



Asesorías y Tutorías para la Investigación Científica en la Educación Puig-Salabarría S.C.
José María Pino Suárez 400-2 esq a Lerdo de Tejada. Toluca, Estado de México. 7223898476
 RFC: ATI120618V12

Revista Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores.

<http://www.dilemascontemporaneoseducacionpoliticayvalores.com/>

Año: IX

Número: 1

Artículo no.:54

Período: Septiembre, 2021

TÍTULO: Tecnología de visión artificial para disminuir accidentes terrestres de unidades de la cooperativa San Cristóbal.

AUTORES:

1. Máster. Cristian Yovao Dorado Ceballos.
2. Máster. Danny Mauricio Sandoval Malquín.
3. Ing. Daniel Paúl Rodríguez Guzmán.

RESUMEN: Con el desarrollo del sistema con tecnología de visión artificial, se brinda un sin número de opciones en este caso para la disminución de mortalidad en accidentes de tránsito, este tipo de dispositivos evita el estado de somnolencia del conductor dando una alerta, el cual está basado en tecnología de visión artificial con una arquitectura específica separada en tres elementos: raspberry pi3+, cámara y parlante. Se enfatiza la visión artificial, en las unidades de transporte de la cooperativa San Cristóbal, aportando a la sociedad tranquilidad a la hora de viajar en los vehículos de transporte masivo de personas, sin tener temor de que el conductor se duerma y sufra un accidente, reduciendo la mortalidad y costos en riegos accidentales.

PALABRAS CLAVES: visión artificial, accidentes de tránsito, Raspberry pi3 +.

TITLE: Artificial vision technology to reduce land accidents of San Cristobal cooperative units.

AUTHORS:

1. Master. Cristian Yovao Dorado Ceballos.
2. Master. Danny Mauricio Sandoval Malquín.
3. Eng. Daniel Paúl Rodríguez Guzmán.

ABSTRACT: With the development of the system with artificial vision technology, a number of options are provided in this case to reduce mortality in traffic accidents, this type of device avoids the drowsiness of the driver by giving an alert, which is based on in computer vision technology with a specific architecture separated into three elements: raspberry pi3 +, camera and speaker. Artificial vision is emphasized in the transport units of the San Cristóbal cooperative, providing society with peace of mind when traveling in mass transit vehicles, without fear that the driver will fall asleep and suffer an accident. reducing mortality and costs in accidental risks.

KEY WORDS: artificial vision, traffic accidents, Raspberry pi3 +.

INTRODUCCIÓN.

A nivel mundial se está desarrollando el proceso de reconocimiento de rasgos humanos mediante el uso de cámaras digitales, es por eso que actualmente se pueden reconocer rostros de personas a larga distancia o cuando existe gran afluencia de personas en un lugar; entonces, se puede observar que este proceso está dando grandes resultados y con el avance tecnológico cada vez es mucho más preciso; también se ha creado dispositivos que permiten codificar el iris del ojo y la huella digital mediante un dispositivo denominado scanner digital que permite decodificar los patrones del ojo o huella digital de cada persona (Suárez & Guarda, 2019).

El problema presentado conforme a estadísticas de estudios anunciados por la Organización Mundial de la Salud, se tasa que 1,35 millones de personas mueren por causa de accidentes de tránsito; de ellos, su mayoría son causados por inatención, cuyos factores principales son la somnolencia como

la distracción. Se deduce que la inatención provoca entre un 10% y 20% de accidentes y casi-accidentes en el Mundo (Meliá, 1999).

Los accidentes de tránsito son cada día más frecuentes con la aparición de nuevos vehículos en los parques automotores de las ciudades de Ecuador; existen diferentes razones para que se generen accidentes de tránsito como son: exceso de velocidad, conducir con llantas en más estado, somnolencia, etc., la somnolencia de los choferes es una causa importante por la que se provocan accidentes de tránsito y es causante de alrededor del 10% de este tipo de tragedias en el país según un estudio estadístico realizado en el 2010 por la Agencia Nacional de Tránsito ANT, por lo cual se ha realizado la presente investigación con el fin de contribuir a erradicar este tipo de siniestros. (Garcés., et al, 2015)

Las diferentes causas de accidentes de tránsito en las unidades de la Cooperativa San Cristóbal de la ciudad de Tulcán es la distracción del conductor que con lleva a una pérdida de control del bus, al igual que el cansancio de los conductores que puede acarrear el sueño y esto conlleva a un accidente automovilístico, incluso la causa de que el conductor se encuentre con efectos de alcohol puede dar una inminente pérdida de conocimiento, todo esto son la mayoría de razones por las cuales son la disminución muy alta la mortalidad de personas que se transportan en las unidades de la cooperativa San Cristóbal (Gras., et al, 2008)

Como formulación del problema se define ¿Cómo evitar accidentes de tránsito en la cooperativa de transporte San Cristóbal de la ciudad de Tulcán?, su línea de Investigación está enmarcada en el desarrollo de software.

El objetivo general se definió como desarrollar un sistema informático con tecnología de visión artificial (Carzola, 2001) para evitar accidentes de tránsito en la cooperativa San Cristóbal de la ciudad de Tulcán y sus objetivos específicos son: fundamentar bibliográficamente acerca de accidentes de tránsito y tecnología de visión artificial, diagnosticar la situación actual de los

accidentes de tránsito de la cooperativa de transporte San Cristóbal, determinar los elementos constitutivos del sistema informático con tecnología de visión artificial para disminuir los accidentes de tránsito en las unidades de transporte de la cooperativa San Cristóbal y validar la propuesta mediante expertos

La población o universo para la realización de la presente investigación se encuentra constituida por los empleados y conductores de la cooperativa de transporte San Cristóbal de la ciudad de Tulcán, los cuales son alrededor de 160 personas quienes son los directamente beneficiados en el proceso de la detección del sueño en los conductores de la cooperativa de transporte.

Muestra:

$$n = \frac{Z^2 * P * Q * N}{e^2(N - 1) + Z^2 * P * Q}$$

$$n = \frac{1,96^2 * 0,5 * 0,5 * 160}{0,1^2 * (160 - 1) + 1,96^2 * 0,5 * 0,5}$$

$$n = \frac{153,66}{2,5504}$$

$n = 60$ Encuestas.

Puesto que la población es de alrededor de 160 personas, y tomando en cuenta que se aplicó en la fórmula el 10% de error el resultado de la muestra con la que se trabajó en el presente proyecto de investigación es de 60 encuestas.

DESARROLLO.

Metodología.

Paradigma cuali-cuantitativo.

Considerando el avance de la tecnología y el área que abarca el presente trabajo de investigación; Sistema informático con tecnología de visión artificial para evitar accidentes de tránsito en la cooperativa San Cristóbal de la ciudad de Tulcán, se toma en cuenta dos modalidades, la modalidad

cuantitativa, debido a que recoge y analiza datos sobre variables con sumo detalle; en este caso, se lo realizó por medio de encuestas a los empleados y conductores de los vehículos de la cooperativa de transporte y la modalidad cualitativa, porque se ha tomado en cuenta la toma de muestras pequeñas mediante un análisis comparativo y descriptivo abarcando una parte de la realidad.

Investigación descriptiva.

Se aplica en la presente investigación, porque busca determinar el estado de la realidad, o situación sobre el problema de somnolencia al volante, además determina el sentir y opinión de las personas en este caso los empleados y conductores de la cooperativa San Cristóbal de la ciudad de Tulcán a través de la encuesta, elaborando planes más inteligentes que permitan mejorar su servicio. El objetivo no es solo determinar la somnolencia de los conductores, sino también comparar las diferentes situaciones que producen que el conductor se quede dormido.

Investigación de campo.

Se aplica, ya que los datos recolectados se obtienen de los empleados y conductores de la cooperativa de transporte San Cristóbal de la ciudad de Tulcán, para posteriormente realizar el proceso de sistematización, y emitir informes basados en la realidad de los datos obtenidos.

Investigación aplicada.

El principal objetivo es resolver problemas prácticos, en el presente tema se aplica en el desarrollo de la aplicación de visión artificial para evitar los accidentes de tránsito por somnolencia; de esta forma, se presenta aportes al conocimiento científico basado en un punto de vista teórico; este tipo de investigación se encarga de combinar la teoría de los temas relacionados a control de somnolencia y automatización con su puesta en práctica; mediante el desarrollo del sistema informático con tecnología de visión artificial, combina la teoría y la práctica, aplicando de este modo, la teoría conjuntamente con la práctica para dar una solución (Vazquez, 2018).

Instrumentos de investigación.

Para la encuesta se aplica cuestionario o test.

Interpretación de los resultados.

Encuesta dirigida a los empleados y conductores de la cooperativa de transporte San Cristóbal de la ciudad de Tulcán.

Pregunta 1: ¿Conoce usted lo que es la tecnología Raspberry PI?

Tabla 1. Conocimiento tecnológico.

Pregunta Nro. 1		
Opciones	Cantidad	Porcentaje (%)
Si	7	11,67%
No	53	88,33%
Total	60	100%

Fuente. Investigación de campo.

Interpretación de datos.

La mayoría de las personas encuestadas no conocen a cerca de la tecnología Raspberry PI, ya que no han interactuado con este tipo de dispositivos; por lo cual, es necesario brindar capacitaciones para que las personas conozcan sobre este tipo de tecnologías y así permitir que ellos puedan capacitar a más personas para que conozcan acerca de este tipo de dispositivos.

Pregunta 2: ¿Cómo considera usted la gestión actual de la somnolencia en los conductores de la cooperativa San Cristóbal de la ciudad de Tulcán?

Tabla 2. Análisis personal.

Pregunta Nro. 2		
Opciones	Cantidad	Porcentaje (%)
Muy Buena	3	5%
Buena	8	13,33%

Regular	31	30%
Mala	18	51,67%
Total	60	100%

Fuente. Investigación de campo.

Interpretación de datos.

La mayoría de los encuestados responde que la gestión de la somnolencia en los conductores de la cooperativa de transporte San Cristóbal de la ciudad de Tulcán está entre regular y mala, por lo que se concluye que no están conformes por el actual manejo del control de somnolencia.

Pregunta 3: ¿Está usted de acuerdo en la instalación de cámaras para la gestión del sueño en los conductores de la cooperativa San Cristóbal de la ciudad de Tulcán?

Tabla 3. Consideración personal.

Pregunta Nro. 3		
Opciones	Cantidad	Porcentaje (%)
De Acuerdo	39	65%
Me da Igual	17	28,33%
No estoy de Acuerdo	4	6,67%
Total	60	100%

Fuente. Investigación de campo.

Interpretación de datos.

La mayoría de encuestados están de acuerdo en que se instalen cámaras digitales en las unidades de transporte de la cooperativa San Cristóbal de la ciudad de Tulcán con el fin de verificar el estado anímico de los conductores y así activar alarmas que permitan poner en alerta al chofer.

Pregunta Nro. 4: ¿Está de acuerdo con que los conductores estén en constante vigilancia mediante las cámaras digitales?

Tabla 4. Consideración personal.

Pregunta Nro. 4		
Opciones	Cantidad	Porcentaje (%)
SI	54	90%
NO	6	10%
TOTAL	60	100%

Fuente. Investigación de campo.

Interpretación de datos.

La mayoría de encuestados respondieron que si están de acuerdo en que los conductores de las unidades de transporte de la cooperativa San Cristóbal estén vigilados constantemente para así evitar accidentes de tránsito.

Del análisis e interpretación de los resultados se concluye que es necesario crear la aplicación con tecnología de visión artificial para evitar los accidentes de tránsito por somnolencia, y posteriormente, se debe implementarla en todas las empresas de transporte con el fin de evitar accidentes de tránsito por somnolencia.

Metodología de desarrollo de software.

Para la presentación del proyecto, se aplicó como metodología la del ciclo de vida clásico del software, la misma que tiene las siguientes etapas: Identificación de problemas, oportunidades y objetivos: En esta etapa se deberá descubrir lo que la organización intenta realizar, luego determinar si el uso de los sistemas de información apoyaría a la organización para alcanzar sus metas.

Determinación de los requerimientos de información.

Esto se hace a partir de los usuarios particularmente involucrados, para determinar los requerimientos de información dentro de una organización pueden utilizarse diversos instrumentos, los cuales incluyen: muestreo, el estudio de los datos y formas usadas para la organización, la entrevista, los cuestionarios; la observación de la conducta de quien tomó las decisiones.

Análisis de las necesidades del sistema.

Se analizan las necesidades propias del sistema. También se analizan las decisiones estructuradas por realizar, que son decisiones donde las condiciones, condiciones alternativas, acciones y reglas de acción podrán determinarse.

Diseño del sistema recomendado.

Se usa la información recolectada con anterioridad y se elabora el diseño lógico de sistemas de información; esta etapa también incluye el diseño de los archivos o la base de datos que almacenará aquellos datos requeridos por quien toma las decisiones en la organización.

Desarrollo y documentación del software.

Dentro de las técnicas estructuradas para el diseño y documentación del software se tienen: el método HIPO, los diagramas de flujo, los diagramas Nassi-Schneiderman, los diagramas Warnier-Orr y el pseudocódigo es aquí donde se transmite al programador los requerimientos de programación.

Pruebas y mantenimiento del sistema.

Todo sistema de información debe probarse antes de ser utilizado, ya que el costo es menor si se detectan los problemas antes de que entre en funcionamiento.

Implantación y evaluación del sistema.

Esta es la última etapa del desarrollo del sistema; esto incluye el adiestramiento que el usuario requerirá. Uno de los criterios fundamentales que debe satisfacerse, es que el futuro usuario utilice el sistema desarrollado (Alarcón, 2006).

Resultados.

Determinación de los requerimientos de información.

La presente investigación se realizó mediante el uso del sistema operativo Raspbian que forma parte de Linux el cual se instalará en una tarjeta Raspberry Pi 3 b+ y el lenguaje de programación Python

que mediante la configuración de la librería Open CV permite administrar la visión artificial. (Casco, 2014)

Análisis de las necesidades del sistema.

La ingeniería de software permite el análisis y representación de productos para su construcción mediante la manipulación de la electrónica; este proceso implica el estudio del funcionamiento y administración de dispositivos Raspberry Pi para brindar información para la configuración y la aplicación del programa Python que permitió mediante el uso de una cámara de video el proceso de reconocimiento facial de los conductores de los vehículos; por lo que es posible aplicar la ingeniería aplicando sistemas electrónicos que permiten realizar la construcción de dispositivos acordes a las necesidades del sector automotriz (Casco, 2014).

Para el funcionamiento del dispositivo, primero este debe ser instalado en el vehículo y conectado a la corriente de la batería; el dispositivo Raspberry funciona mediante la alimentación del cable USB, el cual tiene una salida de 5 voltios por lo que es necesario conectar el dispositivo a la batería mediante un regulador de corriente; el dispositivo debe encenderse cuando el vehículo se encienda por lo que se debe conectar al Switch del vehículo; el dispositivo debe estar sujeto dentro del tablero del vehículo y mediante un bus de datos se conecta la cámara la cual se instalará en el tablero frente a la cara del conductor, y la bocina de alarma se conecta al dispositivo mediante el puerto GPIO.

Una vez instalado el dispositivo, el proceso de funcionamiento es el siguiente: el conductor sube al vehículo, luego enciende el vehículo y en este instante se enciende el dispositivo y activa el programa de forma inmediata y automática, una vez el programa esté en funcionamiento va a estar detectando el rostro y los ojos del conductor con el fin de verificar su estado de somnolencia, si el dispositivo detecta que el conductor cerró los ojos, automáticamente se enciende la bocina de alarma hasta que el conductor se despierte; al detener y apagar el vehículo, el dispositivo también se apaga.

Diseño del sistema.

Para el diseño del dispositivo de alerta basada en la detección de somnolencia para conductores de vehículos a través del uso visión artificial fueron necesarias tres etapas, entre las cuales están el ensamblaje de todos los dispositivos a utilizar en la placa Raspberry pi 3 b+ como la Pi cámara y el parlante; la siguiente etapa fue la instalación del sistema operativo Raspbian en la micro SD que debe tener un mínimo de 64Gb de memoria y finalmente se realizó la configuración de los programas que permiten el funcionamiento de la aplicación para la detección de la somnolencia.

Ensamblaje del sistema.

Para ensamblar el sistema fueron necesarios los siguientes elementos: Raspberry Pi 3 b+, Pi Camera NoIR y la alarma auditiva; la placa Raspberry Pi 3 tiene incorporado un pin para la conexión del bus de datos de la cámara de tal forma que la conexión de la cámara es sencilla.



Figura 1. Raspberry Pi 3 b+

Posteriormente, se conecta el parlante en el puerto GPIO de la Raspberry Pi 3, este puerto posee 40 pines, los cuales están divididos de la siguiente forma: dos puertos de salida de voltaje de 3.3 voltios los cuales son el puerto 1 y 17, dos puertos de salida de voltaje de 5 voltios los cuales son el puerto 2 y 4, ocho puertos Ground para descarga de corriente los cuales permiten hacer de base de cualquier

voltaje los cuales son los puertos 6, 9, 14, 20, 25, 30, 34 y 39, dos puertos para comunicación en transmisión y recepción los cuales son los puertos 8 y 10, dos puertos de reserva que son el puerto 27 y 28, veinticuatro puertos de entrada y salida tanto analógicos como digitales que son los encargados de administrar la información digital de entrada y salida.

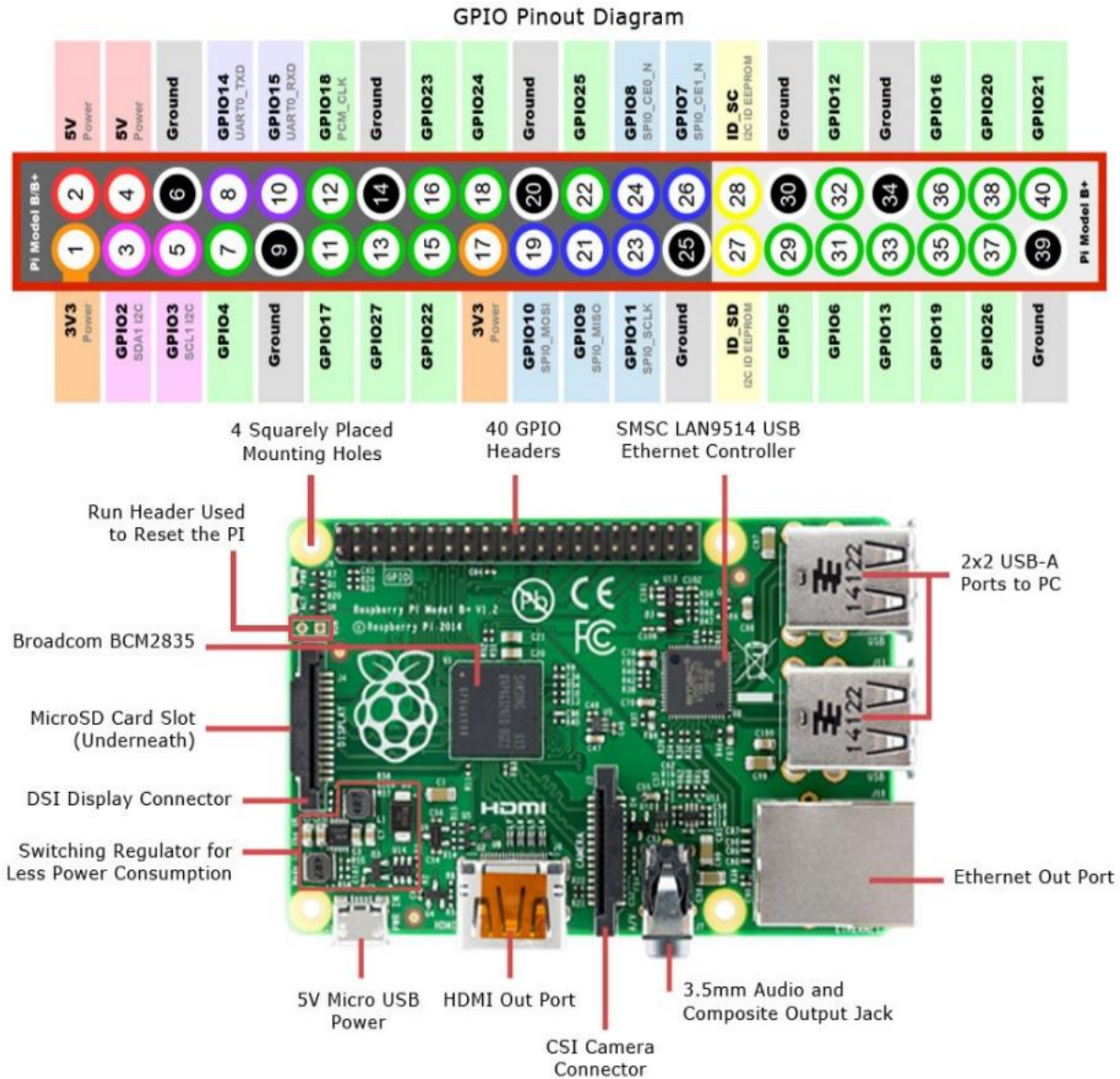


Figura 2. Circuito Raspberry Pi 3 b+

Para el presente proyecto, se conectó la bocina en el puerto número 7 como salida digital y en el puerto número 9 como descarga de corriente; de tal forma, que cuando por el puerto 7 se envía corriente, la bocina suena y si no se envía corriente la bocina se apaga.

Instalación del sistema Raspbian.

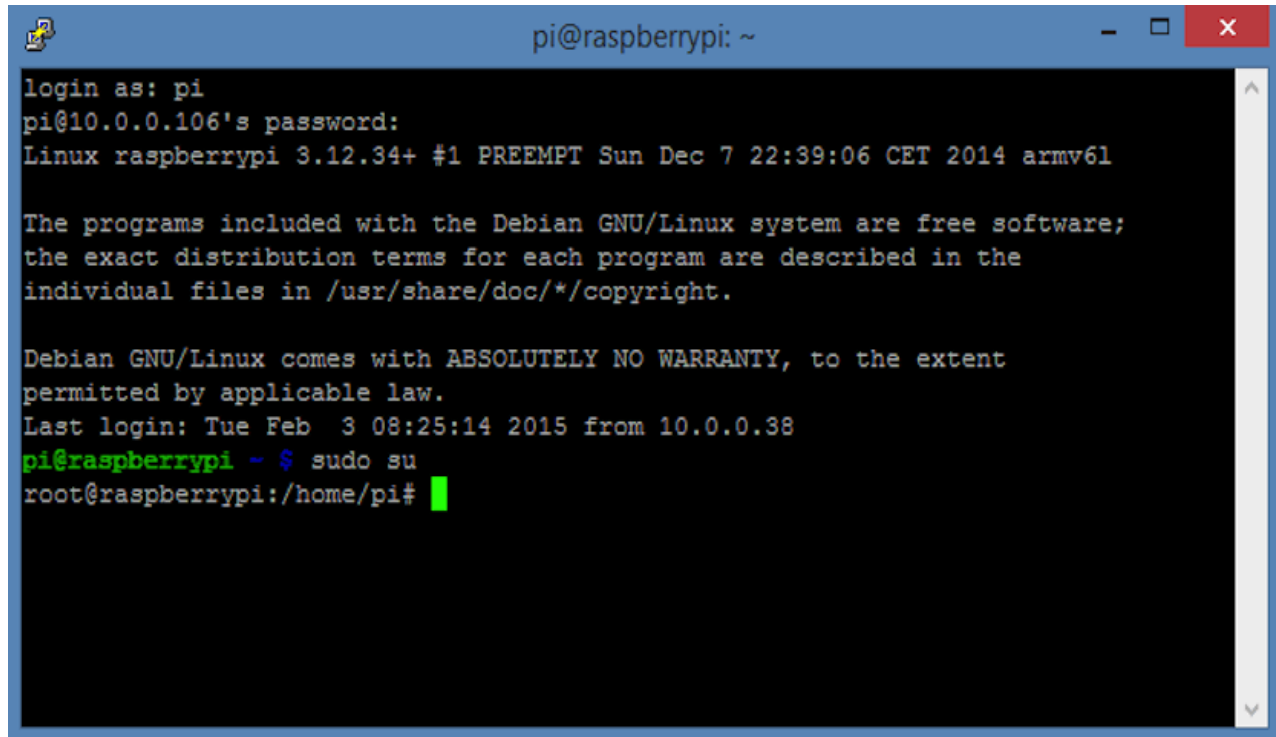
Para la instalación del sistema operativo Raspbian fue necesario, en primer lugar, descargar el software Raspbian Stretch with Desktop, posteriormente se procede a grabarlo en la memoria SD mediante un software que permite grabar la imagen del sistema en la memoria SD la cual debe tener un mínimo de 32 Gb de espacio o superior; en el presente proyecto se lo realizó en el sistema operativo Windows 10 mediante el programa Win32DiskManager.

Configuración de programas.

Los programas necesarios para el funcionamiento del sistema embebido son:

- Software Picamera
- Python3
- OpenCV
- Archivos Haar_Cascade

Todos los programas anteriormente indicados deben ser instalados mediante la ventana de comandos.

A screenshot of a terminal window titled 'pi@raspberrypi: ~'. The window shows the login process for the 'pi' user. The prompt is 'login as: pi', followed by 'pi@10.0.0.106's password:'. The system then displays the kernel version 'Linux raspberrypi 3.12.34+ #1 PREEMPT Sun Dec 7 22:39:06 CET 2014 armv6l'. It then shows the Debian GNU/Linux system's free software license and warranty information. The last login is shown as 'Tue Feb 3 08:25:14 2015 from 10.0.0.38'. The user then enters the command 'sudo su' and the prompt changes to 'root@raspberrypi:/home/pi#'.

```
pi@raspberrypi: ~
login as: pi
pi@10.0.0.106's password:
Linux raspberrypi 3.12.34+ #1 PREEMPT Sun Dec 7 22:39:06 CET 2014 armv6l

The programs included with the Debian GNU/Linux system are free software;
the exact distribution terms for each program are described in the
individual files in /usr/share/doc/*/copyright.

Debian GNU/Linux comes with ABSOLUTELY NO WARRANTY, to the extent
permitted by applicable law.
Last login: Tue Feb 3 08:25:14 2015 from 10.0.0.38
pi@raspberrypi ~ $ sudo su
root@raspberrypi:/home/pi#
```

Figura 3. Ventana de comandos Raspberry Pi 3 b+.

Software Raspberry Pi camera.

Para la instalación del software controlador de la Raspberry Pi camera fueron necesarios la instalación varios comandos para su configuración, los cuales permitieron activar la cámara y hacerla útil para poderla administrar desde el Sistema Operativo Raspbian.

Python3.

Para la instalación de Python3 fueron necesarios varios comandos los cuales permiten actualizar librerías del Sistema Operativo y permiten obtener todos los archivos necesarios para la instalación de Python; puesto que el sistema trae instalado por defecto python2, fue necesario actualizar la versión 3 de Python (Challenger., et al, 2014).

OpenCV.

Para la instalación de OpenCV fue necesario seguir varias etapas las cuales permitieron configurar la librería en el Sistema Operativo utilizado; las etapas para la configuración de la librería OpenCV se detallan a continuación:

Paso 1: Asegurarse de que el sistema operativo esté actualizado.

Primeramente, se actualiza el Sistema Operativo para verificar si existe alguna actualización importante y así se mantenga siempre con sus últimas versiones.

Paso 2: Configurar SSH y utilidades.

En este paso se configuran los servicios y utilidades que deben estar presentes para la instalación de la librería OpenCV.

Paso 3: Configurar swap y asignación de memoria GPU.

En este paso se instalan ciertas características que requiere la librería y se aumenta la memoria a 128Gb para que la librería obtenga mayor espacio de memoria y el dispositivo no se quede bloqueado por falta de memoria.

Paso 4: Instalar dependencias.

Se instalan algunas dependencias necesarias para que la instalación de la librería sea correcta, caso contrario algunas características de la librería Open CV podrían no funcionar, ya que no tendrían soporte para realizar la configuración de su tipo de código de funcionamiento y la instalación de la librería sería fallida.

Paso 5: Instalar Python 3.

Se debe instalar Python 3 en caso de no estar instalado, puesto que la librería OpenCV 4 necesita de este sistema para su funcionamiento.

Paso 6: Instalar pip3.

Es necesario actualizar el sistema pip a pip3 el cual permite un mejor funcionamiento de Python3.

Paso 7: Obtener el último código fuente de OpenCV 4.0.

En este paso se descarga desde la página oficial la librería OpenCV 4 y OpenCV Contrib para posteriormente instalarla para su respectiva configuración.

Paso 8: Instalar Numpy y Scipy.

En el paso 8 se instala el programa Numpy que es indispensable para el funcionamiento de la librería Open CV y el programa Scipy que de igual manera contribuye al funcionamiento de la librería Open CV 4.

Paso 9: Compilar OpenCV.

A continuación, se ingresa a la carpeta OpenCV 4.0 y se inicia el proceso de compilación de los archivos que componen la librería OpenCV 4.

Paso 10: Construir OpenCV.

Finalmente, se construye por completo la librería OpenCV para que forme parte del Sistema Operativo y del programa Python; es decir, reconstruye el código de todos los archivos necesarios del Sistema Operativo para que puedan estar acordes con los procesos que realiza la librería en su funcionamiento y administración para el reconocimiento facial.

Inicio automático del sistema.

El sistema debe iniciar automáticamente al encender la placa Raspberry Pi, ya que al estar instalada en el vehículo no lleva ninguna pantalla, por lo que se describió un script que permite iniciar automáticamente el programa de Python; este proceso fue realizado mediante el comando crontab – e en la consola de comandos; este comando inicializa un archivo de configuración en donde en la parte final del archivo se escribe el script para que arranque automáticamente el programa de Python el cual es @reboot sudo python3 seguido de la dirección en donde se encuentre el archivo principal de Python.

Selección de tonos de alarma.

El conductor tiene la facilidad de seleccionar el tono de alarma mediante un pulsador, el cual estará ubicado en el tablero en donde sea sencillo para el conductor cambiar de tono de alerta, en el sistema están detallados tres tonos diferentes de alarma y cada usuario puede seleccionar el que desee; entre los tonos que están dispuestos en el sistema se presenta un tono continuo, un tono pausado y otro pausado por un tiempo más prolongado.

Para la implementación del sistema se parte desde el análisis sobre los diagramas de bloques para posteriormente analizar el código fuente que permite el funcionamiento del sistema.

Diagrama del circuito.

A continuación, se puede observar el diagrama del circuito electrónico para lo cual se utilizó una unidad de procesamiento y una cámara de alto rendimiento adicional a ello una fuente de alimentación, la cual posee entrada USB de 5 voltios que desde la batería del vehículo alimenta a la unidad de procesamiento.

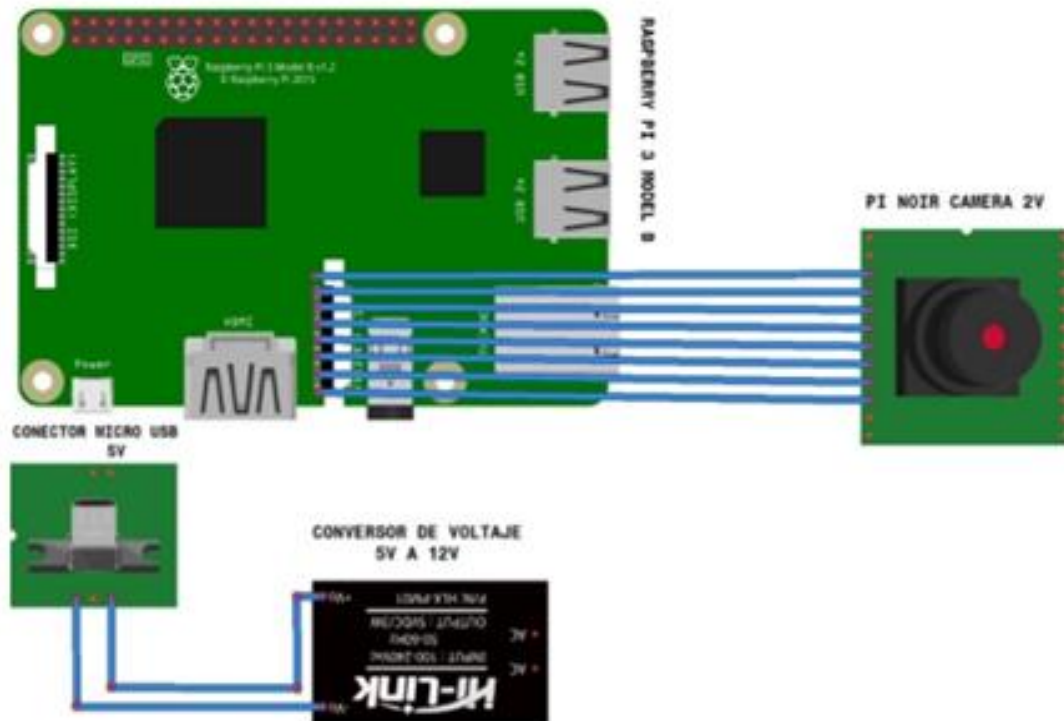


Figura 4. Circuito del sistema propuesto.

Ubicación de la cámara.

La cámara tiene que ser ubicada en un punto específico donde puede estar captando el rostro del conductor con el fin de verificar su estado; es necesario que la cámara sea ubicada en la parte frontal del tablero o en la parte central con un ángulo de rotación que apunte directamente al rostro del conductor.

Código fuente.

El código fuente es el que permitió el control del dispositivo y la realización del proceso mediante visión artificial; a continuación, se detalla el código fuente de forma detallada.

Para la descripción del código primeramente se deben importar las librerías necesarias para el funcionamiento del sistema, se pueden observar algunas librerías como la *imutils* que sirve para el control de video; GPIO se utiliza para controlar el puerto tanto de entradas como salidas de información, también se deben referenciar las librerías *Cv2* y *dblib* que permiten el reconocimiento facial; luego, se inicializa el puerto GPIO y se le configura el pin 7 como salida de información y se lo inicializa en *False*; es decir, que inicialmente no enviará corriente a la alarma por lo que se mantendrá en silencio.

Posteriormente, se hace referencia a los archivos de clasificación *Haar* que permiten el reconocimiento del rostro y ojos, luego de esto se inicia un bucle *while* que permite que el sistema trabaje de forma constante sin detenerse, dentro del bloque *while* deben ir las instrucciones de reconocimiento del rostro y de los ojos.

Dentro del bloque *while* se debe poner el código que permite el reconocimiento del rostro y se declaran variables con el fin de crear las líneas del contorno de cada ojo; posteriormente, se declara un bucle *for* para calcular y delimitar el contorno del ojo; primeramente, se grafica el contorno de cada ojo mediante el método de hilos y luego se procede a realizar el cálculo de apertura del ojo para lo cual se hace obtiene el diámetro de apertura de cada ojo y se hace un promedio del valor de apertura,

si el promedio es inferior a 0,25 significa que los ojos están cerrados caso contrario los ojos están abiertos.

Al momento que el sistema capta que los ojos están cerrados una variable inicializada en cero se incrementa mientras los ojos sigan cerrados, al momento en que la variable llegue al número 16, la alarma se activará automáticamente.

Cuando el conductor se despierte por causa de la alarma, la variable vuelve automáticamente a cero y se inician nuevamente los cálculos; el sistema se va a encontrar siempre bajo este modelo calculando siempre el promedio de apertura de los ojos y contando las *frames* en donde los ojos se encuentran cerrados.

Verificación del código.

Código reconocimiento facial.

Una vez que el código fuente del sistema fue realizado y el resultado de todas las configuraciones del sistema operativo fueron correctas, se dio inicio a la primera ejecución del sistema, el cual inició en su primera fase que fue el reconocimiento del rostro.

Código reconocimiento ojos.

Luego del reconocimiento del rostro, el siguiente paso fue captar los ojos mediante la gráfica de contorno de cada ojo, para lo cual fue necesario dibujar líneas en el contorno de los ojos mediante el método de hilos.

Código de reconocimiento de estado de somnolencia.

Luego del reconocimiento del rostro y ojos, el siguiente paso fue calcular el promedio de apertura de los ojos mediante el diámetro del ojo desde la parte superior hasta la parte inferior, este proceso devuelve un número el cual, si es menor a un rango en el que el ojo esté cerrado, automáticamente se ejecuta una alerta.

Código de reconocimiento de los ojos mediante el uso de lentes.

Luego del reconocimiento del rostro, ojos y somnolencia, el siguiente paso es verificar el funcionamiento del código mediante la utilización lentes, ya que algunos conductores los utilizan para manejar sus vehículos, por lo que el sistema debe ser capaz de reconocer y poder detectar el estado de somnolencia.

Código de reconocimiento de somnolencia usando lentes.

Luego del reconocimiento de los ojos con la utilizando lentes, el siguiente paso es verificar el funcionamiento del código al captar si el conductor presenta somnolencia; a continuación.

Discusión de resultados.

Las pruebas de funcionamiento fueron realizadas con el sistema de monitoreo facial con diferentes conductores los cuales son choferes profesionales experimentados; se realizó el control del dispositivo y su funcionamiento tanto en la noche como en el día; también se realizaron pruebas de funcionamiento en varios horarios para obtener resultados reales en el monitoreo sobre el estado de los conductores de vehículos.

Las pruebas realizadas para la validación del funcionamiento del dispositivo se les hizo en diferentes fases según el diagrama de bloques; cada etapa verifica los resultados que se presentan en el algoritmo que verifica el funcionamiento óptimo del sistema; para la realización de las pruebas se tomó en cuenta varios conductores los cuales son choferes profesionales de la cooperativa San Cristóbal y ellos fueron los que validaron el funcionamiento del dispositivo anti somnolencia.

Pruebas del sistema.

Luego de finalizar la etapa de diseño e implementación se realiza la etapa de las pruebas, donde se valida la funcionalidad del dispositivo, las pruebas sirven para verificar si el sistema realiza el monitoreo fisiológico hacia los conductores los cuales presentan diferentes rasgos físicos.

Las pruebas realizadas sirvieron para comprobar el funcionamiento del dispositivo y el sistema en tiempo real; es decir, se hicieron varias pruebas en diferentes horarios en las carreteras mientras el automóvil estaba en movimiento, lo cual fue satisfactorio para verificar el funcionamiento del dispositivo, ya que al presentar fallas se las corrigió y se volvió a probar el sistema para modificar las fallas de código y obtener como resultado un excelente rendimiento.

Plan actividades pruebas de funcionamiento					
	Fase 1	Fase 2	Fase 3	Fase 4	Fase 5
Comprobación	Eficacia de imagen	Detección de rostro	Detección de los ojos	Comprobar apertura del ojo	Alarma auditiva
Individuos	Conductores	Conductores	Conductores	Conductores	Conductores
Área	Vehículo	Vehículo	Vehículo	Vehículo	Vehículo
Efectos	Imagen óptima	Detección facial de rostro efectiva	Detección efectiva de los ojos	Diámetro de apertura del ojo	Alerta activada
Tiempo	10 días	15 días	15 días	15 días	10 días

Según las actividades propuestas, se evidenció que en la primera fase existieron problemas por exceso de luz sobre todo en el día, por lo que fue necesario corregir este error mediante el paso de la imagen a escala de grises; posteriormente a ello, la imagen se presentó estable y el porcentaje de error fue del 5%.

En la fase 2, puesto que la cámara tiene instalado infrarrojos, el rostro es reconocido de todas las formas posibles menos cuando se le da a la cámara un lado del rostro, por lo que el promedio de error fue del 8%.

En la fase 3 y por la razón anterior, los ojos son reconocidos perfectamente con o sin utilizar lentes, y también se realizaron las pruebas durante el día y la noche por lo que el promedio de error es del 10%, ya que al voltear el rostro en ocasiones no se reconocen los ojos.

En la fase 4 se realizó el promedio de apertura de los ojos, por lo que cuando están abiertos existe un valor de diámetro promedio de 0,45 centímetros, pero al cerrarlos este valor cae a los 0,28 centímetros, entonces si el diámetro promedio es inferior a 0,3 el sistema activa la alarma, por lo que

el error promedio es del 10% según la luz del día o el enfoque de las luces de los vehículos cuando se utiliza lentes.

En la fase 5, se verificó la alerta y activación de la alarma y se comprobó que funciona de manera correcta por lo que el error el promedio en esta etapa es del 5%.

Pruebas realizadas en la fase 1.

Las pruebas realizadas en la fase 1 se las hizo en el día, tarde y noche y los resultados fueron 95% positivos, el promedio de fallas fue por causa de exceso de luz en el vehículo especialmente en horas de la mañana.

Fase 1				
	Comprobación de funcionamiento 1	Comprobación de funcionamiento 2	Comprobación de funcionamiento 3	Total
Programa	Matutino	Vespertino	Noche	
Pruebas	20	20	20	60
Exactas	18	20	19	57
Inexactas	2	0	1	3
Exitosas	90%	100%	95%	95%
Fallidas	10%	0%	5%	5%

Pruebas realizadas en la fase 2.

Las pruebas realizadas en la fase 2 se basaron en la detección del rostro del conductor, al igual que en la anterior fase se las realizó en la mañana, tarde y noche y los resultados fueron 92% positivos; el promedio de fallas fue por causa del movimiento que realizaron los conductores al manejar y voltear el rostro para verificar que no haya vehículos al cambiar de carril o ingresar a una vía en particular.

Fase 2				
	Comprobación de funcionamiento 1	Comprobación de funcionamiento 2	Comprobación de funcionamiento 3	Total
Programa	Matutino	Vespertino	Noche	
Pruebas	25	25	25	75
Exactas	23	24	22	69
Inexactas	2	1	3	6
Exitosas	92%	96%	88%	92%

Fallidas	8%	4%	12%	8%
----------	----	----	-----	----

Pruebas realizadas en la fase 3.

Las pruebas realizadas en la fase 3 se basaron en la detección del área de los ojos del conductor, al igual que en las anteriores fases se las realizó en la mañana, tarde y noche y los resultados fueron 95% positivos, reflejando que el número de falsos positivos que presenta el sistema es mínimo, esto quiere decir que la detección facial del sistema tiene un alto grado de efectividad.

Fase 3				
	Comprobación de funcionamiento 1	Comprobación de funcionamiento 2	Comprobación de funcionamiento 3	Total
Programa	Matutino	Vespertino	Noche	
Pruebas	20	20	20	60
Exactas	17	19	18	57
Inexactas	3	1	2	3
Exitosas	85%	95%	90%	95%
Fallidas	15%	5%	10%	5%

Pruebas realizadas en la fase 4.

Las pruebas realizadas en la fase 4 al igual que en las anteriores fases se las realizó en la mañana, tarde y noche y los resultados fueron 90% positivos, el promedio de fallas fue por causa del exceso de luz para el caso del día y de la luz directa de los vehículos para el caso de la noche y cuando el conductor utiliza lentes.

Fase 4				
	Comprobación de funcionamiento 1	Comprobación de funcionamiento 2	Comprobación de funcionamiento 3	Total
Programa	Matutino	Vespertino	Noche	
Pruebas	20	20	20	60
Exactas	18	19	17	56
Inexactas	2	1	3	4
Exitosas	90%	95%	85%	95%
Fallidas	10%	5%	15%	5%

Puesto que la fase 4 se la realizó con varios conductores en distintos horarios, fue necesario realizar un análisis semanal para verificar los resultados obtenidos.

Se debe aclarar, que mediante las fallas presentadas durante las pruebas de funcionamiento del sistema en tiempo real; se realizaron mejoras en el código de programación para corregir cada una de las fallas, lo cual permitió que en la realización de posteriores pruebas se mejore el sistema y tenga un menor porcentaje de fallas y de esta manera el sistema funcione de forma correcta y no presente fallas a la hora de que el usuario conduzca.

Fase 4. Sistema anti somnolencia		
Semana 1	Sitio:	Vehículos particulares de los socios de la cooperativa San Cristóbal circulando por las calles de la ciudad
	Individuos:	Conductores de vehículos particulares
	Horario de prueba de funcionamiento:	Matutino, vespertino y noche
	Duración de la prueba de funcionamiento:	15 minutos

Análisis de los resultados.

Luego de la realización de las pruebas y teniendo en cuenta los resultados presentes en la fase 4 se puede decir que el sistema funcionó de forma efectiva con ciertos momentos de fallas por cuestión del exceso de luminosidad o de la luz directa de otros vehículos en la noche cuando el conductor usa lentes, pues el dispositivo confunde la luz reflejada en los lentes con un ojo abierto, entonces en estas circunstancias presenta un fallo, pero en general el dispositivo se comportó de forma eficiente en la práctica.

En las pruebas realizadas también se pudo observar que tras conducir durante un lapso largo de tiempo, la mayoría de conductores presentaron mayor estado de somnolencia durante las horas de la noche, ya que el sistema advirtió de este estado mediante la activación de la alarma, permitiendo así que el conductor se alertara y abriera los ojos de forma inmediata; de esta manera, se pudo evidenciar que el dispositivo antisomnolencia funciona correctamente y alerta al conductor en caso de

somnolencia; se puede decir, que en casos extremos no va a evitar al 100% los accidentes de tránsito, pero si ayudará a los conductores a estar en constante alerta y así disminuir el porcentaje de accidentes de tránsito ocurridos por el factor de somnolencia de los conductores.

El dispositivo debe instalarse juntamente con un ventilador, ya que cuando los conductores deben viajar a largas distancias el sistema debe estar alerta siempre y sin un ventilador calentará demasiado y es posible que se sobrecaliente y se apague, lo que ocasionaría que el sistema falle, entonces mediante la ayuda de un ventilador este problema se evitará por completo y el sistema estará siempre alerta.

Al verificar los resultados de las pruebas se obtiene un aproximado al 10% de fallos, lo cual es conveniente para corregir los errores iniciales del sistema; luego de corregir cada error, el programa tuvo un porcentaje mayor de aciertos y el porcentaje de errores bajó al 5%; este porcentaje de error se dio finalmente, puesto que el sistema para el caso en el que el conductor utilice lentes en la noche, cuando un vehículo viene de frente y con luz alta, los lentes reflejan esta luz y el dispositivo la asimila como un ojo abierto; otra de las causas se presenta en horas de la mañana cuando sale el sol y llega de frente al rostro, al usar lentes de igual forma refleja la luz y el sistema lo reconoce como ojo abierto.

Este tipo de errores es común en el uso de cámaras de video, ya que cuando se refleja la luz en el lente genera un brillo que ni siquiera con los propios ojos se puede verificar si el conductor tiene los ojos abiertos o cerrados.

Implantación y evaluación del sistema.

La validación de la propuesta se realizó mediante la vía de expertos, los cuales son presentan títulos de tercer y cuarto nivel en el área de Sistemas, se les pidió que revisen la estructura del sistema informático con tecnología de visión artificial para evitar accidentes de tránsito en la cooperativa San Cristóbal de la ciudad de Tulcán.

Luego se pidió a cada uno de los expertos brindar su opinión mediante una ficha de validación de la propuesta en la cual constan aspectos del sistema informático con tecnología de visión artificial para evitar accidentes de tránsito en la cooperativa San Cristóbal de la ciudad de Tulcán, las mismas que fueron respondidas a criterio de cada uno de ellos.

CONCLUSIONES.

El código de programación de Python interactúa directamente con la librería OpenCV, la cual es compatible con la plataforma y otras librerías, lo que permite realizar la clasificación de los puntos en el rostro, el código al igual interactúa con los archivos de clasificación de estados fisiológicos, lo cual permite un buen funcionamiento del sistema al reconocer el rostro y ojos del conductor, en el proceso de la conexión de la unidad de procesamiento y sus elementos se concluye que Raspberry es un minicomputador de características capaces de abarcar varios procesos a la vez y su velocidad es óptima a la hora de ejecutar programas de gran consumo de memoria, por lo que es un dispositivo fácil de interactuar y agradable al momento de trabajar (Garcés, 2015).

El funcionamiento del sistema fue comprobado en tiempo real en conductores de vehículos que utilizan lentes, así como también en conductores que no los utilizan, donde se realizaron ajustes al sistema que permitieron realizar la detección de somnolencia en los dos casos de conductores mencionados anteriormente. Mediante las pruebas realizadas, se llegó a la conclusión de que el hardware y software funcionan de forma eficaz dentro del vehículo tanto en el día como en la noche, aunque el usuario lleve puesto lentes, o a su vez un vehículo se dirija directamente con luz alta hacia el vehículo que cuente con el sistema.

Con el desarrollo del sistema anti somnolencia, que verifica constantemente el rostro de los conductores y sus rasgos fisiológicos, sobre todo basado en los ojos para verificar si estos se encuentran abiertos o cerrados; para esto se debe diferenciar entre el parpadeo y el cierre completo

de los ojos para saber cuándo es necesario activar la alerta auditiva, con la implementación de un sistema de alarma anti somnolencia en vehículos es positivo y necesario, puesto que se evitará un gran porcentaje de accidentes de tránsito provocados por este factor.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

1. Alarcón, V. F. (2006). Desarrollo de sistemas de información. Barcelona: Ediciones UPC.
2. Blanco Rodríguez, A. (2016). Monitorización visual de un conductor mediante una cámara estéreo (Cachelos's thesis).
3. Casco, S. (2014). Raspberry Pi, Arduino y Beaglebone Black Comparación y Aplicaciones. vol, 1, 4-8. <http://jeuazarru.com/wp-content/uploads/2014/10/MiniPCs.pdf>
4. Cazorla, M., Colomina Pardo, O., Compañ, P., Escolano, F., & Zamora, J. L. (2001). JavaVis: Una librería para visión artificial en Java. España: Técnicas de Inteligencia Artificial. <https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/12363/6/Jenui01-1.pdf>
5. Challenger-Pérez, I., Díaz-Ricardo, Y., & Becerra-García, R. A. (2014). El lenguaje de programación Python. Ciencias Holguín, 20(2), 1-13. <https://www.redalyc.org/pdf/1815/181531232001.pdf>
6. Garcés, M. A., de Jesús Salgado, J., Cruz, J. A., & Cañon, W. H. (2015). Sistemas de detección de somnolencia en conductores: inicio, desarrollo y futuro. Ingeniería y Región, 13, 159-168. <https://journalusco.edu.co/index.php/iregion/article/view/717/1372>
7. Gras, M. E., Planas, M., & Font-Mayolas, S. (2008). La distracción de los conductores: un riesgo no percibido. Barcelona: Fundación RACC.
8. Meliá, J. L. (1999). Medición y Métodos de Intervención en Psicología de la Seguridad y Prevención de Accidentes. Revista de Psicología del Trabajo y de las Organizaciones, 15(2), 237-266.

9. Suarez, D., & Guarda, T. (2019). Sistemas Biométricos aplicados en smartphones. Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação, (E17), 25-31.
10. Vazquez, L. V. L., Silva, A. J. R., Díaz, E. R., & Kenani, J. M. V. (2018). Una metodología robusta aplicada al reconocimiento facial. DYNA, 93(6), 582-582.

DATOS DE LOS AUTORES.

- 1. Cristian Yovao Dorado Ceballos.** Magíster en Planeación Evaluación de la Educación Superior. Docente de la Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ecuador. E-mail: ut.cristiandorado@uniandes.edu.ec
- 2. Danny Mauricio Sandoval Malquín.** Magíster en Gestion Empresarial Docente de la Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ecuador. E-mail: ut.dannysandoval@uniandes.edu.ec
- 3. Daniel Paúl Rodríguez Guzmán.** Ingeniero en Sistemas e Informatica. Docente de la Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ecuador. E-mail: danielprg.tmt@uniandes.edu.ec

RECIBIDO: 10 de julio del 2021.

APROBADO: 12 de agosto del 2021.