

Desarrollo de un sistema de alerta de fatiga para conductores viales

Benitez Cespedes, Graciela

2024

<https://hdl.handle.net/20.500.11777/5993>

<http://repositorio.iberopuebla.mx/licencia.pdf>

Desarrollo de un sistema de alerta de fatiga para conductores viales

Benítez Céspedes Graciela (octavo semestre en Ingeniería Industrial)^{1,*}, Cortés Loredó Pedro Alonso (noveno semestre en Ingeniería Automotriz)¹, Chimal Sánchez Alondra (noveno semestre en Ingeniería Industrial)¹, Palma Lima Julio (noveno semestre en Ingeniería Automotriz)¹, Cantú Hernández Francisco Antonio (profesor responsable)¹, Chávez Murillo Abraham Alberto (profesor asesor)¹.

¹Universidad Iberoamericana Puebla, San Andrés Cholula, Puebla, México

Resumen

Los accidentes en México han incrementado y un alto porcentaje de estos se debe a la fatiga que sufren los conductores viales, debido a esto, se propuso desarrollar un sensor de fatiga para el volante el cual alerte al conductor cuando se esté quedando dormido o no esté completamente concentrado durante el manejo. Los pasos por seguir para poder realizar este sensor son los siguientes: seleccionar sensores no intrusivos para el monitoreo de la fatiga del conductor, desarrollar un algoritmo que analice los datos de los sensores para identificar patrones iniciales de fatiga, diseñar el sistema que incluya la disposición de los sensores en el volante, y evaluar el sistema de alerta para que se observe la efectividad de la señalización y su capacidad para captar la atención del conductor. Las herramientas utilizadas fueron: el simulador Tinkercad para diseñar el prototipo y el simulador Arduino 1.6.5 en el cual se desarrolla el código que lee la pantalla LCD. El resultado final es el prototipo del sensor a utilizar para el volante de cualquier automóvil convencional y las pruebas realizadas para comprobar su efectividad. En este proyecto se concluye que el prototipo resulta funcional, sin embargo, se deben realizar ciertas adecuaciones como un mejor diseño para abarcar completamente el volante. Este sensor logra activar la alerta sonora y visual a una presión menor de 4.2 kgf, siendo esto que, si no se hace una mínima presión en el volante, la alerta se activará.

Palabras clave: Sensores, fatiga, accidentes, conductor, alerta, vehículo.

***Autor Corresponsal:** graciela.benitez@iberopuebla.mx

Introducción

La fatiga del conductor es un problema crítico que afecta la seguridad vial en todo el mundo. Conducir durante períodos prolongados, especialmente en viajes largos, nocturnos o monótonos, puede conducir a una disminución significativa de la atención y la capacidad de reacción del conductor [1]. La fatiga afecta negativamente la toma de decisiones, la coordinación motora y la vigilancia, lo que aumenta el riesgo de accidentes automovilísticos. De acuerdo con el Instituto Mexicano del Transporte, al menos el 24% del total de accidentes son provocados por el cansancio mental y físico que presenta el conductor [2]. En 2021 hubo 340,415 accidentes de tránsito en zonas urbanas, de los cuales 4,401 personas perdieron la vida mientras que 82,466 personas resultaron lesionadas [3]. En la Fig 1 se presentan los porcentajes de las víctimas dependiendo el horario y de si son fallecidos o heridos.

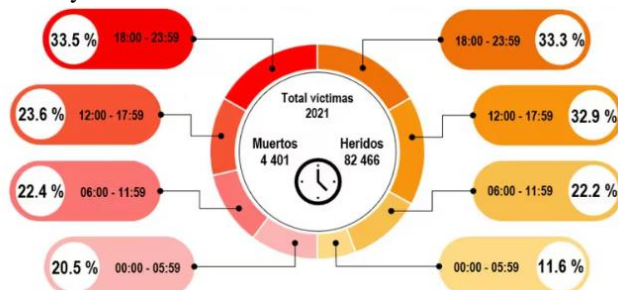


Fig. 1. Porcentaje de víctimas dependiendo la hora [4] de acuerdo con el INEGI

Conforme a esta gráfica, el horario donde existen mayores accidentes con víctimas heridas y fallecidas es entre las 18:00 y 00:00 horas, es decir, este porcentaje (33.4%) es mayor en horarios normales de salida de trabajo, y por

consecuencia las personas ya están cansadas tanto física como mentalmente. Por el contrario, entre las 06:00 y 12:00 horas existe un menor porcentaje de accidentes ya que al ser un rango de horas en la mañana, los conductores viales están descansados y liberados de alguna tensión o estrés [4].

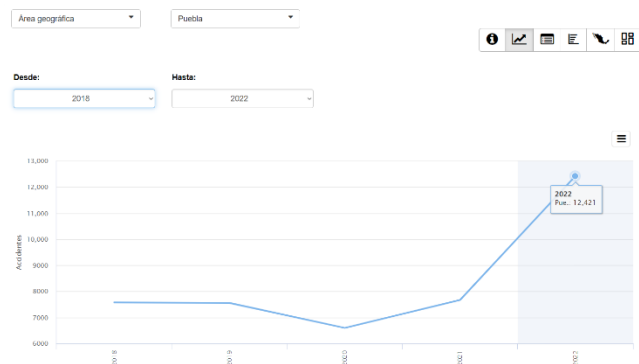


Fig. 2. Accidentes en los últimos 5 años [5]

En relación con los accidentes, el INEGI muestra en la Fig 2 que los accidentes aumentaron en el último año, lo que significa que los factores involucrados han incrementado y que, de los 12,421 accidentes, entre el 20% y 30% se deben a accidentes por fatiga o somnolencia [5].

Los accidentes causados por la fatiga son a menudo más graves, ya que el tiempo de reacción del conductor disminuye significativamente, lo que puede resultar en colisiones frontales, salidas de la carretera o accidentes con múltiples vehículos.

En el diagrama de la Fig 3 se presenta un análisis de las posibles causas de los accidentes automovilísticos, de acuerdo con la UNAM. Los accidentes no se deben

únicamente al conductor, sino también influyen aspectos de la carretera, vehículos y entorno [6] [7].



Fig. 3. Diagrama Ishikawa de factores que influyen en los accidentes automovilísticos [6] [7]

Ahora bien, la NOM-194-SCFI-2015 establece los requisitos de seguridad y la información que deben cumplir los vehículos en cuanto a sus sistemas de seguridad. Esta norma abarca los aspectos como sistema de frenos, cinturón de seguridad, bolsa de aire, entre otros. El objetivo de la norma es garantizar la seguridad de los ocupantes de los vehículos y reducir el riesgo de lesiones [8]. Mientras tanto, la ISO 26262 es una norma internacional la cual establece los requisitos de seguridad para los sistemas electrónicos en automóviles [9].

Actualmente, los vehículos nuevos, de mediana y alta gama cuentan con sistemas de alerta de seguridad que ayudan a prevenir accidentes; algunos de los más conocidos son los sistemas de Volkswagen y de Honda. El sistema de Volkswagen, conocido como Front Assist, controla la distancia entre el vehículo del conductor y el vehículo de adelante. Este ayuda a reconocer y observar el entorno para reaccionar de manera segura y rápida, es decir, en caso de que un coche esté cerca de uno, el sistema Front Assist acciona los frenos y emite una señal acústica u óptica. En caso de que el conductor no reaccione de manera inmediata, el sistema activará un frenado parcial automático para evitar algún choque inesperado [10]. Por otro lado, el sistema Lane Keeping Assistance System (LKAS) de Honda, evita que el vehículo salga del carril cuando detecta que el conductor empieza a desviarse de los márgenes del carril. Si el automóvil empieza a desviarse del carril por el que transita, el sistema activa un aviso y toma control del vehículo por unos segundos para mantener el vehículo en el carril por el que circula. Este sistema tiene una cámara ubicada en la parte delantera del vehículo la cual envía información a la computadora del automóvil sobre la velocidad y giro del volante, con base en la línea de demarcación de la vía [11] [12].

La fatiga del conductor no sólo afecta a aquellos que viajan largas distancias, sino también a aquellos que enfrentan horarios de trabajo extenuantes, como conductores de camiones y profesionales que pasan largas horas en la carretera. El problema se agrava aún más por la falta de medidas preventivas efectivas. Los conductores suelen depender únicamente de su propia percepción subjetiva de la fatiga, y en muchos casos, solo toman medidas correctivas cuando ya es demasiado tarde.

En relación con lo mencionado con anterioridad, el problema fundamental radica en la incapacidad del conductor para reconocer y gestionar eficazmente su propio nivel de fatiga.

Este fenómeno es especialmente peligroso, ya que el conductor puede experimentar micro sueños o lapsos de conciencia sin ser plenamente consciente de ello.

El proyecto "Sistema de Alerta de Fatiga del Conductor" surge como respuesta a la crítica necesidad de abordar el problema de la fatiga del conductor, una amenaza constante para la seguridad vial.

La relevancia de este proyecto se basa en su potencial para prevenir infortunios accidentes viales. Al anticipar y alertar al conductor sobre los primeros signos de fatiga, se busca reducir la ocurrencia de accidentes, protegiendo vidas y evitando lesiones. Además, alineándose con normativas de seguridad vial, el proyecto contribuye a la construcción de un entorno vial más seguro y en cumplimiento con las regulaciones establecidas.

El objetivo de este proyecto es desarrollar un sistema de alerta para conductores viales que logre detectar signos de fatiga temprana en conductores viales, con el fin de alertar al usuario y prevenir accidentes, para desarrollar dicho proyecto, se llevarán a cabo los siguientes objetivos: seleccionar sensores no intrusivos para el monitoreo de la fatiga del conductor, desarrollar un algoritmo que analice los datos de los sensores para identificar patrones iniciales de fatiga, diseñar el sistema que incluya la disposición de los sensores en el volante, y evaluar el sistema a dispositivos de alerta para que se observe la efectividad de la señalización y su capacidad para captar la atención del conductor. Se busca que el dispositivo sea accesible, asequible y fácil de instalar en cualquier automóvil que cuente con un puerto USB o en su defecto, la toma de corriente de 12 V con un adaptador USB. El sistema cuenta con sensores de presión integrados en el volante del vehículo y una caja donde están contenidos el arduino, el protoboard y los componentes electrónicos que son capaces de detectar cambios en la presión ejercida por el conductor al sujetar el volante, estos cambios son analizados por un algoritmo que los detecta y arroja una señal que envía un mensaje al conductor para alertar el riesgo.

Metodología

En primer lugar, se identificaron las causas del problema a abordar y se destacó que los accidentes automovilísticos cuya causa en el 15% de los casos está relacionada con la somnolencia; partiendo de ello, se identificó que el problema radica en que el conductor cuenta sólo con su propia percepción para gestionar su nivel de fatiga, lo cual disminuye considerablemente su capacidad de reacción en situaciones de riesgo. Se encontró también, que existen sistemas de detección de fatiga efectivos, estos cuentan con variables específicas como el nivel de parpadeo, ritmo cardíaco, entre otros, y cuya detección se realiza a través de sensores biométricos, pero no están al alcance de todos los usuarios debido a que se instalan cuando se manufactura el vehículo o cuya instalación cuenta con cierto nivel de complejidad y que a su vez no son accesibles para todo tipo de usuario.

Selección de sensores no intrusivos

Con el propósito de seleccionar sensores no intrusivos para el monitoreo de la fatiga del conductor, se examinaron las tendencias emergentes en el campo de los sensores biométricos, centrándose en los avances más recientes y las innovaciones tecnológicas relevantes para el monitoreo de la fatiga del conductor. Se prestó especial atención a investigaciones y desarrollos recientes que abordaran los desafíos específicos de la detección de la fatiga en entornos de conducción. Con base en las necesidades que tiene un conductor automovilístico, se realizó una revisión exhaustiva de la literatura técnica y científica relacionada con la detección de fatiga en conductores y el uso de sensores de presión en aplicaciones automotrices respecto a la prevención de accidentes causados por somnolencia.

Desarrollo del análisis de funcionamiento

Se diseñó un diagrama de bloques en donde se explicó el funcionamiento técnico de un sistema capaz de detectar signos de fatiga en conductores cuya métrica es el valor de la presión de la sujeción al volante del conductor automovilístico; este funcionamiento comienza desde el sensor de sujeción colocado en el volante y cuya señal dependerá de la presión ejercida, después de la adquisición de datos, su procesamiento es esencial para determinar si el valor es suficientemente fuerte para interpretar que el conductor sigue despierto y en condiciones óptimas de seguir conduciendo. En caso de que el sensor detecte un valor bajo de presión ejercida, este procederá a activar un sistema de alerta que permite al conductor recibir una alerta visual mostrada en una pantalla y una alerta sonora que le permite gestionar su nivel de fatiga. En la Fig 4 se pueden observar los pasos a seguir para realizar el prototipo, incluyendo condiciones, de forma que, si se necesita hacer una unión o un retroceso, con el diagrama se puede ubicar visualmente sin necesidad de repetir todo.

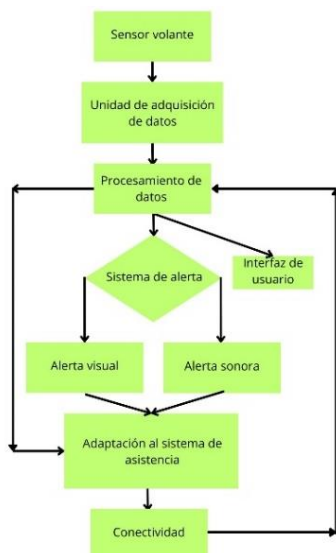


Fig. 4. Diagrama de bloques de las fases del sistema de alerta

Diseño de la disposición de los sensores en el volante

Se diseñó la disposición de los sensores en el volante, considerando factores como la ergonomía, la visibilidad, la accesibilidad y la interferencia mínima con la conducción

normal. Se exploraron diversas configuraciones para determinar la disposición más adecuada que garantizara la captura precisa de los datos biométricos requeridos mientras se mantiene la comodidad del conductor.

Se tuvo en cuenta la variabilidad en las dimensiones y formas corporales de los conductores para garantizar que la disposición de los sensores fuera adecuada para una amplia gama de usuarios. Posteriormente, se diseñó la disposición de los sensores teniendo en cuenta la estética y el diseño interior del vehículo. Se exploraron opciones de integración que complementaran la apariencia general del interior del automóvil y proporcionaran una experiencia de usuario cohesiva y atractiva.

Posterior al diagrama de bloques, se realizó un diagrama en el simulador Tinkercad, como se muestra en la Fig 5, con la idea de poder experimentar sin quemar o hacer mal uso de algún componente como lo es el arduino, luces led, resistencias, potenciómetro, entre otros. En este diseño se hicieron las conexiones pertinentes de todos los componentes a utilizar y se hizo una programación para corroborar que funcionaba de forma correcta el sistema.

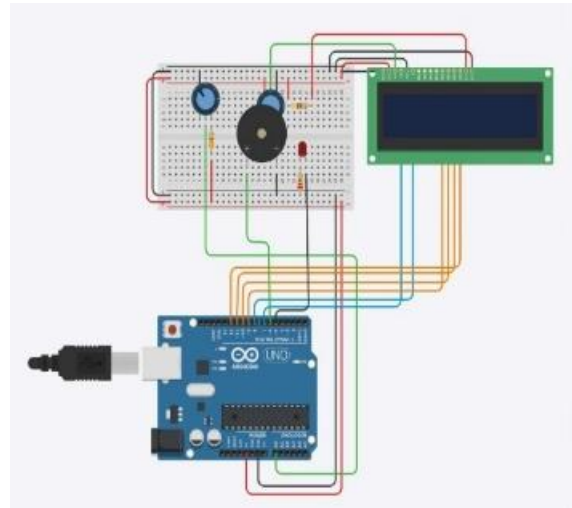


Fig. 5. Diseño de prototipo en programa Tinkercad

Desarrollo del sistema de alerta

Con el objetivo de desarrollar un algoritmo que analice los datos de los sensores para identificar patrones iniciales de fatiga, se desarrolló un código, mostrado en la Fig 6, el cual contiene un algoritmo que contiene condicionales y, en caso de detectar una presión en los sensores inferior a 4.2 kgf, interpreta y convierte los datos en señales, lo que da paso a la alarma sonora y visual en la pantalla LCD. Esta simulación permitió evaluar el comportamiento del circuito y realizar ajustes necesarios antes de su implementación física, lo que contribuyó significativamente a la eficiencia y precisión del proyecto en su conjunto.

Para empezar a armar el sensor de forma física, se realizó la primera conexión en las entradas del Arduino con el propósito de asegurar el suministro de energía para la operación, se conectó cada componente y, con ayuda de pines para soldar y un caudín, se soldó cada componente con el fin de establecer las conexiones requeridas para la transmisión de señales de acuerdo con las necesidades específicas y para que los cables no se estuvieran

desconectando, provocando errores en el sistema. Esta etapa requirió atención para garantizar la correcta comunicación entre los dispositivos y el Arduino.

```
#include <LiquidCrystal.h>
LiquidCrystal lcd(7, 8, 9, 10, 11, 12); //RS,RENABLE,904,1005,11D6,D712, RWGND, A+,K-, POTENCIOMETRO B0]

const int potPin = A0; // Pin del potenciómetro
const int potPinA = A1;
const int potPinB = A2;
const int potPinC = A3;
const int potPinD = A4;
const int speakerPin = 6; // Pin de la bocina
int led = 5;
int potValue = 0;
int potValueA = 0;
int potValueB = 0;
int potValueC = 0;
int potValueD = 0;
void setup() {
  pinMode(potPin, INPUT);
  pinMode(potPinA, INPUT);
  pinMode(potPinB, INPUT);
  pinMode(potPinC, INPUT);
  pinMode(potPinD, INPUT);

  lcd.begin(16, 2); // Inicializa la pantalla LCD con 16 columnas y 2 filas
  pinMode(speakerPin, OUTPUT); // Configura el pin de la bocina como salida
}

void loop() {
  int potValue = analogRead(potPin); // Lee el valor del potenciómetro
  int potValueA = analogRead(potPinA); // Lee el valor del potenciómetro
  int potValueB = analogRead(potPinB); // Lee el valor del potenciómetro
  int potValueC = analogRead(potPinC); // Lee el valor del potenciómetro
  int potValueD = analogRead(potPinD); // Lee el valor del potenciómetro
  int press = potValue + potValueA + potValueB + potValueC + potValueD;
  lcd.clear(); // Borra el contenido anterior de la pantalla LCD
  lcd.setCursor(0, 0); // Establece el cursor en la primera fila
  lcd.print("ALERT! -");
  lcd.print(press); // Muestra el valor del potenciómetro en la pantalla LCD

  if (press < 4200) {
    tone(speakerPin, 1000); // Emite un tono a 1000 Hz en la bocina
    digitalWrite(led, HIGH);
    delay(100);
    digitalWrite(led, LOW);
    delay(100);
  } else {
    noTone(speakerPin); // Detiene el tono si el valor del potenciómetro es menor o igual a 30
  }

  delay(100); // Espera 100 milisegundos antes de volver a leer el valor del potenciómetro
}
```

Fig. 6. Código para funcionamiento del sistema

Para conectar las entradas del circuito, se colocaron sensores de presión conectados en paralelo con el fin de que el código detecte señal en cualquier punto de los sensores y la interprete como una señal única para el código, esto garantizó el funcionamiento y su capacidad para detectar cambios de presión. Una vez completada esta fase, se corroboró la efectividad del sistema al generar el sonido deseado a través del buzzer.

Una vez completada la fase de simulación y confirmada la viabilidad del proyecto, se procedió a la etapa de implementación de las alertas. En la Fig 7, se llevó a cabo la conexión del buzzer y de los LEDs al sistema con el propósito de alertar al conductor en caso de que dejara de aplicar presión en el volante. Para ello, se establecieron conexiones específicas entre los componentes y el Arduino para poder soldarlas, siguiendo un diseño para garantizar un funcionamiento efectivo y una respuesta clara ante la situación detectada. La integración de estos elementos permitió crear un sistema de alerta visual y sonora que contribuye a mejorar la seguridad y la atención del conductor durante la conducción. Con esta configuración finalizada, el proyecto se encuentra listo para su evaluación y posible aplicación en casos reales de manera efectiva y confiable.

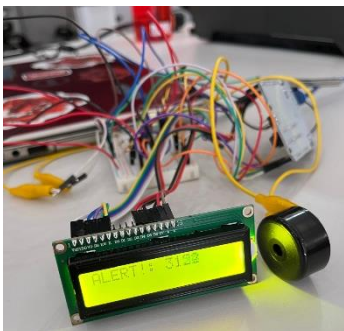


Fig. 7. Funcionalidad de las alertas visual y sonora

Por último, con el fin de proteger los microcomponentes y de presentar estéticamente el circuito, se diseñó una carcasa en el software CATIA, compuesto por dos piezas, la caja y la tapa, cuyas medidas totales son: 11x11x9 cm de la caja y 9.9x9.9x5 cm de la tapa. En la Fig 8 se puede observar el diseño en 3D de dicha carcasa, la cual se mandó a imprimir en 3D haciendo uso de filamento de acrílico para que resistiera algún golpe o caída, como se observa en la Fig 9, siendo de mucha ayuda para proteger el circuito y a los cables para que no se desconecten.

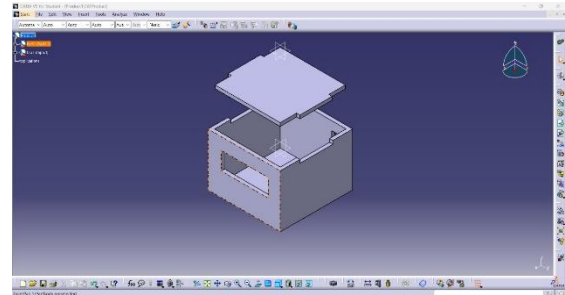


Fig. 8. Carcasa para protección de componentes

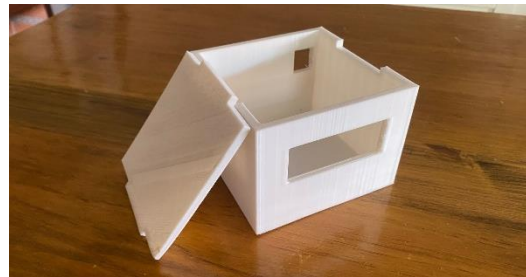


Fig. 9. Carcasa impresa en 3D

Resultados y Discusión

Tras la comprobación del funcionamiento del dispositivo y después de ciertas pruebas, se concluyó que el dispositivo cuenta con ventajas sobre sensores convencionales como lo es el Front Assist de Volkswagen y LKAS de Honda. Las pruebas realizadas se efectuaron en condiciones simuladas de conducción para validar la eficacia y precisión del sensor de fatiga, dichas condiciones fueron: cansancio, tomar agua y uso del teléfono celular. Se realizaron estas pruebas con diez conductores en tres situaciones diferentes con el objetivo de analizar la capacidad de reacción ante situaciones de riesgo. La elección de estas situaciones de riesgo está determinada por conocimiento empírico y calificadas como distracciones comunes de descuido del volante que pueden tornarse riesgosas. Los resultados demostraron que el sensor de presión integrado en el volante es preciso en la detección del nivel de sujeción, lo que resulta efectivo para alertar a conductores en caso de encontrarse en una situación de riesgo por fatiga de forma inmediata. Se realizó una comparación entre el sensor de fatiga desarrollado y otros sistemas de alerta ya existentes en la industria automotriz. Los resultados mostraron en la Tabla 1, que el sensor de presión integrado al volante es más efectivo en la detección temprana de la somnolencia. Esta comparación se basó en la precisión, la rapidez de detección y la capacidad de adaptación a diferentes condiciones de conducción.

Tabla 1: Tabla comparativa de sensores convencionales a sensor diseñado

Características	Sensores comerciales y convencionales	Sensor de fatiga asequible y fácil de instalar
<i>Adaptabilidad a diferentes conductores</i>	Puede no ser efectivo para todos los conductores	Adaptabilidad a diferentes estilos de conducción y hábitos del conductor
<i>Efectividad en la detección temprana</i>	Puede no ser efectivo para detectar la somnolencia en etapas tempranas	Efectivo para detectar la disminución del nivel de sujeción al volante antes de que la somnolencia se convierta en un problema grave
<i>Instalación</i>	Requiere instalación especializada	Fácil instalación con adhesivo no dañino y conexión USB
<i>Comodidad para el conductor</i>	Puede resultar intrusivo o incómodo	No intrusivo, no requiere dispositivos adicionales

Este sensor tiene una reacción inmediata y sensible en torno a la presión aplicada en el volante, es decir, la alerta es inmediata, lo que ayuda a alertar a tiempo al conductor. Por el otro lado, los sistemas convencionales existentes, son precisos, sin embargo, no emiten una alerta inmediata, estos almacenan información para formar un criterio y emitir una alerta, lo que puede resultar contradictorio para prevenir un accidente. Estos sensores convencionales son integrados en los automóviles desde su manufactura y ensamble, mientras que el sensor diseñado se puede adaptar a cualquier coche mientras se cumpla con la condición de tener una entrada USB o en su defecto, un adaptador de corriente de 12V.

Las pruebas realizadas se dividen en tres fases, durante la primera fase de pruebas, se obtuvieron 10 evaluaciones, como se muestra en la Fig 9, sobre el tiempo de reacción de los conductores ante la presencia de signos de somnolencia. Para esta fase, se consideraron varios factores adicionales los cuales incluyen el análisis de la respuesta del sensor ante diferentes niveles de fatiga. Además, en relación con el sistema de alerta, se examinaron varios aspectos como la precisión de las alertas emitidas, la claridad de los mensajes de advertencia y la capacidad de respuesta del conductor a las mismas. Se tomó en cuenta también la influencia de factores ambientales, como el ruido del tráfico y las condiciones climáticas, en la percepción y respuesta del conductor a las alertas del sistema. Los resultados obtenidos demostraron no solo la efectividad del sistema de alerta en detectar y prevenir la fatiga del conductor, sino también su capacidad para adaptarse a diferentes condiciones de conducción y entornos variables. Dentro de este estudio, se tiene un promedio de 1.6 segundos de reacción, siendo 2.8 segundos el tiempo más largo de reacción y 1.25 segundos el

tiempo más corto de reacción por parte del conductor, tomando este tiempo desde que empieza a sonar la alarma hasta que deja de sonar.



Fig. 9. Resultados de reacción del conductor con base en la detección de signos de somnolencia

El segundo caso de estudio se enfocó en evaluar la efectividad del sistema frente a una práctica común durante la conducción: el consumo de agua, mostrado en la Fig 10. Este comportamiento representa una distracción importante que puede comprometer la seguridad del conductor y de los demás usuarios de la vía.

Durante las pruebas, se observó que el tiempo máximo de reacción del conductor ante situaciones de este tipo fue de 6.55 segundos, mientras que el tiempo mínimo de reacción es de 4.0 segundos. Este hallazgo resalta la necesidad de considerar cómo actividades cotidianas pueden influir en la capacidad de reacción del conductor y, por ende, en su impacto en la seguridad vial.



Fig. 10. Resultados de reacción del conductor con base en la sujeción del volante tras el consumo de agua

El tiempo de reacción significativo durante el consumo de bebidas señala la importancia de hacer conciencia sobre los riesgos asociados con estas acciones que a su vez no están relacionadas con la conducción correcta mientras se está al volante. Asimismo, resalta la urgencia de implementar medidas efectivas para prevenir distracciones y fomentar comportamientos seguros en la carretera. Estos hallazgos pueden ser utilizados para informar y orientar el desarrollo de estrategias y políticas destinadas a mejorar la seguridad vial y reducir la incidencia de accidentes relacionados con la distracción del conductor.

El tercer y último caso de estudio se enfocó en el uso de dispositivos electrónicos como el celular al volante, una práctica que también afecta la velocidad de reacción del conductor. Se observa en la Fig 11 que la respuesta del conductor fue ligeramente más lenta debido a que los conductores tienden a contestar mensajes más allá de sólo observar las notificaciones. De igual forma, durante las pruebas se pudo ver que el sistema de alerta tarda unos

segundos más en activarse ya que los conductores tienden a sujetar el volante al mismo tiempo que sostienen el celular. Esta situación señala la amenaza de realizar múltiples tareas mientras se conduce y destaca la importancia de abordar la distracción causada por el uso del celular para garantizar la seguridad vial. Los hallazgos de este estudio resaltan la necesidad de desarrollar medidas efectivas para mitigar los riesgos asociados con esta práctica común y promover conductas de conducción seguras. En este estudio se puede observar que el tiempo máximo de reacción es de 7.1 segundos, mientras que el tiempo mínimo es de 4.1 segundos, lo cual, si se compara con los casos anteriores, resulta ser el tiempo mínimo más grande entre los tres casos.



Fig. 11. Resultados de reacción del conductor con base en la sujeción del volante tras el uso de un dispositivo móvil

Por último, con referencia a los tres casos estudiados, se realizó una comparación, como se observa en la Fig 12, la cual revela una importante diferencia en el tiempo de reacción del conductor ante la alerta del sensor de presión en el volante del automóvil. En la gráfica se puede observar que el consumo de agua prolonga significativamente el tiempo de respuesta, dicho tiempo es de 5.162 segundos, por lo que se concluye que esta actividad puede potencialmente distraer al conductor por un período extendido, lo que podría comprometer la atención y la seguridad en la conducción. Mientras tanto, en el caso de somnolencia, se puede observar un tiempo de reacción de 1.618 segundos, lo que significa que, en este caso, el sistema resulta ser más eficiente debido a que el conductor al escuchar la alerta sonora reacciona de forma casi inmediata para volver a tomar el volante de forma correcta y prestar atención al camino.

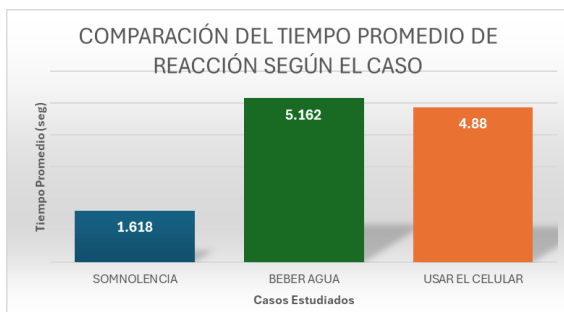


Fig. 12. Resultados de reacción del conductor con base en los diferentes casos de estudio

Estos resultados muestran la importancia de considerar cómo diversas acciones pueden afectar la capacidad de respuesta del conductor frente a situaciones críticas, señalando la necesidad de usar estrategias efectivas para mitigar la distracción y promover una conducción segura. De igual manera, se evaluó la facilidad de su instalación, la poca necesidad de dispositivos externos tras el uso del sensor de fatiga. El dispositivo es fácil de instalar de acuerdo con el diagrama de la Fig 13, donde se puede apreciar que únicamente se debe conectar a un puerto USB para que empiece a funcionar, y en caso de leer un valor menor al establecido (4.2 kgf) de presión, se activará la alerta visual y sonora, los sensores se colocan en el volante con ayuda de un adhesivo no corrosivo para el material. Este sensor se convierte en una alternativa accesible y práctica para los conductores de diferentes edades y niveles de experiencia.



Fig. 13. Diagrama de funcionamiento de sistema de alerta de fatiga

Aparte de la efectividad aprobada tras simulaciones en la detección temprana de la fatiga, el sistema desarrollado ofrece otras ventajas comparadas con los dispositivos de alerta ya existentes. Por ejemplo, mientras que el consumo de bebidas como agua, refrescos o energéticos disminuye el tiempo de respuesta del conductor por la distracción asociada, el sensor de presión es más eficiente en la detección de la fatiga que en el uso de dispositivos móviles. Aunque el tiempo de reacción puede ser ligeramente más lento cuando se utiliza un teléfono celular, la capacidad del sensor para identificar la disminución del nivel de sujeción al volante es crucial para prevenir accidentes. Además de estas ventajas, el sistema desarrollado detecta la fatiga y alerta al conductor oportunamente, lo que permite tomar medidas correctivas antes de que la somnolencia se convierta en un problema grave. Esta capacidad preventiva es fundamental para mejorar la seguridad vial y reducir el riesgo de accidentes automovilísticos. En relación con la mejora continua, uno de los aspectos que se puede explorar es la optimización del tiempo de respuesta del conductor en situaciones de distracción extrema, como el consumo de agua. Identificar y abordar estas áreas de mejora permitirá fortalecer aún más la efectividad y la utilidad práctica de este sistema de detección de fatiga. Finalmente, los resultados del estudio destacan la efectividad y la importancia del sistema de detección de fatiga en comparación con diversas distracciones comunes durante la conducción. Además de su

capacidad para detectar y alertar sobre signos tempranos de somnolencia de manera temprana y precisa, ofrece ventajas adicionales, como la capacidad de prevenir accidentes y mejorar la seguridad vial en general. Es importante resaltar que el sistema de detección de fatiga es una herramienta complementaria y no debe sustituir la responsabilidad del conductor de mantenerse alerta. Para futuras modificaciones en este tipo de sistemas, se podría añadir la implementación de señales análogas para evitar enredos en el volante, además de que podría efectuar su funcionamiento cuando los coches alcancen cierta velocidad porque la sujeción del volante puede verse variada dependiendo del entorno y la conducta del piloto en función de la velocidad que conducen.

Conclusiones, perspectivas y recomendaciones

Este proyecto permitió desarrollar un sensor de presión capaz de detectar cuando un conductor no es apto para manejar en función de su nivel de somnolencia. Este sensor va en el volante del vehículo y cada que el conductor deje de ejercer cierta presión en el mismo, sonará una alarma además de que la pantalla LCD proporciona una alerta visual. Para el desarrollo del sistema de alerta se seleccionaron los sensores para el prototipo, se tomó en cuenta desde la no intrusividad hasta la eficiencia y disponibilidad en el mercado. Después, se desarrolló el algoritmo que leería el

arduino para hacer funcionar el sistema de alerta; para esto, fue fundamental tener un proceso de prueba y error para garantizar la eficiencia en la detección de los patrones de fatiga. Durante el diseño físico del sistema en el volante se presentaron problemas de conectividad y durabilidad, sin embargo, se tomaron medidas preventivas como la aplicación de capas de termofil y soldadura.

Este proyecto no solo representa un logro técnico, sino también un avance significativo en la prevención de accidentes automovilísticos.

Se logró observar que los tiempos entre el caso de beber y agua y tomar el celular, no varía mucho, sin embargo, ambos casos comparados con el caso de somnolencia tienen una mayor variación de tiempo. Por ende, se llega a concluir que el hecho de estar cansado y escuchar la alerta hace que la persona reaccione más rápido, ya sea por atención o reflejo por parte del cuerpo humano.

Ahora bien, el sistema se limita a la detección de la sujeción al volante sin tener en cuenta los movimientos erráticos que realiza el conductor, lo que lleva a sugerir que el sistema se active a cierta velocidad. Asimismo, se recomienda realizar estudios de aceptación a los usuarios para evaluar su percepción y áreas de mejora del sistema. Por último, se sugiere incorporar una opción que permita al usuario moderar la iluminación de la pantalla para que sea visible y cómodo para la vista tanto de día como de noche.

Referencias

- [1] G. Chávez, «La Fatiga al Conducir,» ANTP, 2018. [En línea]. Available: <https://www.antp.org.mx/revista/86/articulo4.pdf>. [Último acceso: 15 marzo 2024].
- [2] M. Páez y E. Abarca, «Herramientas para la seguridad en la movilidad, modelos predictivos de somnolencia en conductores,» Instituto Mexicano del Transporte, Octubre 2017. [En línea]. Available: <https://imt.mx/resumen-boletines.html?IdArticulo=449&IdBoletin=168>. [Último acceso: 17 abril 2024].
- [3] INEGI, «Estadísticas a propósito del día mundial en recuerdo de las víctimas de accidentes de tránsito,» Instituto Nacional de Estadística y Geografía, noviembre 2022. [En línea]. Available: https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/aproposito/2022/EAP_VICACCT22.pdf. [Último acceso: 5 marzo 2024].
- [4] INFOBAE, «Casi mil accidentes de tránsito ocurren al día en México,» INFOBAE, noviembre 2022. [En línea]. Available: <https://www.infobae.com/america/mexico/2022/11/19/casi-mil-accidentes-de-transito-ocurren-al-dia-en-mexico-en-2021-se-reportaron-86-mil-victimas/>. [Último acceso: 17 abril 2024].
- [5] INEGI, «Accidentes de tránsito terrestre en zonas urbanas y suburbanas,» Insituto Nacional de Estadística y Geografía, 2022. [En línea]. Available: https://www.inegi.org.mx/app/indicadores/?ind=1006000039&?ag=21&tm=6#D1006000039_168#D1006000039_168#D1006000039_168#D1006000039_168. [Último acceso: 17 abril 2024].
- [6] UNAM, «¿Sabes dónde ocurren los accidentes viales en México?,» Fundación UNAM, diciembre 2016. [En línea]. Available: <https://www.fundacionunam.org.mx/unam-al-dia/donde-ocurren-accidentes-viales/>. [Último acceso: 10 marzo 2024].
- [7] CNS, «Accidentes y sus factores,» Comisión Nacional de Seguridad, 2018. [En línea]. Available: http://www.cns.gob.mx/portalWebApp/appmanager/portal/desk?_nfpb=true&_pageLabel=portals_portal_page_m2p_1p2&content_id=830068&folderNode=830052&folderNode1=810277. [Último acceso: 28 febrero 2024].
- [8] SEGOB, «Norma Oficial Mexicana NOM-194-SCFI-2015,» Diario Oficial de la Federación, mayo 2016. [En línea]. Available: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5436325&fecha=09/05/2016#gsc.tab=0. [Último acceso: 18 marzo 2024].

- [9] T. SUD, «Acerca de ISO 26262,» Seguridad Funcional Automotriz, 2022. [En línea]. Available: <https://www.tuvsud.com/es-mx/industrias/movilidad-e-industria-automotriz/automotriz-y-oem/seguridad-funcional-automotriz-segun-iso-26262>. [Último acceso: 12 marzo 2024].
- [10] C. Herrán, «Cómo funciona el sistema "Front Assist" de Volkswagen,» Autocasión, abril 2016. [En línea]. Available: <https://www.autocasion.com/actualidad/noticias/como-funciona-el-sistema-front-assist-de-volkswagen#:~:text=Controla%20la%20distancia%20con%20el,%27Front%20Assist%27%20de%20Volkswagen>. [Último acceso: 8 marzo 2024].
- [11] Carglass, «Mantenerse en el centro del carril: ¿Cómo funciona el sistema LKAS?,» Carglass, enero 2019. [En línea]. Available: <https://www.carglass.es/blog/conduce-seguro/mantenerse-en-el-centro-del-carril-como-funciona-el-sistema-lkas/>. [Último acceso: 20 febrero 2024].
- [12] Honda, «What is the Honda Lane Keeping Assist System?,» Vern Eide Honda, 2020. [En línea]. Available: <https://www.verneidehonda.com/what-is-honda-lane-keeping-assist/>. [Último acceso: 26 febrero 2024].