

Sistema de alerta al conductor y disminución de la velocidad automática del vehículo para evitar accidentes por agotamiento

Driver alert system and decrease of automatic speed of the vehicle to avoid accidents by exhaustion

Mario Alexander Peralvo Clavón^a, Cristian Samuel Laverde Albarracín^b, José Andrés Castillo Reyes^c, Héctor Wilfrido Cerón Sánchez^d

^{a,b,c,d} Universidad Tecnológica Equinoccial, Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Universidad Internacional del Ecuador, Universidad Tecnológica Equinoccial

Correspondencia Autores: alexander.peralvo@ute.edu.ec, claverde@uteq.edu.ec, acastillo@internacional.edu.ec, cshw43740@ute.edu.ec

Recibido: octubre 2017, **Publicado:** diciembre 2017

Resumen— El propósito de este estudio analiza las distintas fases de agotamiento del conductor las que producen somnolencia y afectan al momento de conducir. La visión artificial y el procesamiento de imágenes que es una parte indispensable para la detección de rasgos faciales. Por este motivo se programó Labview 2012 en un procesador, para así poder detectar las distintas expresiones del rostro y movimientos del usuario. Se diseñó y se creó una tarjeta electrónica, con dos indicadores tanto auditivo como visual, que muestran en tiempo real lo que ocurre en el sistema.

Y finalmente se construyó un sistema de soporte y un dispositivo de frenado, para que conjuntamente con el servomotor realice la acción de frenar el auto en caso de un peligro latente (descuido, bostezo, parpadeo y cabeceo) al detectarlos en el conductor.

El diseño y la construcción, se lo hizo pensando en obtener un sistema que detecte rápidamente y alerte al conductor con el fin de evitar accidentes derivados del agotamiento como también de somnolencia así se puede tener un punto de partida para investigaciones futuras en la detección de uso de drogas y alcohol.

Palabras Claves— Agotamiento, cámara IP, Labview, placa Proteus, Sistema, servomotor, somnolencia, vehículo, visión artificial.

Abstract— The purpose of this study analyzes the different phases of driver exhaustion that cause drowsiness and affect the moment of driving. Artificial vision and image processing that is an indispensable part for the detection of facial features. For this reason, Labview 2012 was scheduled in a processor, so that it can detect the different expressions of the face and movements of the user.

It was designed and created an electronic card, it has two indicators both auditory and visual, which show in real time that happens in the system.

And finally, a support system and a braking pulley were built, for that jointly with the servomotor, Perform the braking action of the car in case of a latent danger (carelessness, yawning, blinking and pitching) when detected in the driver.

The design and construction, it did it thinking of obtaining a system that detects quickly and alert the driver in order to avoid accidents due to exhaustion as well as drowsiness, so you can have a starting point for future research in the detection of drug and alcohol

Keywords— Exhaustion, IP camera, Labview, Proteus plate, System, servomotor, drowsiness, vehicle, artificial vision.

I. INTRODUCCIÓN

El índice de accidentes de tránsito cada día va en aumento, lo que conlleva a tomar en cuenta este fenómeno, es por esto que la construcción e implementación de sistemas que ayuden a disminuir el número de accidentes es primordial ponerlos en marcha, el diseño de un sistema de alerta de agotamiento en los conductores se lo debe realizar, por un elevado número de accidentes que existen en las vías. En Ecuador la mayor causa de accidentes en las vías es la distracción con 21.33% y otro factor es la somnolencia con 2.56% estos datos fueron agendados en el año 2016, en el presente año hasta el mes de junio las estadísticas demuestran que el 15,62% fueron causados por distracción y un 2,36% por somnolencia, las causas del agotamiento se debe a las excesivas horas de trabajo, en las personas que laboran en transportes públicos (taxi y buses) y por otra parte en los vehículos privados, estos individuos salen de sus trabajos con cansancio físico o mental, esto produce una disminución de sus capacidades de percepción y sentido de conducción, el que puede acarrear a un accidente de tránsito o a un atropellamiento. [1]

Debido a estos altos índices de accidentes, diferentes compañías automotrices han investigado un sin número de formas de detectar el agotamiento en los conductores, que trabajan mediante signos vitales del conductor como son temperatura corporal, presión y frecuencia cardíaca; otro método también ejecutado es la lectura de ondas cerebrales, con la ayuda de sensores en la cabeza del usuario, se detecta el cambio neuronal que el individuo tiene y esta información es enviada al vehículo para crear una alerta de somnolencia; existe algunas corporaciones que han implementado en sus vehículos dispositivos en el volante para detectar si la persona tiene un desvío al momento de conducir y notificar que

existen factores de agotamiento; por último se ha realizado la lectura de gestos faciales que identifica mediante una cámara si el conductor está agotado. [2]

II. MATERIALES Y MÉTODOS

En el presente trabajo se propuso diseñar y construir un sistema de alerta al asiento del conductor y disminución de la velocidad del vehículo, basado en el procesamiento digital de imágenes con características faciales de correlación en tiempo real, que monitorice el comportamiento de los gestos de modo que pueda detectarse estados de baja alerta (somnia) como respuesta, se identificarán el descuido, bostezo, parpadeo, cabeceo y si se detectan estos cambio el conductor reciba una alarma y tome conciencia en la conducción.

Para iniciar con el desarrollo del proyecto se debe mencionar los factores que ayudan como precedente en la elaboración del sistema.

El agotamiento es un estado producido por el trabajo prolongado e intenso, la somnolencia es el efecto que produce en los sentidos, disminución de actividades motoras y de reacción causada por el sueño. Las definiciones anteriores deben ser tomadas en cuenta al conducir, ya que un conductor debe estar descansado y alerta cuando se encuentre en el volante. [3]

El agotamiento se divide en dos categorías, física y mental. El agotamiento mental es un estado que disminuye la alerta y el rendimiento para realizar una actividad causando sentimientos de inhibición y sensación general de somnolencia, mientras, el agotamiento físico es un fenómeno de reducción del desempeño muscular y de movimiento de un músculo después de una actividad causando problemas de coordinación y desempeño. [4],[5]

Al momento de conducir el estado de sueño o agotamiento produce la disminución de las capacidades fisiológicas del conductor y una menor respuesta ante circunstancias externas, lo que conlleva a un aumento de cometer errores y producir un accidente. Se recalca que los errores cometidos en la conducción son influenciados principalmente por el agotamiento mental, es por esto que a la hora de manejar se requiere un mayor esfuerzo cognitivo que físico. [6],[7]

Las causas que se presentan en el agotamiento del conductor se deben por las excesivas horas de trabajo, descanso inadecuado, conducción nocturna e irregulares horarios de trabajo. [8]

Se establece que durante el sueño el sistema nervioso periférico tiene dos cambios significativos, disminución de la actividad motora y el incremento de los estímulos externos, por ellos la actividad del sueño NMOR disminuye los movimientos corporales y se manifiestan por tonos musculares, mientras que en el sueño MOR se presenta la musculatura esquelética y excluyendo la ocular. [9]

Es primordial trabajar en la primera etapa del sueño (sueño paradójico), debido a que en esta etapa aumenta

el movimiento ocular y además el conductor se encuentra más relajado, es por esto que se lo llama sueño MOR, sin embargo, las circunstancias ambientales externas inducen a que las personas se despierten fácilmente, disminuyendo la cantidad de sueño. [10]

Las medidas fisiológicas se evalúan según el tiempo necesario para que un sujeto demuestre signos de agotamiento, basado en la expresión facial y/o movimientos corporales. Entre los aspectos que de forma visual permiten identificar al agotamiento son los movimientos de la cabeza, el descuido involuntario en la realización de actividades, el cabeceo por un agotamiento profundo del ser humano, el parpadeo y el bostezar; parámetros que se pueden visualizar por análisis mediante imágenes corporales. [11]

El parpadeo es el cierre y apertura rápida de los párpados. La velocidad del parpadeo puede verse afectada por elementos como el agotamiento, lesiones en los ojos, los medicamentos y enfermedades, pero también puede verse afectada por estímulos externos. Un bostezo es la acción incontrolada de abrir la boca, con separación muy amplia de los maxilares, para realizar una inhalación profunda trayendo oxígeno hacia los pulmones y consecuentemente a la corriente sanguínea, con cierre final de la apertura bucal, las estructuras anatómicas y los sistemas neuroquímicos comunes intervinientes en el bostezo, el ciclo sueño-vigilia y la epilepsia del lóbulo temporal, permite postular que el bostezo sería la expresión de un sistema de protección. [12]

Una vez comprendidos las expresiones faciales y movimientos corporales es necesario instruirse sobre la visión artificial.

La visión artificial, es un sub campo de la inteligencia artificial, el objetivo principal de la visión artificial es que reconozca una característica o una escena de una imagen basada en la programación. [13]

La visión artificial presenta dificultades en varios aspectos como es la ambigüedad que es la versatilidad de la forma de un mismo objeto, cambios de iluminación que producen errores de información ante la creación de sombras y reflejos, cambios de escala provoca un mayor uso de recursos del hardware, debido al seguimiento de cuerpos y empezar un nuevo análisis, la deformación da confusiones al sistema al momento que se da una búsqueda y el objeto se pierde, la oclusión es la obstrucción del objetos que se quiere captar tanto en el frente y en la parte posterior teniendo pérdida de información en el procesamiento. [14]

Por las dificultades detalladas en anterioridad se debe realizar el procesamiento de imágenes, consiste en que la imagen original es extraída, transformada y mejorada en una imagen de mejor calidad. Existen varios puntos como son el pre-procesamiento de imágenes, segmentación, parametrización y reconocimiento. [15]

El pre-procesamiento de imágenes se realiza para perfeccionar y enfatizar elementos de las imágenes. Se divide en 2 procesos: conversión de una imagen RGB a

escala de grises y ecualización del histograma facilita la resolución del problema de realce en una imagen mediante la distribución de la luminancia de los píxeles. La segmentación consiste en dividir en partes uniformes con respecto a las características de la imagen. Por ello, puede analizar el fondo y distinguir los objetos de la imagen con el fin de facilitar el análisis en el reconocimiento de imágenes.

La parametrización o selección de objetos es un proceso de extracción de las características de los objetos y realizar una clasificación. [16]

Una vez obtenida una imagen correcta, el siguiente punto a tratar es el asistente de visión que consisten los siguientes temas:

El reconocimiento e interpretación se basa en segmentar y agrupar las características de los objetos de una misma clase en una escena. La misión de la programación de clasificación es diferenciar entre objetos distintos en un universo de trabajo. Los clasificadores facilitan determinar de manera automática el tipo o clase de un objeto en un universo de trabajo y convertirlo en un patrón. Es decir, un patrón es una instancia particular de un vector de características determinado. Una vez determinadas las características discriminantes para un problema concreto, la clasificación de un objeto comienza por la obtención de su patrón. El siguiente paso consiste en determinar la proximidad o grado de pertenencia de este patrón a cada una de las clases existentes. A este efecto se definen las funciones discriminantes o funciones de decisión como aquellas funciones que asignan a un patrón un grado de semejanza respecto a cada una de las diferentes clases. [17]

Para la visión artificial existen varios softwares que trabajan en el área de procesamiento de imágenes, las plataformas mejor diseñadas y utilizadas son: Python, LabVIEW y MATLAB

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los componentes que forman parte del sistema de detección de agotamiento son una cámara, que cumple la función de captar los diferentes rasgos del rostro del conductor, cuando está en estado normal como también de agotamiento, mediante el uso del programa que viene incluido en el paquete de adquisición de la cámara.

Laptop, es el dispositivo que facilita el enlace entre la cámara y la placa diseñada, mediante el uso de un programa de procesamiento de imágenes, para detecta rasgos particulares de una persona y emita señales de acuerdo al estado en que se encuentre el individuo.

Placa electrónica es el componente que procesa diversas señales emitidas por la laptop y son enviadas a los componentes de alerta, debido al agotamiento del conductor, por lo que se convierte en el nexo que da vida al sistema. Los datos específicos de este dispositivo y la programación necesaria para que realice las diversas labores, se detallarán más adelante.

Componentes de alerta, son usados para dar una señal

al conductor de presencia de agotamiento, se lo realiza a través de la alarma que informa con sonidos bajos, medianos y fuertes. El servomotor que actúa en la disminución de la velocidad del vehículo mediante frenados repetitivos. La pantalla LCD y los leds que anuncian con información visual lo que ocurre en el sistema.

Y otros elementos adicionales como: cables, pernos, el acople de frenado y los elementos electrónicos de accionamiento que forman parte de esta herramienta, pues cumplen funciones básicas, muy conocidas, sin embargo, complementan a la creación del sistema. Analizar datos, valores curvos obtenidas en el proceso de desarrollo del artículo o investigación.

Los componentes principales en el proyecto son: la video cámara, dispositivo de alerta, dispositivo de frenado.

En la tabla 1 se presenta una comparación entre otras marcas con similares características, se muestra en verde las características que cumplen con los requerimientos y en rojo las características que no son aptas para desarrollar el proyecto, para la selección se consideraron 3 modelos, la cámara de marca Genius FaceCam 321 no es idónea para realizar el proyecto, ya que se necesita una función de visión nocturna y este dispositivo no la posee, debido a que no posee ni un led.

Las otras marcas cumplen con las especificaciones deseadas, sin embargo, la cámara Omega 300k, ofrece una calidad menor y menos leds que el de la marca Hikvision, pero su costo es menor, dados estos valores y al analizar que la mayoría del proyecto esta guiado a trabajos en la noche, se necesita una visión nocturna de buena calidad para ejecutar el procesamiento de imágenes, además que su costo es favorable, se opta por utilizar este modelo.

Tabla I
Análisis de marcas de videocámaras.

Marca	Omega 300k	Genius FaceCam 321	Hikvision DOMO
Resolución de video	600 x 200 a 15fps 640 x 480 a 30fps	VGA@ 30fps	720p a 25fps 720p a 30fps
Sensor	CMOS (300k píxeles)	CMOS (VGA pixel)	CMOS de 1280 x 720 (HD)
Leds montados	M6	M0	M12
Precio	\$16,00	\$ 22,00	\$ 40,00

Para la alerta del conductor se planteó y se analizó 2 propuestas de dispositivos que puedan alertar y despertar al conductor si se encuentra en peligro debido a somnolencia o agotamiento.

Buzzer: es un componente que emite una alerta sonora y es de fácil audición, la función principal de este dispositivo es realizar sonidos bajos-pausados, medianos-continuos y fuertes-continuos y sirva de alerta para un grupo de personas.

Sistema de alerta al conductor y disminución de la velocidad automática del vehículo para evitar accidentes por agotamiento

Vibrador: Dispositivo o aparato eléctrico que tiene un movimiento vibratorio, son aparatos accionados por un motor, que por medio de un desequilibrio definido generan vibraciones mecánicas de diferente frecuencia y amplitud.

Una vez analizados estos 2 tipos de componentes, se seleccionó el Buzzer, debido a que este dispositivo alerta al conductor como a los demás ocupantes del vehículo.

Para la disminución de la velocidad del vehículo se planteó y analizó varias propuestas de dispositivos que posean mecanismos que realicen un trabajo de giro, mediante una señal enviada por la tarjeta electrónica, dando como resultado los siguientes dispositivos los que se detallaran posteriormente:

Motor DC: Los motores de corriente continua giran libremente y a una velocidad alta, pero aún si se controla con extremada precisión la corriente necesaria buscando fijar con exactitud el tiempo de arranque y detención del motor es complicado determinar un grado de freno del componente, ya que al cortar la corriente la armadura no se detiene y continúa moviéndose por inercia, depende de variables del entorno y de la construcción, su velocidad inicial no es la máxima y controlar el grado de giro es imposible.

Motor paso a paso: Estos motores tienen varios bobinados que para producir el avance de ese paso deben ser alimentados en una adecuada secuencia, para esto requiere un circuito de control que es el responsable de realizar la conmutación, típicamente los motores y sus controladores se diseñan de manera que el motor se pueda mantener en una posición fija para que se lo pueda hacer girar en un sentido y en el otro. La mayoría de los motores paso a paso conocidos se pueden hacer avanzar a frecuencias de audio, lo que les permite girar muy velozmente con un controlador apropiado, se los puede hacer arrancar y detenerse en un instante en posiciones controladas, sin embargo, uno de los problemas es que la mayor capacidad de torque se produce a baja velocidad y en el sistema se necesita que trabaje a velocidades altas

Servomotor: Comúnmente conocidos como servo, es un tipo especial de motor con características especiales de control de posición. Al hablar de un servomotor se hace referencia a un sistema compuesto por componentes electromecánicos y electrónicos. Ver figura 1.

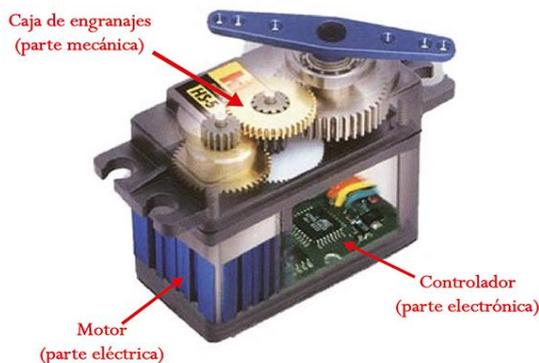


Fig. 1. Partes de un servomotor.

El motor en el interior de un servomotor es un motor DC común y corriente. El eje del motor se acopla a una caja de engranajes similar a una transmisión, esto se hace para potenciar el torque del motor y permitir mantener una posición fija cuando se requiera, de forma similar a un automóvil.

Una vez analizados estos 3 tipos de motores, se seleccionó el servomotor, debido a que es un conjunto de componentes: un motor DC, una caja de engranajes para potenciar el torque del motor y permitir mantener una posición fija, un circuito electrónico es el encargado de manejar el movimiento y la posición del motor, permitiendo elegir libremente los grados que se desea realizar. Además, la propiedad que los hace únicos es la capacidad de mantener un torque constante en toda su gama de revoluciones sin la necesidad de dispositivos agregados.

Para obtener la fuerza del pedal de freno, se utilizó un dinamómetro, el que proporcionó un valor promedio de 245N. Para realizar los cálculos se utilizó, la distancia de 0,28m de la varilla del pedal del freno, una vez realizados los cálculos el freno tiene un torque de 68.6 Nm.

Se diseñó y construyó un soporte para el dispositivo de frenado, las medidas se establecieron tomando en cuenta la posición adecuada de donde está el servomotor dentro del vehículo y no impida el funcionamiento de los pedales. Ver figura 2.

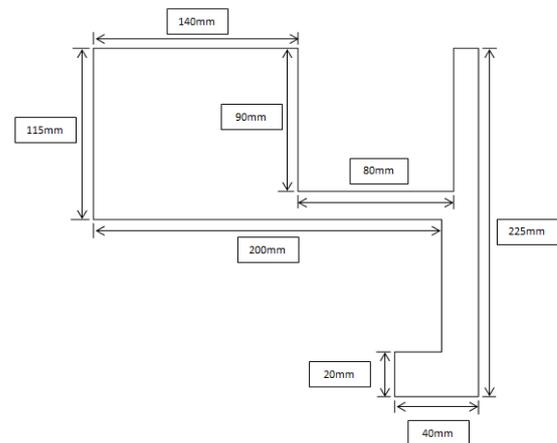


Fig. 2. Diseño del soporte del servomotor

Se diseñó una placa en el programa ARES (Software de Edición y Ruteo Avanzado); con la ubicación y edición de componentes, para después enviar a la construcción de la placa, esta fue realizada en resinas de fibra de vidrio y la soldadura de los componentes electrónicos se realizó mediante el uso de estaño y caudín. Ver figura 3.



Fig.3. Placa Proteus.

En la parte de la visión artificial para la detección de los patrones de cansancio del conductor, se utilizó el software Labview 2012, debido a que posee un entorno de sistemas gráficos y su facilidad es que no utiliza codificación basadas en texto, facilita la creación de sistemas a través de programación gráfica intuitiva e integración de componentes. Se obtiene una imagen de una cámara y se analiza las distintas zonas del rostro.

La visión artificial empieza con la creación de un proyecto, se crea distintos VIs que son las diversas carpetas o ventanas para que exista organización, el principal VI cuenta esencialmente de una interfase con la parte frontal, ver figura 4, es la parte donde el usuario tiene acceso, consta de varias partes que se pueden manipular y modificar ciertos parámetros.



Fig.1. Interfaz frontal.

Para la adquisición de la imagen se crea un elemento IMAQ, este genera una ubicación virtual para una imagen o una grabación temporalmente, se la puede

crear utilizando los bloques de elementos, en el VI de diagrama de bloques, al momento que empieza a trabajar da la factibilidad de escoger un video grabado o una adquisición en tiempo real desde una cámara, para poder analizar y trabajar estas secuencias, además el toolkit otorga la función de obtención de imágenes, al abrir el elemento adquisición de visión, labview reconoce y otorga todas las cámaras instaladas o conectadas en el computador, se escoge el dispositivo que se va a utilizar, luego se selecciona adquisición continua con el procesamiento en línea y finalizar. Ver figura 5.

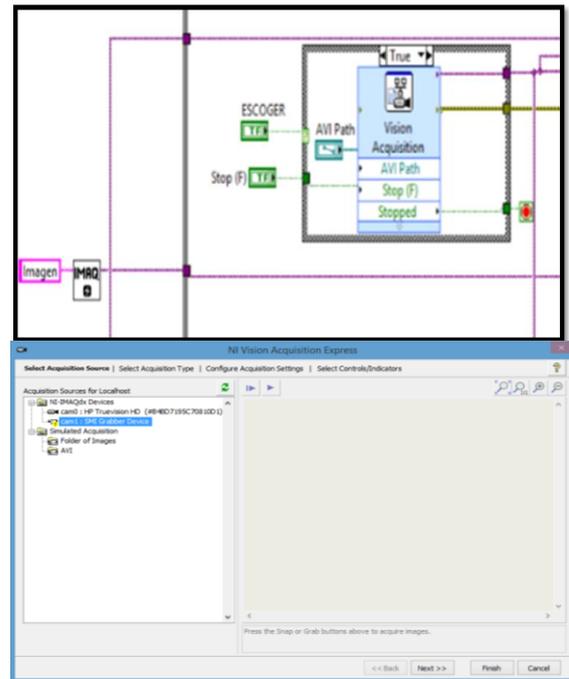
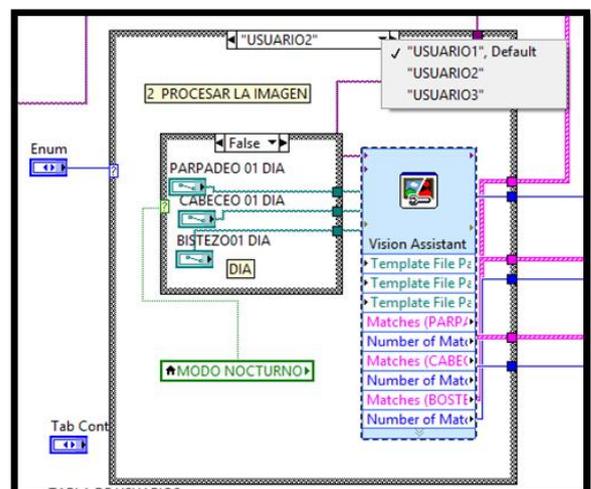


Fig. 5. IMAQ y adquisición de imagen.

Una vez que ya se encuentre configurada la videocámara o el convertidor de video, se crea tres bloques, llamado asistente de visión, facilita el procesamiento de imágenes, en cada uno de los bloques se detecta las distintas facciones de los conductores debido a la ambigüedad de los rasgos entre una persona y otra. Ver figura 6.



Sistema de alerta al conductor y disminución de la velocidad automática del vehículo para evitar accidentes por agotamiento

Fig.6. Asistente de visión.

Si se abre cualquiera de los bloques de asistente de visión, se debe realizar varios procesos para obtener el resultado final, como son: la máscara de imagen, en este paso se realizó la segmentación y elección del área a analizar (rostro y boca); la coincidencia de patrones en este paso se realizó la selección del área a trabajar (ojos, boca, parte frontal y lateral del rostro) para la detección de los rasgos. Ver figura 7.

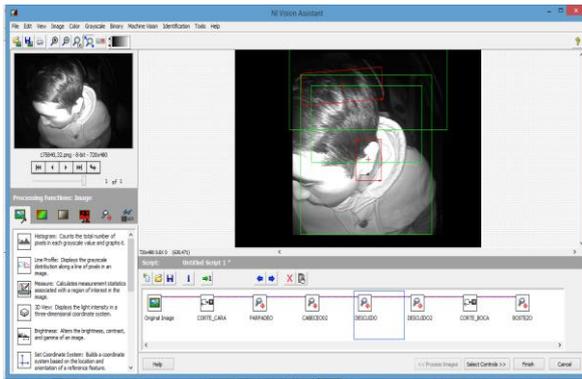


Fig.7. Delimitación del área de análisis y Creación del modelo de rasgo.

La siguiente etapa del proyecto en Labview, está compuesta por 3 fases, la primera fase es para crear el OSD para ver el área de trabajo, la segunda fase se analiza si se detecta un rasgo de agotamiento o somnolencia en el conductor y se crea un sistema de banderas, al recibir una muestra crea una bandera, si esta bandera es mayor que 1, envía esta información a la fase 3, en la tercera fase se compara los códigos recibidos, en el OSD se visualiza la palabra alerta (bostezo, descuido y parpadeo) o peligro cabeceo en la pantalla, y envía a la tarjeta la letra A, B, M, P respectivamente a los síntomas descritos anteriormente para que funcione el sistema de alerta hacia el conductor. Ver figura 8.

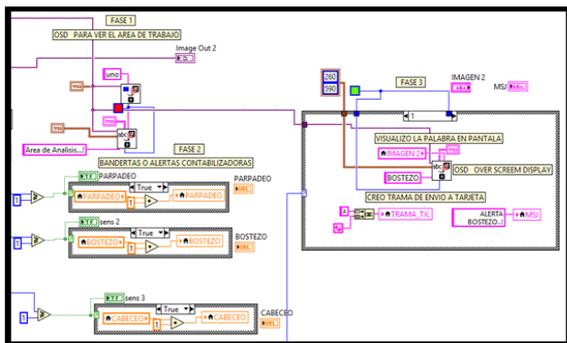


Fig.8. Delimitación del área de análisis y Creación de los témplate

El comparador de muestras, es el encargado de censar el número de detecciones que ha tenido el sistema, se lo ha configurado de acuerdo a los siguientes parámetros:

Bostezo = 1 señal detectada, activa alarma sonido bajo.

Descuido = 1 señal detectada, activa alarma sonido medio.

Parpadeo = 9 señal detectada, activa alarma sonido alto.

Cabeceo = 1 señal detectada, activa (alarma sonido alto, servomotor y luces de parqueo).

El contador, se lo realiza con dos timer, el primer timer se encarga de contar el número de señales detectadas (tramas) en el conductor y se reinicia cada 3 segundos, se usa este bloque porque si no existiera el sistema siempre estaría en alerta contando infinitamente las señales. El segundo se encarga de enviar las señales detectadas a la tarjeta. Ver figura 9.

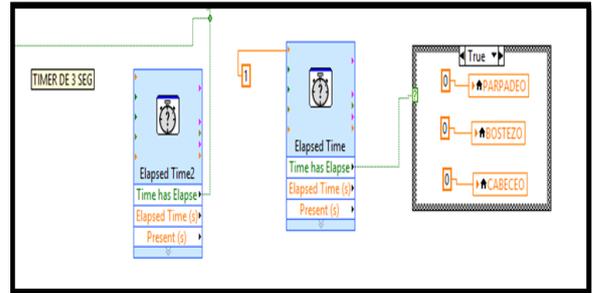


Fig. 2. Contabilizador de tiempos.

Los elementos ver figura 10, que comprenden a la etapa de adquisición de las imágenes son:

La cámara IP se encuentra ubicada en la parte superior – izquierda del parabrisas delantero justo en frente del conductor, se lo colocó en esta ubicación debido a que se necesita una buena captación del rostro del conductor y la tarjeta Proteus fue ubicada en la parte posterior de la gaveta en una caja de protección.

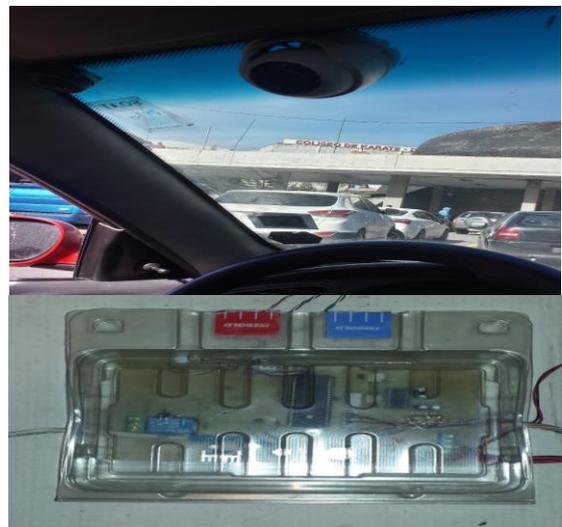


Fig.10. Componentes de adquisición de imágenes

Los componentes de alerta visual, se colocaron en la parte delantera central del vehículo para que el conductor tenga una fácil visualización de lo que ocurre en el sistema, además el buzzer se lo ubico directamente en el cabezal del asiento del conductor para un correcto trabajo auditivo. Ver figura 11.



Fig. 11. Componentes de alerta auditiva y visual.

Para el frenado del vehículo, el servomotor se instaló en el soporte construido y anclado con pernos para un trabajo confiable, la unión entre el pedal y el dispositivo se la realizó mediante un cable flexible. Ver figura 12



Fig.12. Ubicación del servomotor y soporte.

Para empezar las pruebas de funcionamiento, se ingresa al programa labview 2012 para dar comienzo a la visión artificial, el funcionamiento del dispositivo empieza con el encendido del vehículo, el sistema indica que pasó a un estado de tarea con pitidos del buzzer y encendido de las luces leds, una vez puesto en marcha en la pantalla LCD se muestra sistema ok, permanecerá encendido indicando que no existe ninguna inhabilitación en el sistema.

El VI figura 13, principal cuenta con las siguientes características.



Fig.13. Descripción del VI principal.

Cuando el sistema no detecta la presencia de ningún rasgo de agotamiento o somnolencia en el conductor, por lo que el dispositivo se encuentra en estado OK.

El programa detectó la señal de descuido del conductor y mandó a encender un cuadrado en la parte lateral del individuo de color rojo como se aprecia en la figura 14, cuando esto sucedió la alarma se encendió en sonidos pausados bajos, posteriormente la persona

volvió al estado normal, el buzzer deja de sonar y el sistema regresó a la normalidad automáticamente.



Fig.14. Prueba en estado descuido del conductor.



Fig.15. Prueba en estado bostezo del conductor.

El programa detectó la señal de bostezo del conductor y mandó a encender un cuadrado en la parte de la boca del individuo de color rojo, ver figura 15, cuando esto sucedió la alarma se encendió en sonidos pausados medios, posteriormente la persona volvió al estado normal, el buzzer dejó de sonar y el sistema regresó a la normalidad automáticamente.

El programa detectó la señal de parpadeo del conductor y mandó a encender un cuadrado en la parte de los ojos del individuo de color rojo, ver figura 16, cuando esto sucedió la alarma se encendió en sonidos continuos altos, posteriormente la persona volvió al estado normal, el buzzer dejó de sonar y el sistema regresó a la normalidad automáticamente.



Fig.16. Prueba en estado parpadeo del conductor.

Sistema de alerta al conductor y disminución de la velocidad automática del vehículo para evitar accidentes por agotamiento

El programa detectó la señal de cabeceo del conductor y mandó a encender un cuadrado en la parte del cabezal de color rojo como se aprecia en la figura 17, cuando esto sucedió la alarma se encendió en sonidos continuos altos, el servomotor disminuyó la velocidad del vehículo y se prendieron las luces de parqueo como alarma visual exterior; para que el sistema volviera a la normalidad el usuario aplastó el pulsador de resetear y el sistema se puso en modo ok.



Fig.17. Prueba en estado cabeceo del conductor.

En la figura 18, se observa el diagrama de flujo del sistema de alerta al asiento del conductor y disminución de la velocidad del vehículo por agotamiento del conductor.

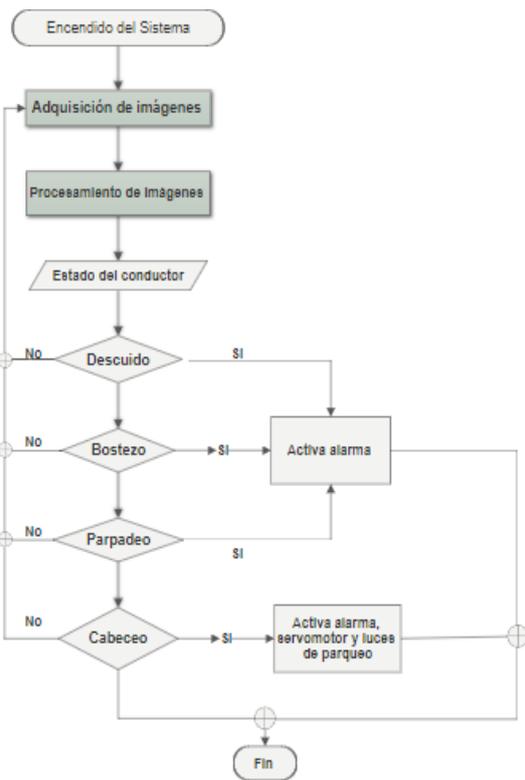


Fig.18. Diagrama de flujo del sistema

Una vez calibrado el sistema y haber realizado las correcciones necesarias, en todos los rasgos faciales del conductor, permitió establecer y definir parámetros de funcionamiento, así se verificó cómo se comporta el proyecto en situaciones reales.

Se decidió optar por tres tipos de horarios y rutas:

- Ruta 1 circulación en la ciudad hora nocturna.
- Ruta 2. circulación avenida perimetral hora madrugada.
- Ruta 3 circulación carretera hora mixta.

IV. CONCLUSIONES

1. Se comprobó que el sistema de alerta al asiento del conductor y disminución de la velocidad del vehículo por agotamiento del conductor, funcionó correctamente porque los indicadores visuales y auditivos realizaron el trabajo adecuadamente al detectar un rasgo de agotamiento y el vehículo disminuyó la velocidad al hallar estados de somnolencia en el usuario.
2. Al comparar los distintos tipos de sistemas de alerta de agotamiento, se analizaron 4 procedimientos que son: la lectura de ondas cerebrales no fue factible debido a que los equipos son muy costosos y voluminosos, la lectura de signos vitales no resultó viable porque depende del tipo y calidad de vida que lleve el conductor, sensor de desvío en el volante no era conveniente a causa de que solo detecta un patrón y por último se seleccionó la lectura de gestos faciales debido a que se puede detectar con facilidad los comportamientos que tiene una persona al sufrir agotamiento.
3. Se contrastó 3 tipos de softwares para el desarrollo de la visión artificial, como resultado se obtuvo: Python no se usó porque usa un lenguaje C y necesita de un experto en programación; Matlab no fue factible, debido al lenguaje M usado en esta plataforma y los diversos algoritmos que se debe utilizar; y por último se seleccionó el programa Labview por el lenguaje G, además por la facilidad en control y diseño en tiempo real.
4. Se concluyó que se existen diferentes movimientos corporales y gestos faciales cuando una persona presenta síntomas de agotamiento, con la investigación y el análisis se determinó que el descuido, el bostezo y disminución del parpadeo son síntomas del organismo de un individuo que da una alerta cuando se encuentra por debajo de lo normal, además el cabeceo es un movimiento involuntario que se presenta cuando hay somnolencia. En la construcción e implementación del sistema, se decidió utilizar una videocámara HD con leds incorporados, debido a que la mayoría de gestos de agotamiento como de somnolencia se presentan en la noche y así obtener una visión artificial correcta, se determinó que para el trabajo del servomotor, se debe usar un ángulo de 180 grados con un giro pausado, para que la disminución de la velocidad sea progresiva y no brusca, además se colocó un pulsador de fácil acceso para el conductor, para retornar el servomotor de la posición de trabajo a la de reposo y deshabilitar las luces de parqueo.
5. El resultado que proporcionó las pruebas en situaciones reales fueron exitosas, porque se reconoció los gestos faciales y movimientos corporales fácilmente, tanto en el día como en la

noche y los indicadores como actuadores funcionaron tal como se proyectó en esta investigación, además se constató que el sistema de disminución de la velocidad del vehículo tiene una precisión alta, debido a que el tiempo de actuación del servomotor es de 0,36 segundos en realizar su recorrido.

REFERENCIAS

1. Tránsito, A. N. (31 de 01 de 2017). Agencia Nacional De Tránsito. Recuperado el 01 de 02 de 2017, de Estadísticas de transporte terrestre y seguridad vial: <http://www.ant.gob.ec/index.php/noticias/estadisticas#.WXVe-4TyvIU>
2. Oscar Barrera, J. R. (2012). Sistema de seguridad y confortabilidad. Madrid: Paraninfo.
3. RAE. (08 de 12 de 2016). Real Academia Española. Obtenido de Real Academia Española: <http://www.rae.es/>
4. Grandjean, E. (1979). Fatiga en la Industria. Revista Inglesa de Medicina Interna, 36, 175-186.
5. Wisner, A. (1981). Estrés organizacional, carga cognitiva y sufrimiento mental. (S. M. G., Ed.) Máquina de estimulación y el estrés ocupacional., 37-44.
6. Nilsson, T. (1997). Desarrollo de síntomas de fatiga durante la conducción simulada. (N. T. T., Ed.) Analisis de accidentes, 79(4), 479-488.
7. Neurofeedback. (10 de 12 de 2014). Neurobiofeedback. Recuperado el 22 de 12 de 2016, de Neurobiofeedback: <http://www.neurobiofeedback-neuroterapia.com/item/psicoanalisis-el-sueno-como-estado-fisiologico-y-el-posible-lenguaje-de-estos.html>
8. ACHS. (2007). Antecedentes sobre fatiga en la conducción de vehículos. ISSN 0718-4700. (V. M. Vanessa Valbuena, Ed.) Boletín Técnico de Ergonomía., 3.
9. Charles, G. (2005). Introduccion a la Psicología. En G. Charles, Sistema Nervioso Periférico (págs. 73-98). Mexico: Prentice Hall.
10. Aguirre, R. (2013). Medicos Ecuador. Recuperado el 05 de 01 de 2017, de Cambios fisiologicos en el sueño. Revista Ecuatoriana de Neurología.: http://www.medicosecuador.com/revecuatneuro/vol22_n1-3_2013/9-Cambios.pdf
11. Weinberg S R, G. D. (2010). Fundamentos de Psicología del deporte y del ejercicio físico. (4 ed.). España, Madrid: Editorial Médica Panamericana.
12. Gonzalez, B., Lacasta, M., & Ordoñez. (2008). El Síndrome de Agotamiento Profesional. España, Madrid: Editorial Médica Panamericana.
13. Carloza, M. (2013). Robótica y visión artificial. Alicante: Grupo de Visión Robótica de la Universidad de Alicante.
14. Humberto, A. S. (2014). Visión artificial: rasgos descriptores para el reconocimiento de objetos. Valencia: RA-MA S.A. Editorial y Publicaciones.
15. Castillo, Y. A. Prototipo computacional para la detección y clasificación de expresiones faciales mediante la extracción de patrones locales binarios. Prototipo computacional para la detección y clasificación de expresiones faciales mediante la extracción de patrones locales binarios. Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ciencias e Ingeniería. Mención: Ingeniería Informática, 2015, Perú
16. Sossa Azuela, R. M. (2011). Procesamiento y Análisis Digital de Imágenes. Madrid: RA-MA S.A. Editorial y Publicaciones.
17. Molleda, J. (2008). Técnicas de visión por computador para la reconstrucción en tiempo real de la forma 3D de productos laminados. Oviedo: Universidad de Oviedo.