG)*

La electrooculografía es un método que puede ser usado para detectar los movimientos oculares. Se basa en el registro de la diferencia de potencial existente entre la córnea y la retina. El conjunto (córnea-retina) forma un dipolo en la dirección del eje antero-posterior del ojo: positivo en la zona corneal y negativo en la retina (Rubio y Carrillo, 2012; Soletta, 2009).

e. *Código de Huffman*

La codificación de Huffman fue descrita por primera vez por David Huffman en 1952 en el artículo “A Method for the Construction of minimum redundancy codes”. Debido a su facilidad de cómputo, es ampliamente usada en programas de comprensión de datos, máquinas de fax y esquemas de comprensión de imágenes como JPEG. El código de Huffman se obtiene al hacer uso de un árbol de Huffman (Cortez, 2012) y está relaciona-

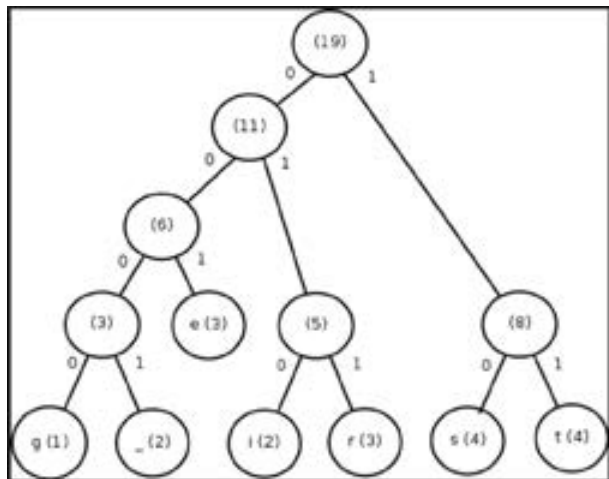


Figura 2: Código de Huffman

do a los conceptos de algoritmo de Huffman y al de árbol de Huffman. El algoritmo de Huffman construye el árbol y, a partir de este, obtiene el código, tal como se muestra en la Fig. 2.

#### 4. METODOLOGÍA

Utilizando la electrooculografía, se detectan los movimientos oculares. La interpretación se basa en el registro de la diferencia de potencial existente entre la córnea y la retina. El conjunto (córnea-retina) forma un dipolo en la dirección del eje antero-posterior del ojo: positivo en la zona corneal y negativo en la retina. Se distinguen dos tipos de movimientos que toman como referencia un eje central. Un movimiento que se realiza desde el eje hacia la derecha se codifica mediante un cero (0) y un movimiento desde el eje hacia la izquierda se codifica con uno (1).

Se considera movimiento válido a aquel que se efectúa desde el eje central a la izquierda (C-I) o desde el eje central a la derecha (C-D). Una secuencia válida está compuesta por una sucesión de movimientos válidos.

Consideremos  $W$  el dominio de todas las secuencias válidas. Definimos una orden  $w$ , como un elemento de  $W$ . Es decir,  $w$  pertenece a  $W$  ( $w \in W$ ).

$$f : W \longrightarrow S$$

$f$  hace corresponder, a una secuencia válida  $w$ , un mensaje  $m$  codificado en binario en  $S$ .

Así, una secuencia  $w$ : C-I, C-I, C-D, C-D, C-I corresponde al mensaje  $m$ : 0010

Para representar el código binario de cada mensaje, se utiliza el código de Huffman, que asigna el código más corto al mensaje con más probabilidad de aparición. De esa manera, demanda menor esfuerzo ocular en la persona con discapacidad.

#### 5. RESULTADOS

##### A. Captación de señales electrooculográficas

Los movimientos oculares son captados mediante señales electrooculográficas como se muestra en la figura 3.

##### B. Determinación del conjunto de mensajes $L$

Se especifica el conjunto  $L$  como el conjunto de mensajes que el usuario puede emitir. Se considera  $L$  como un conjunto finito y estático. Un mensaje puede significar "tengo frío". Cada mensaje se representa como una sucesión de movimientos oculares.

##### C. Definición de movimientos válidos

Se define  $W$  como una secuencia movimientos válidos.

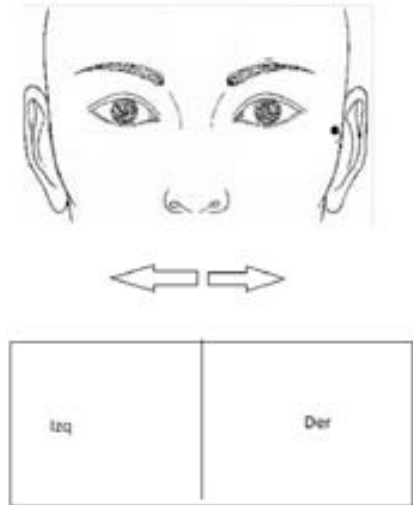


Figura 3: Persona con ELA.

Definimos tres áreas de fijación: C: centro de referencia

I: área izquierda

D: área derecha

Movimientos válidos: i: (C-I): movimiento ocular desde C hacia I

d: (C-D): movimiento ocular desde C hacia D

**D. Determinación de secuencias válidas**

Secuencia válida  $W_i$ : es una sucesión de movimientos válidos.

Se toma una muestra de secuencias válidas:

Ord	Secuencia válida	Mensaje
$W_1$	i-d	Tengo frío
$W_2$	d-i-i	Tengo calor
...	...	...
$W_9$	d-i-i-d	
$W_{10}$	i-d-i	

El conjunto de secuencias validas se puede considerar como un lenguaje L, definido gramaticalmente (Aho et. Al., 2012; Hopcroft, 2005):

$$G = (V_T, V_N, P, S) \tag{1}$$

Donde:

$V_T$ : conjunto finito de símbolos terminales del lenguaje.

$V_N$ : conjunto finito de símbolos no terminales.

$P$ : conjunto finito de reglas de producción.

$S \hat{\in} V_N$ : símbolo distinguido o axioma inicial.

A partir del axioma S, se reconocerán las secuencias de L aplicando sucesivamente las reglas de producción. Chomsky clasificó las gramáticas de acuerdo a la forma de sus reglas de producción. De esta manera, una gramática libre de contexto tiene sus reglas de la siguiente forma:

$$P: A \rightarrow \alpha$$

Donde:

$$A \in V_N, \alpha \in (V_N \cup V_T)$$

Consideremos el ejemplo siguiente tomado de un trabajo anterior (Cortez, 2012):

P: { S → M / S M  
M → I / D  
D → d  
I → i }

**E. Determinación de probabilidades de movimientos válidos**

Se toma una muestra de secuencias válidas y se asigna una probabilidad  $P_i$  de aparición de una secuencia valida  $W_i$  en la muestra:

Secuencia válida	Probabilidad	Cod 1	Cod 2	...	Cod n	Cod H
W1	P1					
W2	P2					
...						
W10	Pn					

**F. Construcción de código de Huffman H**

Se construye el código de Huffman para cada  $W_i$  (Cod H):

Secuencia válida	Probabilidad	Cod 1	Cod 2	...	Cod n	Cod H
W1	P1					
W2	P2					
....						
W10	Pn					

El Cod H es el código óptimo, es decir, aquel que se codifica mediante una secuencia de tamaño mínimo de ceros y unos.

### CONCLUSIONES

- a) En la presente investigación, se resalta la importancia de una interfaz hombre-máquina para establecer una comunicación entre la persona que padece ELA y su entorno, lo que le otorga cierto grado de autonomía en sus decisiones. De esa manera, reduce su grado de minusvalía a causa de deficiencias y discapacidad.
- b) Existen muchas herramientas para captar las señales de una persona con discapacidad. Sin embargo, se ha considerado la técnica electrooculográfica porque se pueden representar, fácilmente, los movimientos oculares en la forma de un lenguaje binario: es suficiente un movimiento hacia la izquierda o la derecha, en ambos casos, a partir de un centro de referencia.
- c) El código de Huffman permite representar el mensaje que la persona quiere transmitir mediante un movimiento válido.
- d) El método permitió inferir un lenguaje de mensajes en que el más frecuente requiere de menor esfuerzo. El que menos se repita, requerirá de un mayor esfuerzo.
- e) La principal dificultad radica en asignar probabilidades a cada mensaje de la persona.
- f) El modelo desarrollado puede servir para crear un lenguaje estático que permita la comunicación entre la persona y su entorno.

### REFERENCIAS

Aho, A., Sethi, R. y Ullman, J. (2012). *Compiladores, principios, técnicas y herramientas*. México: Addison Wesley Longman.

Boden, B. (1994). *Filosofía de la inteligencia artificial*. México: Fondo de Cultura Económica.

Buendía, M., Vera, J. (2007). Redes de sensores y actuadores en domótica. Universidad politécnica de Cartagena. Recuperado de <http://repositorio.bib.upct.es/dspace/bitstream/10317/402/1/2007>

Brookshear, J. (1993). *Teoría de la computación: lenguajes formales, autómatas y complejidad*. México: Pearson.

Carrillo, F., Rubio, F. (2009). Modulo de detección, registro y presentación de señales electrooculográficas. *Electrónica-UNMSM*, 24, 3-12. Recuperado de [http://Sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/publicaciones/electronica/2009\\_n24](http://Sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/publicaciones/electronica/2009_n24)

Chang, M., Liu, Ch. et al. (2007). Design and Evaluation of a DICOM compliant Videofluoroscopy Imaging System. En *9th Intern. Conf. e-Health Networking, Application and Services, 2007*, 248-251. Recuperado de [http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs\\_all.jsp?arnumber=4265835](http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=4265835)

Cortez, A. (2012). *Algorítmica, técnicas algorítmicas*. Lima: CEPREDIM, 137-145.

- Cortez, A. (2014). “Especificación de sistemas domoticos para reducir la minusvalía de personas con discapacidad y deficiencias”. *Rev. Investig. Sist. e Informática*, 11(1), 79-89.
- Cortez, A. (2015). “Sistema de aprendizaje de patrones de navegación web mediante gramáticas probabilísticas de hipertexto”. *INGE CUC*, 11(1).
- García, A. (2000). Nuevas tecnologías y personas con discapacidad. *IMSERSO, ministerio de trabajo y asuntos sociales, Intervencion Psicologica*. 9(3), 283-296.
- Hernández, J., Ramírez, M. y Ferri, C. (2008). *Introducción a la minería de datos* (2a ed.). España: Pearson.
- Hopcroft, J. E. (2005). *Introducción a la teoría de autómatas, lenguajes y computación* (3a ed.). Madrid: Pearson.
- Palma, J. y Martin, R. (2008). *Inteligencia artificial*. Madrid: McGrawHill.
- Penrose, R. (1996). *Las sombras de la mente*. Barcelona: Crítica Grijalbo.
- Rubio, F., Carrillo, F. (2012). Interface usua-red de telefonía IP para pacientes tetrapléjicos basado en señales electrooculograficas. *Electrónica-UNMSM Revista Electrónica*, 2012.
- Rueda, R. (s/f). Formación, hipertexto y ambientes de aprendizaje. *Revista educación y pedagogía*, 14.
- Russell, S. y Norvig, P. (2004). *Inteligencia artificial, un enfoque moderno* (2a ed.). México: Pearson.
- Sánchez, J. (1999). *Estimación de gramáticas incontextuales probabilísticas y su aplicación en modelización del lenguaje*. (Tesis para optar el grado de Doctor en Informática) Universidad Politécnica de Valencia, España.
- Soletta, J. (2009). Análisis de señales electrooculográficas evocadas por movimientos dinámicos del ojo. *Dpto. de Bioingeniería, Facultad de Ciencias Exactas*. Rosario: Universidad Nacional de Tucumán.
- Ley general de personas con discapacidad, ley 27050. Lima, Perú. Recuperado de [www.peru.gob.pe](http://www.peru.gob.pe)