

# Sistema para la detección del estado de somnolencia en seres humanos, con reconocimiento de patrones.

1<sup>st</sup> Lic. Edurnet Luna Becerril  
Universidad Plitécnica de Texcoco

Ecatepec de Morelos, México  
edurnet.luna@outlook.com

2<sup>nd</sup> Dr. Adolfo Melendez Ramírez  
Tecnológico Nacional de México  
Tecnológico de Estudios Superiores de  
Ecatepec

Ecatepec de Morelos, México  
adolfo\_melendez@tese.edu.mx

3<sup>rd</sup> Dr. Emmanuel T. Juárez Velázquez  
Tecnológico Nacional de México  
Tecnológico de Estudios Superiores de  
Ecatepec

Ecatepec de Morelos, México  
emmanuel.juarez@tese.edu.mx

**Abstract**— En este artículo se muestra la implementación de un novedoso sistema de detección del estado de somnolencia en seres humanos, a través de la identificación de patrones faciales y la frecuencia de parpadeo de los ojos. Para este fin se propone la utilización de técnicas de inteligencia artificial, visión por computadora y un sistema embebido con cámara integrada para la adquisición de imágenes. Esta implementación, es parte de un sistema mayor que permite detectar en tiempo real el estado de fatiga de un conductor automovilístico y su grado de somnolencia, todo con el objetivo de disminuir la tasa de accidentes viales causados precisamente por estas razones en México. El uso del lenguaje de programación Python, bibliotecas como OpenCV, Dlib y Scipy, son requeridas debido a los modelos predefinidos que establecen una mayor precisión en la detección de puntos faciales específicos, utilizando como referencia el método de predicción de 68 puntos específicos del rostro. El sistema propuesto tiene la característica de funcionar con luz de día en una primera etapa, y la idea es poder implementarlo en cualquier tipo de vehículo automotriz a un costo accesible a la mayoría de los propietarios de vehículos automotrices.

**Keywords**--- Estado de somnolencia, fatiga física, sistema embebido, visión artificial, identificación de patrones, inteligencia artificial.

## I. INTRODUCCIÓN

Según estudios gubernamentales en México, hasta un 24% de los accidentes viales tienen entre sus factores el agotamiento físico, la fatiga o el sueño [1], lo que ha llevado a realizar múltiples análisis y estudios. En los años recientes tecnologías tan actuales como el reconocimiento facial, Machine Learning, Deep Learning y la inteligencia artificial [2], han tomado un papel protagónico en diferentes áreas de la vida cotidiana de las personas, y la prevención de accidentes en el sector automotriz no es la excepción.

Al día de hoy, existen sistemas de detección de fatiga y sueño que ya están disponibles en algunos modelos de autos de diferentes fabricantes; sin embargo, la gran mayoría de ellos pertenecen a marcas de lujo las cuales no están al alcance del grueso de la población, por lo cual no implican una disminución significativa en el índice de accidentes causados por las razones aquí tratadas [3].

Y precisamente con la intención de disminuir sustancialmente los costos de producción e implementación de esta tecnología, y ponerla al alcance de las mayorías, es que se propone su implementación en un sistema embebido basado en una SBC (single board computer), la cual en un escenario de producción a gran escala, y en un montaje directo en los vehículos, bien puede ser sustituida por un

SoC(System on Chip) mediante un diseño en una tarjeta FPGA(Field-programmable gate array).

## II. CAMPO TEÓRICO

En las áreas de reconocimiento de patrones e identificación facial, el rostro humano ha sido caracterizado en diferentes modelos mediante sus rasgos más significativos: orejas, cejas, ojos, nariz y boca, cabe señalar que la forma de la cara también es una característica discriminativa [4], y es un elemento con una componente simétrica bastante elevada, algo de lo que las tareas de detección o extracción de características se benefician en gran manera para realizar la detección o identificación facial.

La visión artificial es una rama de la inteligencia artificial que tiene por objetivo modelar matemáticamente (caracterizar) los procesos de percepción visual en los seres vivos y generar algoritmos que permitan simular estas capacidades visuales por computadora [4]. La detección de objetos es una tecnología relacionada con la visión artificial y el procesamiento de imágenes que utiliza la semántica para identificar objetos de una cierta clase (humanos, edificios, o vehículos) en vídeos e imágenes digitales, entre sus áreas de aplicación se destaca el seguimiento del movimiento [5]. Asimismo, la visión artificial permite la detección automática de patrones y objetos en un mundo dinámico de tres dimensiones a partir una o varias imágenes bidimensionales del mundo real, en donde un patrón actúa como una entidad a la que se le puede dar un nombre y está representada por un conjunto de propiedades, medidas y las relaciones entre ellas. Dicho patrón podría ser una imagen de un rostro humano de la cual, se extrae el vector característico formado por un conjunto de valores numéricos calculados a partir de la misma [6].

Una de las características principales en la detección de patrones es hacer referencia a los hitos faciales, los cuales permiten la detección de puntos de referencia, que permiten a su vez determinar los puntos principales y característicos en el rostro de una persona, y según la variación entre las distancias de estos puntos, se reflejará la diferencia real entre el rostro de dos individuos [7]; para la detección de hitos se hace uso de un modelo de predicción de forma, utilizando una imagen entrenada, donde el predictor localiza los puntos claves, este modelo es conocido como "Facial Landmarks", este modelo es una serie de puntos (hitos) en el rostro que toman como referencia ciertas zonas de la cara y las partes de referencia generalmente usadas son los ojos, la boca, la nariz, las cejas, el mentón y los bordes del rostro como se muestra en la Figura 1 [8].

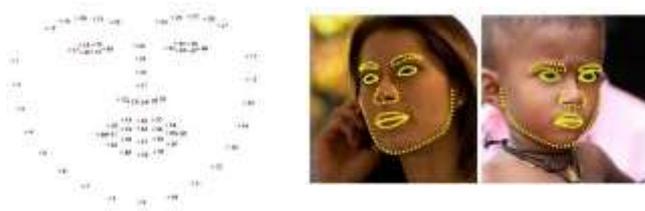


Figura 1. Coordenadas de hito modelo Facial landmarks.[14]

Este modelo de detección se integra en la biblioteca Dlib, la cual se puede usar con el lenguaje de programación Python, y es de gran ayuda en la implementación de alineación de rostros [8] y del método Facial Landmarks [9].

### III. DESARROLLO

La biblioteca OpenCV implementada en este proyecto, integra algoritmos para la detección de objetos y también para la detección de rostros en imágenes fijas y video en tiempo real [5].

En los años recientes se han utilizado diversas tarjetas de prototipo rápido con sistemas embebidos sin embargo, en este proyecto se ha venido usando la tarjeta Raspberry Pi 3b+, la cual es una microcomputadora de una sola tarjeta que por su versatilidad sistema operativo, capacidad de procesamiento e interacción con distintos periféricos, ha sido de gran ayuda en la validación de los prototipos de este proyecto [10]; asimismo se utilizó el sistema operativo Raspbian “Buster” [11] junto con el lenguaje de programación Python 3.

El esquema general y prototipo para la validación del proyecto se integran de la tarjeta Raspberry Pi 3b+, su cámara raspicam de 8 millones de píxeles de resolución, así como de un actuador sonoro y un actuador luminoso que indicarán cuando se detecte somnolencia en el conductor mostrado en la Figura 2 y Figura 3.

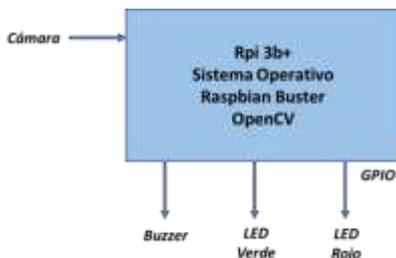


Figura 2. Esquema general del sistema.



Figura 3. Prototipo del sistema.

En la Figura 4 se muestra la detección facial que se obtuvo a partir del algoritmo: Cascade Haar-like Features, con el

cuales se detectaron puntos específicos en el contorno de ojos para medir la frecuencia de parpadeo y medir en consecuencia el estado de somnolencia en el conductor. Por otro lado, el proceso de detección del estado de somnolencia consta de 3 fases principales:

- Detección de hitos
- Detección de ojos y de contornos en parpados.
- Medición de frecuencia de parpadeo mediante la metodología de Quevedo-López [12] durante 60 segundos, donde se establece que el sistema propuesto tiene una efectividad en el conteo de parpadeos de cerca del 90%, con una muestra de diez individuos en cinco intervalos de 60 segundos según la Tabla 1.

Usuarios	Min1	Min2	Min3	Min4	Min5	Total %
	Conteo/total					
1	9/9	5/7	16/17	19/21	15/18	86.1%
2	13/14	18/20	22/24	15/19	18/21	90.8%
3	14/15	19/21	19/20	18/20	19/22	90.81%
4	8/10	13/14	17/20	8/10	16/17	87.3%
5	6/7	14/15	18/20	9/11	15/16	89.89%
6	9/10	15/17	19/21	10/12	13/14	89.18%
7	11/11	20/21	22/21	12/13	15/17	96.38%
8	22/22	19/21	18/19	13/15	18/19	93.75%
9	14/16	16/17	17/19	20/21	10/10	92.77%
10	20/22	12/12	10/12	19/20	9/9	93.33%

Tabla 1. Muestreo de detección y frecuencia de parpadeo

- Se establece también en este método, que un individuo promedio efectúa alrededor de 20 parpadeos por minuto en ausencia de fatiga o somnolencia, por lo que se hace la consideración que al incrementar este parámetro, también se incrementará el nivel de somnolencia en dicho individuo.



Figura 4. Detección de parpados e identificación del estado de somnolencia.

### IV. CONCLUSIONES Y TRABAJO A FUTURO

Los resultados de la fase experimental fueron obtenidos en condiciones de día con luz de día suficiente y buena visibilidad. Se pudo detectar la frecuencia de parpadeo en un tiempo dado de 60 segundos, obteniendo un resultado del 90% de conteos positivos de parpadeos, e identificación del estado de somnolencia a partir del método ya descrito, con un 30% de error. Es importante aclarar que aún se realizan otras pruebas para mejorar sustancialmente la detección del estado de somnolencia. Como trabajo a futuro, se integrarán al proyecto sensores y actuadores, que permitirán reforzar la identificación del estado de somnolencia del conductor mediante variables fisiológicas, y también realizar acciones concretas de prevención ante un potencial accidente.

## V. AGRADECIMIENTOS

Se agradecen las facilidades otorgadas por el Tecnológico Nacional de México (TECNM), y por el Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec (TESE), para la realización de este trabajo de investigación.

## VI. REFERENCIAS

- [1] Romero Navarrete, J. A., Martínez Madrid, M., Betanzo Quezada, E., Ramírez Cano, O., & Fortanell Romero, J. M. (2004). Aspectos de la fatiga del conductor y estudio de las tecnologías para detectarla y prevenirla. *Publicación Técnica*, (241).
- [2] Rodríguez, T. (2017). Machine Learning y Deep Learning: cómo entender las claves del presente y futuro de la inteligencia artificial. *Ítem: página web Xataka*. Visto en <https://www.xataka.com/robotica-e-ia/machine-learning-y-deeplearning-como-entender-las-claves-del-presente-y-futuro-de-la-inteligencia-artificial>.
- [3] Jaramillo, M. A. P., & Berrú, Y. T. (2017). Aplicación móvil para la detección de somnolencia de un conductor aplicando visión artificial. *Revista Tecnológica-ESPOL*, 30(2).
- [4] Caballero Barriga, E. R. (2017). Aplicación práctica de la visión artificial para el reconocimiento de rostros en una imagen, utilizando redes neuronales y algoritmos de reconocimiento de objetos de la biblioteca opencv.
- [5] Arévalo, V., González, J., & Ambrosio, G. (2004). La Librería de Visión Artificial OpenCV. Aplicación a la Docencia e Investigación. *Base Informática*, 40, 61-66.
- [6] Calonge, L., & Romero, T. (2001). Redes neuronales y reconocimiento de patrones. *España: Universidad de Salamanca*.
- [7] Slim, M., Kachouri, R., & Atitallah, A. B. (2018, March). Customer satisfaction measuring based on the most significant facial emotion. In 2018 15th International Multi-Conference on Systems, Signals & Devices (SSD) (pp. 502-507). IEEE.
- [8] Kazemi, V., & Sullivan, J. (2014). One millisecond face alignment with an ensemble of regression trees. In Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition (pp. 1867-1874).
- [9] Angulo, F. (2009). De la geometría de Euclides a la geometría "a la Euclides": Procesos demostrativos mediados por Cabri Géomètre.
- [10] Geninatti, S., Gennai, G., Minnucci, G., Roatta, S., & Hendryk, L. (2008). EL ABORDAJE DE LOS SISTEMAS EMBEBIDOS MEDIANTE UN HARDWARE DIDÁCTICO. 1ª Jornadas de Experiencias Innovadoras en Educación en la FCEIA.
- [11] Richardson, M., & Wallace, S. (2012). *Getting started with raspberry PI*. "O'Reilly Media, Inc."
- [12] Quevedo López, N. (2012). *Estudio del parpadeo durante la conducción de vehículos (aspectos cognitivos y de flujo de información)* (Master's thesis, Universitat Politècnica de Catalunya).
- [13] Basco Prado, L., Fariñas Rodríguez, S., & Hidalgo Blanco, M. Á. (2010). Características del sueño de los pacientes en una unidad de cuidados intensivos. *Revista Cubana de Enfermería*, 26(2), 0-0.
- [14] Gupta, I., Garg, N., Aggarwal, A., Nepalia, N., & Verma, B. (2018, August). Real-Time Driver's Drowsiness Monitoring Based on Dynamically Varying Threshold. In 2018 Eleventh International Conference on Contemporary Computing (IC3) (pp. 1-6). IEEE.