

Diseño e implementación de un dispositivo de alerta temprana utilizando un sistema de comunicaciones inalámbrica y móvil para prevenir accidentes de tránsito



Design and implementation of an early warning device using a wireless and mobile communications system to prevent traffic accidents

Oswaldo Geovanny Martínez Guashima.¹, Jorge Luis Paucar Samaniego.² & Edwin Xavier Guaranga Broncano.³

Recibido: 30-06-2021 / Revisado: 08-07-2021 / Aceptado: 27-07-2021 / Publicado: 05-08-2021

Abstract.

DOI: <https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v4i3.1.1836>

Introduction. An electronic device based on a wireless and mobile communication system has been developed to prevent traffic accidents. The signals measured in the driver were the blood alcohol concentration through a breath test and the heart rate. **Methodology.** Two physical blocks were implemented: processing block and control and measurement block and an alert and monitoring block consisting of two mobile applications compatible with smartphones. The communication between the blocks was carried out using WLAN technology, using the MQTT protocol of the application layer of the Open Systems Interconnection Model (OSI). **Results.** The information was processed with the free hardware platforms Node MCU and Raspberry Pi, within the control and measurement block, on the other hand, the alcohol sensor detects a concentration level greater than 0.3 gr / l. This automobile cannot start then a notification

¹ Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Informática y Electrónica. Riobamba, Ecuador. omartinez@esPOCH.edu.ec. <https://orcid.org/0000-0001-9018-7777>

² Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Informática y Electrónica. Riobamba, Ecuador. jlpaucar@esPOCH.edu.ec. <https://orcid.org/0000-0002-1704-8583>

³ Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Informática y Electrónica. Riobamba, Ecuador. edwin.guaranga@esPOCH.edu.ec. <https://orcid.org/0000-0002-6975-1254>

is sent over the internet via the 3G / UMTS network in this way knowing the location of the automobile and percentage of alcohol, Within the processing block, the information from the sensors is received through the Node-RED platform, where the connection to the early warning service is made. **Conclusion.** It was concluded by monitoring the pilot's biometric signals help to obtain control when operating machinery so requiring a user with high concentration and the use of wireless technologies makes it easier to obtain this information. It is recommended in the future to use the 5G network infrastructure, for better system performance.

Keywords: IoT, Accident Prevention, Alchohemia, Local Frequency, Wireless Local Area Networks.

Resumen.

Introducción. Se ha desarrollado un dispositivo electrónico basado en un sistema de comunicaciones inalámbricas y móvil para prever accidentes de tránsito. Las señales medidas en el conductor fueron la concentración de alcohol en la sangre a través de una prueba de aliento y la frecuencia cardíaca. **Metodología.** Se implementaron dos bloques físicos: bloque de procesamiento y bloque de control y medición; y un bloque de alerta y monitoreo que consta de dos aplicaciones móviles compatibles con smartphones. La comunicación entre los bloques se realizó mediante tecnología WLAN, utilizando el protocolo MQTT de la capa de aplicación del modelo de interconexión de sistemas abiertos (OSI). **Resultados.** La información fue procesada con las plataformas de hardware libre NodeMCU y Raspberry Pi, dentro del bloque de control y medición, si el sensor de alcohol detecta un nivel de concentración superior a 0.3gr/l. el automóvil no puede encenderse y se envía una notificación a través de internet mediante la red 3G/UMTS, con la información de la ubicación del automóvil y porcentaje de alcohol; de igual manera, se mide la frecuencia cardíaca y la información obtenida se muestra en la aplicación móvil de monitoreo. Dentro del bloque de procesamiento, la información de los sensores es receptada mediante la plataforma Node-RED, donde se realiza la conexión hacia el servicio de alerta temprana. **Conclusión.** Se concluyó que el monitoreo de señales biométricas ayuda a obtener precaución al momento de operar una máquina que requiere de una alta concentración del usuario y, el uso de tecnologías inalámbricas facilita la obtención de esta información. Se recomienda en un futuro utilizar la infraestructura de red 5G, para mayor rendimiento del sistema.

Palabras clave: IoT, Prevención de Accidentes, Alchohemia, Frecuencia Cardíaca, Redes de Área Local Inalámbrica.

Introducción.

Desde el momento en que las telecomunicaciones empezaron a formar parte importante del progreso de la comunicación humana, nuevas tecnologías de transmisión han ido surgiendo a lo largo del tiempo, estableciendo un fuerte vínculo de desarrollo y evolución.

En la actualidad, el uso de computadores se ha hecho imprescindible, llegando al punto en que los podemos encontrar en nuestros dispositivos de uso cotidiano como lo son los teléfonos celulares, los cuales, debido al gran avance tecnológico obtenido, nos permiten acceder a herramientas de acceso a varias aplicaciones. Una de ellas es el internet, haciendo posible de una manera dinámica, la compartición de información entre computadores, que nos permita el control remoto de sistemas físicos (Delgado Reyes & Valdez, 2012).

Actualmente, los accidentes de tránsito han ocurrido con mucha más frecuencia, dando a notar que dentro de los sistemas automovilísticos hace falta una forma de monitoreo en tiempo real, puesto que, existen varios factores por los cuales pueden ocurrir estos hechos devastadores con consecuencias irreparables. Debido a varias circunstancias a las que la persona responsable del vehículo se encuentre intervenido, puede llegar a cambiar la forma en cómo se desenvuelva en el volante y, en el caso de hacerlo de una manera indebida, provocar accidentes de tránsito con resultados devastadores (Alonso et al., 2004).

De acuerdo con la Agencia Nacional de Tránsito (ANT), en el Ecuador la cuarta causa probable de muerte es el conducir en estado de alcoholemia, esto lleva a los agentes de tránsito a promover campañas de concientización para generar en el usuario del vehículo una preocupación y prevención ya que es un problema grave de salud pública que día a día se viene presentando con consecuencias irreparables (Agencia Nacional de Tránsito del Ecuador, 2019).

Dentro de los factores de riesgo, se encuentran también la fatiga que el conductor obtiene debido a largas horas de trabajo sin descanso, haciendo más probable que suceda un accidente de tránsito ya que implica la realización de maniobras riesgosas en el volante (Alonso et al., 2004). Cuando el conductor se ha sometido a largos períodos de conducción durante su jornada de trabajo, está logrando que la fatiga se intensifique de tal manera que puede llegar a afectar su estado psicofísico (estrés, ansiedad, prisa) (Varcárcel, 2008).

A. *Justificación Teórica*

La seguridad vial se ha convertido en una prioridad social en la que están involucrados los derechos humanos y de salud pública, convirtiéndose en un problema de gran magnitud con consecuencias económicas, sociales y de salud. De esta problemática surge la necesidad de desarrollar nuevas ideas con protocolos de seguridad basados en avances tecnológicos que permitan un análisis de situaciones de peligro y brindar estrategias de prevención. La innovación tecnológica se presenta con métodos de acuerdo con varias líneas de investigación: disponibilidad en tiempo real de información sobre movilidad, conectividad entre agentes involucrados en el tráfico, sistemas de señalización interactiva, conducción autónoma, entre otros. Estas nuevas tecnologías tienen como objetivo disminuir la posibilidad de que existan siniestros y mejorar la movilidad de los

ciudadanos, a través de una planificación temprana adaptada a condiciones involucradas con el tráfico (Ministerio del Interior - Dirección General de Tráfico (DGT), 2017).

De acuerdo con el reglamento ecuatoriano a la ley orgánica de transporte terrestre, se menciona en el Art. 244 que, para efecto del cumplimiento de la ley, el estado de embriaguez se define como la pérdida transitoria de la facultad física y mental debido al consumo de bebidas alcohólicas y sustancias estupefacientes que disminuyen la capacidad de operación de cualquier tipo de vehículo. Por lo tanto, se consideran como niveles máximos permitidos 0.8 gr/litro de alcohol por litro de sangre o 0.4 mg/litro de alcohol en aire expirado para quién conduzca un vehículo, caso contrario se considera al individuo en estado de embriaguez y se procede a la detección de posibles intoxicaciones por alcohol o sustancias estupefacientes (Defensoría Pública del Ecuador, 2009).

Según la información proporcionada por la Agencia Nacional de Tránsito (ANT), el 40% de los accidentes se han producido por conducir desatento a las condiciones de tránsito, el 11% por exceso de velocidad, el 8% por no mantener la distancia prudencial, un 0.6% por conducción bajo efectos de fatiga y un 8.4% por conducción bajo los efectos del alcohol. Entre los principales afectados por siniestros de tránsito se encuentran al conductor del vehículo con un 74%, un 13% de peatones, un 12% de pasajeros y un 0.01% correspondiente a otros afectados (Agencia Nacional de Tránsito del Ecuador, 2019).

La imprudencia que lleva al chofer a conducir con exceso de velocidad puede ser provocada por fatiga. Los niveles altos de fatiga y cansancio pueden provocar un aumento temporal de la presión arterial, lo que lleva a que el conductor no se encuentre en condiciones de operar un automotor (Mayo Clinic Foundation, 2019).

El monitoreo del chofer del vehículo es de vital importancia ya que permite conocer su estado, en tiempo real. Contar con este sistema permitirá tomar 3 medidas de ayuda para seguridad del encargado del vehículo, como: estado psicofísico, sobriedad o embriaguez y posicionamiento en tiempo real del vehículo.

B. Justificación Aplicativa

El proyecto por realizar es el diseño de un sistema de comunicaciones inalámbricas, el cual va a permitir el monitoreo al chofer del vehículo. Dicho monitoreo permitirá tener una idea del estado psicofísico de la persona, nivel de alcohol en la sangre, al igual que la posición actual del vehículo para, en base a los datos obtenidos, ser evaluados y conocer si puede o no el chofer ser apto para el manejo del automóvil.

Por ello este proyecto se apoya en el desarrollo de un prototipo para el monitoreo del chofer de un automóvil en tiempo real, mediante el uso de sensores conectados y controlados con la tarjeta de desarrollo, logrando con esto establecer una alternativa de precaución y seguridad para el usuario, ya que en la actualidad el índice de accidentes de tránsito ha aumentado considerablemente.

Los sensores de alcohol, pulso cardíaco y GPS se conectan inalámbricamente a la tarjeta de desarrollo la cual transmitirá los datos recibidos en forma de alerta, mediante comunicación 3G, hacia algún familiar o persona asociada al conductor del vehículo.

C. *Objetivos*

General:

Diseñar e implementar un dispositivo de alerta temprana utilizando un sistema de comunicaciones inalámbrica y móvil para prevenir accidentes de tránsito.

Específicos:

- Analizar mediante bibliografía los sistemas de sensorización en automóviles para prevenir accidentes de tránsito.
- Diseñar un prototipo multimodal utilizando redes inalámbricas y tarjetas de desarrollo.
- Implementar un prototipo que permita conocer la ubicación, controlar el encendido del automóvil y monitorear al conductor.
- Evaluar el prototipo mediante pruebas de campo.

Metodología.

En el presente apartado se muestra la metodología en la cual nos hemos basado para la construcción del proyecto, la arquitectura del sistema que se quiere aplicar, además de los dispositivos utilizados con sus respectivas funciones y el software utilizado para cumplir con los objetivos del prototipo.

A. *Metodología de Investigación*

Se requiere de una Revisión Documental que permita sustentar toda la investigación, haciendo uso de fuentes bibliográficas que contengan información relacionada con el tópico que estamos presentando y poder lograr una comparativa final de resultados con otros estudios previamente elaborados. Esta revisión se resume en tres etapas:

- Consulta documental. –donde se realiza una consulta general acerca del contexto.
- Contraste de la información. –permite validar la información, y acceder a nueva información en el caso de que existan dudas durante la investigación.
- Análisis histórico. –donde se aprecia la evolución de conocimientos que han existido sobre el tópico.

B. *Metodología de Implementación*

La implementación está basada en el modelo orientado a prototipos, con una serie de pasos propuestos que guían a la construcción rápida, total o de algunas partes del sistema. Permite reconocer si el dispositivo propuesto cumple con los objetivos de solución al

problema, evitando así la incertidumbre en el proceso de desarrollo. La metodología presenta las siguientes etapas:

- ✓ Investigación preliminar. – donde se identifica el problema de accidentes vehiculares por causas probables y se propone una idea general de solución.
- ✓ Definición de los requerimientos del sistema. - permite determinar los requerimientos para el cumplimiento y entrega de una solución al problema.
- ✓ Diseño técnico. - donde se establece la arquitectura del sistema junto con sus respectivos escenarios de prueba.
- ✓ Programación y prueba. – nos permite realizar las pruebas con que permitan la comprobación del funcionamiento del sistema.
- ✓ Operación y mantenimiento. - permite colocar al dispositivo en un entorno real con el fin de ponerlo en operación e identificar posibles fallos para su corrección.

Para poder realizar las pruebas de campo se ha tomado como población objetivo, a la ciudad de Riobamba, particularmente en el sector de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, a un grupo selecto de personas propietarias de un vehículo en el cual el dispositivo se pueda colocar para comprobación de su funcionamiento una vez completado su desarrollo.

C. Análisis de datos e información

Se ha tomado como referencia la metódica de investigación del análisis cualitativo debido a que los datos recibidos son heterogéneos pero importantes para poder llegar a la cifra concluyente que será reconocida como principal resultado de la operación.

En este proceso se tomará en cuenta el análisis de la información con artículos relacionados con los niveles de alcoholemia tolerables para el manejo de un vehículo y las sanciones respectivas.

De igual manera se realizará una comparativa rápida con los valores de signos vitales establecidos como normales en una persona mediante las mediciones de frecuencia cardíaca. Los valores entregados por el prototipo se pueden comparar con los valores que presentan los dispositivos que se encuentran en el mercado para tal cometido.

D. Arquitectura del sistema

La estructura del presente proyecto se divide en tres bloques: bloque de medición y control, bloque de procesamiento y comunicación, bloque de alerta y monitoreo, detallados en la Figura 1.

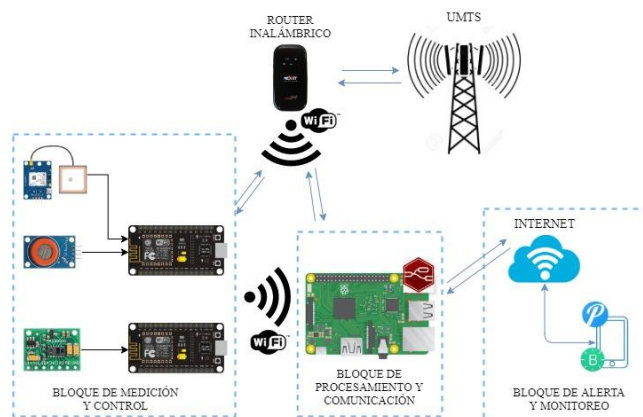


Figura 1. Arquitectura del sistema
Fuente: Elaboración propia.

Se muestran los dispositivos encargados de obtener la información necesaria para que el dispositivo sea capaz de cumplir con el objetivo propuesto. Por lo tanto, en esta etapa se encuentran los sensores cuyos datos a obtener, en función del conductor del automóvil, son el nivel de alcohol en la sangre y los latidos por minuto. También se mide la posición aproximada del vehículo que se encuentra en operación, además de los dispositivos alternativos que permitirán el control de encendido del automóvil.

El procesamiento de la información obtenida por los sensores utilizados se lo realizará mediante el uso de tarjetas de desarrollo, cuyas características de hardware nos permitirán su tratamiento a través de la programación, con la cual será posible su evaluación, corrección, y acondicionamiento, para posteriormente su ejecución y obtención en su etapa final. Además, la tecnología de comunicación que estas tarjetas de desarrollo nos brindan, permitirá la transferencia de datos desde el módulo inicial hasta el módulo final.

El monitoreo de la información procesada se visualiza en una aplicación móvil y la alerta se envía hacia el dispositivo de algún familiar o persona cercana al conductor, la misma que llegará en forma de notificación push con la información en caso de que el mismo se encuentre en condiciones no aptas para el correcto manejo del vehículo.

E. Raspberry Pi y Sistema Operativo

Es un ordenador de placa reducida de bajo costo, diseñada con el objetivo de estimular la enseñanza y conocimiento de las ciencias de la computación, además de orientar a los usuarios de todo el mundo a resolver problemas importantes que requieren de procesos informáticos. Su funcionamiento se basa principalmente en el uso de software libre, siendo así su sistema operativo oficial una versión adaptada de Debian, denominada Raspbian (Raspberry Pi Foundation, 2019).

Desde su lanzamiento en el año 2012, con la primera versión Raspberry Pi 1, ha venido evolucionando hasta el día de hoy presentando su último modelo lanzado en 2019, la Raspberry Pi 4, cuyos esquemas se siguen basando en los modelos A y B.

Se ha seleccionado el sistema operativo Raspbian OS, debido a que es una distribución libre que permite la optimización de aplicaciones basadas en IoT con soporte oficial por parte de sus desarrolladores, además de ser compatible en su totalidad con las especificaciones de la placa Raspberry Pi modelo 3B. Tomando en cuenta la aplicación final del dispositivo propuesto, el bajo costo y facilidad de adquisición, se ha elegido la plataforma de desarrollo a la tarjeta Raspberry Pi modelo 3B y el sistema operativo Raspbian.

F. *Sensor de gas MQ-3*

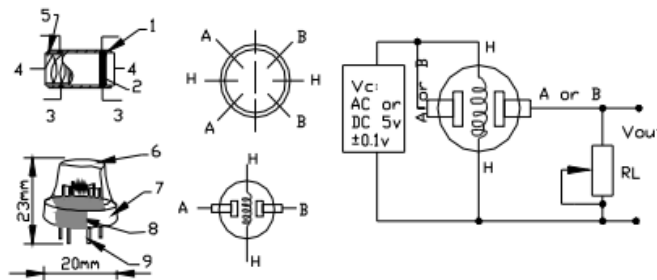


Figura 2. Arquitectura del sistema
Fuente: (HANWEI ELETRONICS CO., 2015).

Este sensor detecta la concentración de alcohol en el aire. Al conectarse a una entrada analógica de un microcontrolador como el ESP8266, podremos medir la concentración de alcohol. Además, posee una salida digital capaz de ser calibrada con un potenciómetro, y un led indicador que se enciende al momento de detectar la presencia de alcohol.

Cuenta con la tapa, el cuerpo y 6 pines de los cuales se utilizan sólo 4 de ellos. Dos de ellos son para el sistema de calefacción, como se muestra en la Figura 2, marcados con la letra H y los otros 2 son para la conexión de alimentación y de tierra, marcados con las letras A y B.

En el interior del sensor, encontraremos un pequeño tubo, correspondiente al sistema de calefacción compuesto por óxido de aluminio y dióxido de estaño, y dentro de éste hay unas bobinas, encargadas de producir el calor.

Tomando en cuenta la sensibilidad del sensor MQ-3 para los gases como el alcohol y etanol, además de su bajo costo, se lo ha escogido para la implementación del dispositivo propuesto.

G. *MAX30100 sensor de pulso y oxímetro*

Es un sensor de pulso y oxígeno en la sangre muy versátil y de bajo consumo, cuenta con un emisor LED y un fotodiodo, ambos montados en un único elemento sensor, como se indica en la Figura 3. El pulso se detecta midiendo las variaciones en la intensidad de luz medida, mientras que la oxigenación se calcula midiendo la variación de color de la

sangre. Para estas operaciones, cuenta con circuitería de precisión y bajo ruido para el procesamiento de la señal.



Figura 3. Sensor de pulso y oxímetro MAX30100
Fuente: (Electron Perdido, 2019).

Se ha seleccionado el sensor oxímetro de pulso MAX30100, tomando en cuenta sus características de bajo costo y la fiabilidad al momento de realizar las mediciones de pulso cardíaco.

H. Módulo GPS NEO U-BLOX 7M



Figura 4. Módulo GPS Neo U-Blox 7M
Fuente: Elaboración propia.

El uso de estos dispositivos radica principalmente en proyectos que requieren de posicionamiento GPS, en lugares abiertos donde se pueda recibir la señal de manera fiable. La ventaja del uso de este módulo es su compatibilidad con una alta gama de microcontroladores existentes en el mercado.

Como se indica en la Figura 4., se ha escogido este dispositivo por las prestaciones que ofrece y su bajo costo.

I. Estándar WLAN 802.11

El estándar 802.11 hace referencia a la comunicación inalámbrica mediante conexión Wi-Fi, la cual permite la transferencia de datos en un rango de distancia fiable desde un dispositivo a otro que se encuentre suscrito a la misma red. Existen en el mercado una

gran variedad de dispositivos que logran esta conexión debido a que comparten un mismo canal de comunicación síncrona y operan a la misma frecuencia de operación. Se sirve del modelo de referencia OSI (Sistema de interconexión abierto, Open System Interconnection), el cual divide la capa de enlace de datos de las redes LAN en dos subcapas: Control de Enlace Lógico (LLC) y MAC. Las capas LLC de los estándares 802.11 y 802 son las mismas con el objetivo de que el funcionamiento sea transparente respecto a las capas superiores. La subcapa LLC es la encargada de las operaciones de la subcapa MAC y la capa física (IEEE, 2007).

J. Protocolo MQTT

MQTT (Transporte de telemetría de cola de mensajes, Message Queue Telemetry Transport), es un protocolo máquina a máquina (M2M) de la capa de aplicación del modelo OSI. Inventado por el Dr. Andy Stanford de IBM y Arlen Nipper de Arcom (ahora Eurotech) en el año 1999, se basa en un protocolo de mensajería de tipo publicación/suscripción.

Una de las ventajas de este protocolo, es que es extremadamente simple y ligero. Por este motivo es orientado a sistemas que requieren poco ancho de banda, tienen una alta latencia y requieren de poco consumo de los dispositivos.

Los objetivos del protocolo MQTT son: minimizar el ancho de banda, la comunicación bidireccional entre dispositivos, minimizar los requerimientos de los dispositivos, tanto de recursos como consumo, y garantizar la fiabilidad sin dejar de lado la seguridad de la información, ya que soporta el cifrado mediante la capa de puertos seguros (SSL); sin embargo, en el instante que se utiliza el cifrado, se añade sobrecarga a la red y a los microcontroladores.

El protocolo presenta tres componentes que operan en torno a un tema, (topic) determinado: suscriptor, publicador y bróker. El dispositivo que se registra como bróker se encarga de informar al dispositivo que se registra como suscriptor la información que, el dispositivo registrado como publicador, haya obtenido de acuerdo con un tema en particular. Es así como, el publicador transmite a todos los suscriptores mediante el bróker. El bróker entonces se encarga de comprobar que los suscriptores y publicadores estén autorizados para la transferencia de información.

De acuerdo con este principio, el protocolo MQTT se ha convertido en el ideal para aplicaciones de IoT, ciudades inteligentes y todo tipo de escenarios que requieran de comunicaciones máquina a máquina, ya que representa una solución fiable en casos prácticos que requieran de bajo consumo de recursos, entornos abiertos y alertas tempranas. En la Figura 5, se muestra el funcionamiento básico del entorno MQTT.

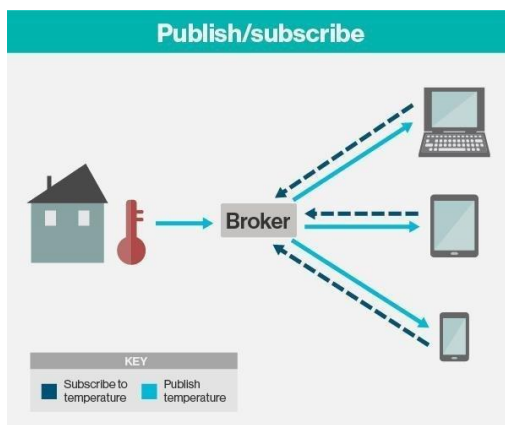


Figura 5. Entorno de red que utiliza el protocolo MQTT

Fuente: (Crespo, 2019)

K. Tarjetas inalámbricas ESP8266

ESP8266 es un chip integrado con una antena que permite la conexión Wi-Fi y que además es compatible con el protocolo TCP/IP de la capa de transporte del modelo OSI. Fue diseñado con el objetivo de brindar a un microcontrolador el acceso a una red. Las ventajas principales encontradas en este dispositivo son: su bajo consumo de recursos, además de su bajo costo, y su programación es totalmente compatible con el entorno de Arduino IDE, convirtiéndose en una herramienta ideal para aplicaciones IoT.

Se ha tomado en cuenta la placa NodeMCU en su versión 2.0, gracias a su bajo costo, bajo consumo de recursos y mejores especificaciones.

L. Redes de acceso 3G

La tecnología 3G supone un cambio importante en la telefonía celular. Gracias a la técnica de acceso múltiple por división de código de banda ancha (WCDMA), tiene una mejor eficiencia espectral para ofrecer a los usuarios la posibilidad de tener acceso a internet a través del protocolo IP. La transferencia de datos basada en la conmutación de paquetes se establece en un área de cobertura extensa de acuerdo con la arquitectura de esta red.

En comparación con la tecnología GSM/GPRS, se han añadido los elementos UTRAN Y GERAN (Heikki Kaaranen, Ari Ahtiainen, Lauri Laitinen, Siamäk Naghian, 2005).

La conexión a internet mediante la tecnología 3G requiere de la implementación de los siguientes elementos:

- ✓ Transporte IP en todo el sistema; desde la BS hasta la puerta de enlace de la frontera de la red.
- ✓ Introducir un subsistema multimedia IP (IMS) para comenzar a utilizar ampliamente varios servicios multimedia.
- ✓ Unificar la interfaz abierta entre y redes centrales.
- ✓ Obtener mayor capacidad en la interfaz aérea UTRAN con respecto al enlace descendente.

Estos cambios implementados con respecto a las tecnologías anteriores permiten que una estación móvil suscrita a la red 3G, pueda tener acceso a internet.

M. Router inalámbrico 3G

Es un dispositivo que cumple la función de brindar conectividad a una red a todos los dispositivos que se encuentren interconectados al mismo. La ventaja principal de un router que funciona a través de la tecnología 3G, es el aprovechamiento de la amplia cobertura que esta ofrece. Su funcionamiento consiste en insertar la tarjeta SIM dentro del router para que este pueda conectarse a la red de la operadora de telefonía celular, la cual brindará el acceso a internet de acuerdo con las características de conectividad ofrecidas en su plan de servicios.

N. Monitoreo y alerta temprana

Existe una gran variedad de aplicaciones diseñadas para smartphones, con características que nos permiten visualizar la información tomada por los sensores que se encuentran conectados a la red.

Para el monitoreo, se ha elegido la aplicación Blynk debido a que se encuentra disponible tanto para sistemas iOS como Android, además tiene una mayor compatibilidad con los dispositivos de gama media y baja, que la mayoría de los usuarios poseen.

Los resultados de la medición de alcoholemia del conductor se deben mostrar en tiempo real en forma de alerta hacia el familiar o persona cercana al conductor. Por lo tanto, es necesario incluir en el diseño, una aplicación que obtenga la información medida, encapsulada en una notificación en el teléfono móvil del usuario final.

Se ha elegido la aplicación Pushover debido a su compatibilidad con sistemas iOS y Android, además de estar disponible para dispositivos de gama media y baja, y su bajo costo de licencia con un pago único que permita acceder a todos sus servicios.

O. Diseño del bloque de procesamiento

Se realiza la instalación del sistema operativo Raspbian OS, que se encuentra disponible para su descarga gratuita en formato de imagen ISO, en la página web oficial: <https://www.raspberrypi.org/downloads/>.

Node-RED, es una herramienta de desarrollo utilizada para la integración de dispositivos de hardware IoT, basada en flujo de código abierto, interfaces de programación de aplicaciones (API) y servicios en línea, desarrollados por IBM Emerging Technology. Es una herramienta gratuita basada en JavaScript, que proporciona un editor de flujo visual basado en navegador. El sistema contiene nodos representados por los iconos apropiados. Funciona de dos modos: arrastrar, soltar y conectar nodos; o mediante la importación de un código JavaScript. [11]

Como se indica en el apartado anterior, para lograr establecer una conexión MQTT, es necesario iniciar un ‘Topic’, al cual se suscribirán cada uno de los bloques de acuerdo con la función especificada:

- ✓ auto/pulso; Bloque de medición y control (pulso cardíaco)
- ✓ auto/alcohol; Bloque de medición y control (alcoholímetro y GPS)

Cada Topic es configurado en un nodo llamado “mqtt in” que se encuentra en la paleta de nodos, el cual recibe los mensajes mqtt transmitidos desde las tarjetas NodeMCU, con la información de los sensores.

A continuación, se procede con la configuración del nodo Pushover, el cual enviará la información recibida del módulo de control y medición de alcoholemia hacia el teléfono móvil del usuario final en forma de notificación.

Una vez arrastrado el nodo de Pushover hacia el flujo, se procede a configurarlo de manera similar a los nodos MQTT; haciendo doble clic sobre éste, se abrirá un panel de configuración el cual nos permitirá establecer el título de la notificación, el nombre del dispositivo el cual estará suscrito al servicio y las claves de usuario y api.

Para finalizar con la estructura del flujo, desde la paleta de nodos se puede incorporar el nodo “debug”, el cual permitirá la visualización en tiempo real de los datos que se encuentran llegando al nodo con el que está conectado. El escenario final se muestra a continuación en la Figura 6.

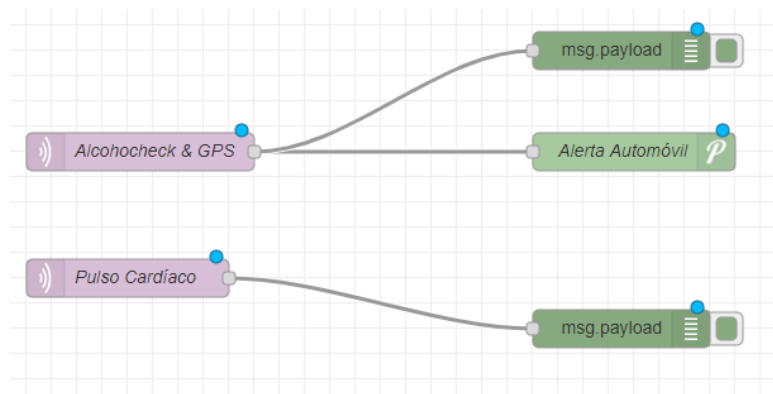


Figura 6. Flujo del funcionamiento del prototipo en Node-RED
Fuente: Elaboración propia.

P. *Diseño del bloque de control y medición*

En el nodo de control y medición de alcoholemia, el dispositivo sensor de alcohol se energiza con 5V, entregados por el pin Vin de la tarjeta de desarrollo. La programación para el funcionamiento del nodo se la realiza a través del entorno IDE de Arduino, en donde se integra la librería TinyGPS ++ para el correcto funcionamiento del módulo GPS, entregando las coordenadas en función de latitud y longitud, dato que será posteriormente enviado hacia el usuario final junto con el porcentaje de alcohol medido.

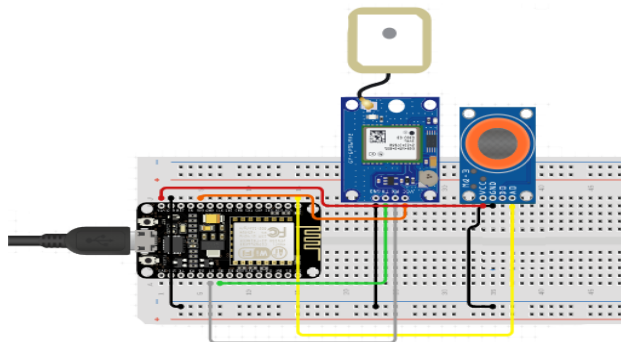


Figura 7. Nodo de control, y medición de alcoholemia
Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 7, se muestra con detalle el esquema de implementación del nodo de control y medición de alcoholemia.

El nodo de medición de pulso cardíaco se encarga de medir los latidos por minuto (LPM) del conductor cuando se posiciona su dedo índice o pulgar sobre el emisor led del sensor. Este parámetro se mostrará mediante un sonido de alerta si el pulso del chofer sale de los valores normales, entre 60 a 100 LPM, lo que significa que la persona se encuentra en un estado de estrés o cansancio.

La programación para el funcionamiento del nodo se la realiza a través del entorno IDE de Arduino, en la cual se integra la librería MAX30100 y la librería BlynkSimple para el correcto funcionamiento del sensor. La visualización de los datos recibidos se puede apreciar en la pantalla OLED al igual que en la aplicación Blynk desde nuestro dispositivo móvil.

En la Figura 8, se muestra con detalle el esquema de implementación del nodo de control y medición de pulso cardíaco.

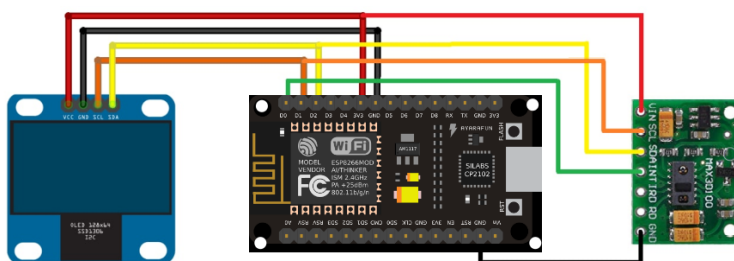


Figura 8. Nodo de medición de pulso cardíaco
Fuente: Elaboración propia.

Q. Diseño del bloque alerta y monitoreo

Para el sistema de alerta temprana, es necesario el registro del teléfono móvil; se accede al panel de control de Pushover mediante el navegador web de un ordenador para poder obtener las claves de usuario y aplicación (API key), necesarias para la conexión con el bloque de procesamiento con Node-RED. A través de la dirección web <https://www.pushover.net/>, se muestra la página principal con la información referente a

la aplicación de notificación creada, los dispositivos registrados, grupos de envío, correos electrónicos de referencia y la clave de usuario.

Para el sistema de monitoreo se optó por Blynk; es una aplicación que nos permite monitorear dispositivos basados en IoT. Al igual que la aplicación Pushover, posteriormente a su descarga, es necesario crear una cuenta de usuario con un correo electrónico y una contraseña. Las herramientas de visualización de datos en la aplicación Blynk funcionan a través de entradas de datos analógicas, digitales y virtuales.

Se ha añadido un valor de lectura para recibir los datos de saturación de oxígeno en la sangre, valor adicional que se puede obtener gracias a una de las funciones del módulo sensor de pulso cardíaco MAX30100. La tasa de lectura de datos se ha establecido en el valor Push, debido a que el monitoreo se lo hace en tiempo real al mismo instante que se realiza la lectura en el sensor. Se ha establecido el valor límite de LPM a 120 y en 100 al nivel máximo de saturación de oxígeno en la sangre.

R. *Implementación*

Luego de haber realizado el diseño del sistema y configurar los dispositivos como los sensores, programación de tarjetas de desarrollo, se procede a la implementación del prototipo de acuerdo con lo expuesto en el apartado de diseño del sistema. El diseño implementado se muestra en la Figura 9.

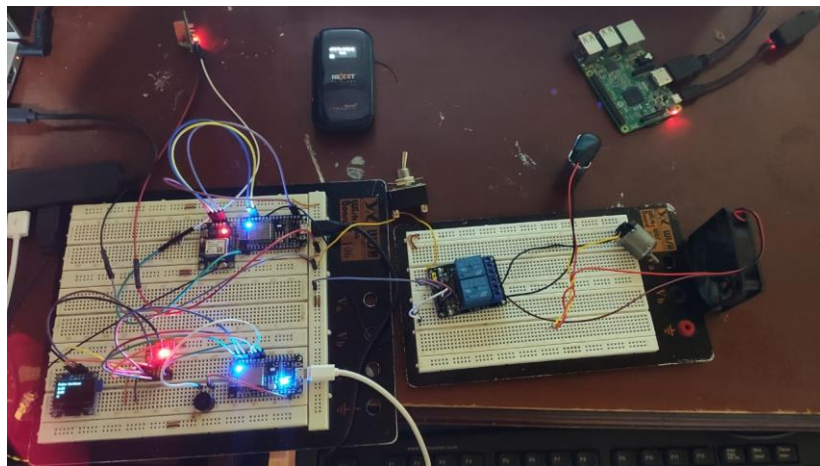


Figura 9. Implementación del prototipo
Fuente: Elaboración propia.

Resultados.

A. *Nivel de alcohol en la sangre*

Se ha tomado en cuenta dos tipos de bebidas alcohólicas, cerveza y ron (licor), ejemplares de bebidas que suelen ser consumidas en general.

Para poder iniciar con las mediciones se ha esperado un lapso de 15 a 20 minutos a partir de que la persona empezó a ingerir alcohol, debido a que durante este tiempo el alcohol se va a concentrar en el organismo del individuo y el aliento provendrá desde su interior,

lo que permitirá medidas más precisas.

Las pruebas se han realizado en individuo de sexo masculino de 25 años, con un peso de 80kg, estos resultados se presentan en la Tabla 1.

Tipo de Bebida	Tiempo	Prototipo mg/L	Conducción
	< 15 min	0,10	OK
Cerveza	= 15 min	0,35	STOP
	> 15 min	0,51	STOP
	< 15 min	0,30	OK
Ron (licor fuerte)	= 15 min	0,57	STOP
	> 15 min	0,75	STOP

Tabla 1. Datos obtenidos - alcoholemia
Fuente: Elaboración propia.

B. Frecuencia cardíaca

Se ha comparado las medidas de frecuencia cardíaca obtenidas por nuestro dispositivo, con las medidas tomadas de una pulsera inteligente marca Xiaomi Mi Band 4, dispositivo encontrado muy comúnmente en el mercado, de tal manera que se pueda analizar la fiabilidad y precisión de nuestro sistema.

Las muestras se las ha realizado a una persona de 25 años cuya actividad diaria supone un esfuerzo físico en el que se pueden denotar variaciones en su frecuencia cardíaca. Una vez encendido el dispositivo se ha realizado la comparación entre dispositivos con un total de 45 muestras tomadas que se han distribuido a lo largo del día, en la mañana, tarde y noche, con un intervalo de medición de 4 minutos por cada muestra.

Hora	N° de Muestra	Prototipo (LPM)	Mi Band 4 (LPM)	Error Absoluto
8H00 - 9H00 AM	1	65	68	3
	2	67	69	2
	3	70	69	1
	4	68	70	2
	5	70	71	1
	6	69	71	2
13H00 - 14H00 PM	16	84	83	1
	17	85	88	3
	18	83	80	3
	19	80	79	1
	20	80	77	3
	21	71	70	1

Tabla 2. Datos obtenidos – frecuencia cardíaca

Hora	N° de Muestra	Prototipo (LPM)	Mi Band 4 (LPM)	Error Absoluto
19H00 - 20H00 PM	40	71	71	0
	41	75	77	2
	42	74	72	2
	43	70	71	1
	44	74	74	0
	45	71	70	1
Desviación estándar		6,13	5,58	
Promedio		73,72	73,89	1,61
Error Absoluto Promedio				

Tabla 2. Datos obtenidos – frecuencia cardíaca (continuación)

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede apreciar en la Tabla 2, los datos obtenidos por nuestro sistema muestran una variación aproximada de 0 a 2 puntos de diferencia con respecto a la pulsera inteligente, obteniendo un error absoluto promedio de 1.61 y una desviación estándar que demuestra que los datos no se encuentran muy alejados a la medida. Este análisis nos demuestra que nuestro diseño es un equipo confiable al momento de presentar información certera.

C. *Monitoreo*

Se muestran los resultados del monitoreo de acuerdo con los datos enviados por nuestro sistema. Estos datos son enviados a través de internet mediante el uso de la infraestructura de red UMTS/3G. Se registran los datos de medición de alcohol y ubicación del vehículo, debido a que son los parámetros de mayor importancia e influencia cuando se producen accidentes de tránsito.

Cuando el automotor no puede encenderse debido a que se ha fallado la prueba de aliento, para conocer la concentración de alcohol en la sangre del conductor se envía su ubicación y el porcentaje de concentración de alcohol que ha sido tomado en el instante de prueba. Los datos que llegan desde el bloque de control y medición son enviados a través de la plataforma Node-RED que se encuentra instalada en el módulo de procesamiento, como se indica en la Figura 10.

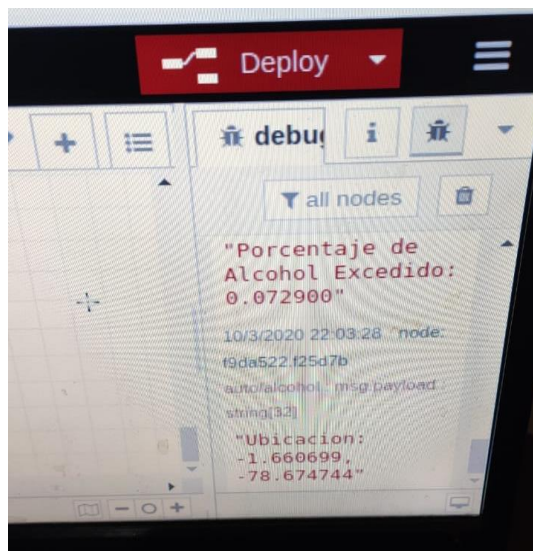


Figura 10. Datos recibidos en la plataforma Node-RED
Fuente: Elaboración propia.

Los datos son enviados hacia el dispositivo final donde son mostrados al usuario mediante la aplicación Pushover, a manera de alerta temprana, como se muestra en la Figura 11.

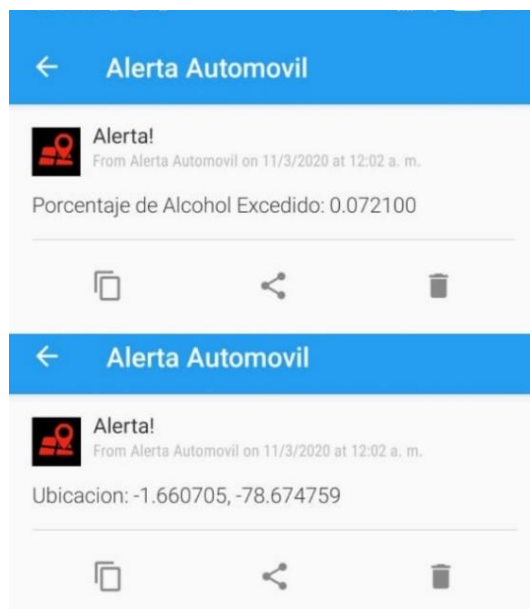


Figura 11. Notificación en aplicación móvil Pushover
Fuente: Elaboración propia.

La aplicación permite al usuario conocer la ubicación del automóvil mediante las coordenadas dadas en latitud y longitud. Estos valores se pueden colocar en cualquier aplicación de posicionamiento geográfico que tenga el dispositivo smartphone del usuario ya sea iOS, Android u otro sistema operativo móvil. En nuestro caso hemos utilizado la aplicación Google Maps para poder apreciar la ubicación del vehículo, como se muestra en la Figura 12.



Figura 12. Ubicación del vehículo mostrada en Google Maps.

Fuente: Elaboración propia.

Conclusiones.

- Se implementó un dispositivo prototipo de alerta temprana utilizando un sistema de comunicaciones inalámbrico y móvil, que permitió el monitoreo del conductor basándose en sus señales biométricas fomentando en el conductor una conducción responsable.
- Se determinó que la prueba de alcoholemia realizada en el dispositivo tiene una fiabilidad del 100%, para lo cual fue necesario la calibración del sensor MQ-3 de modo que sus valores de lectura coincidan con los valores expuestos por la legislación vigente aprobada por la ANT.
- El monitoreo de frecuencia cardíaca del conductor permitió conocer su rendimiento cardiovascular a lo largo del día de modo que, con las pruebas realizadas se obtuvo un margen de error promedio de 1.61, demostrando así su fiabilidad.
- Mediante la implementación de un servidor MQTT en la tarjeta de desarrollo Raspberry Pi, se estableció la comunicación con las tarjetas inalámbricas NodeMCU, con la programación de los topic publicador, cuya conexión se establece al enviarse un mensaje, y topic suscriptor que debe mantenerse siempre enlazado para la recepción de información.
- La plataforma Node-RED instalada en la tarjeta de desarrollo Raspberry Pi, permite la conectividad con aplicaciones de mensajería instantánea, de modo que

las notificaciones pueden ser receptadas en un dispositivo móvil compatible desde cualquier lugar que tenga conectividad a internet.

Referencias bibliográficas.

- Agencia Nacional de Tránsito del Ecuador. (2019). *Estadísticas de siniestros de tránsito*.
<https://www.ant.gob.ec/index.php/estadisticas>
- Alonso, F., Esteban, C., & Toledo, F. (2004). *Manual de seguridad vial: el factor humano*.
https://www.researchgate.net/profile/Francisco_Alonso3/publication/260789893_Manual_de_seguridad_vial_El_factor_humano/links/5aec153fa6fdcc8508b6ee82/Manual-de-seguridad-vial-El-factor-humano.pdf
- Crespo, J. E. (2019). *Arduino Open-Source Community*.
<https://aprendiendoarduino.wordpress.com/2018/11/19/mqtt/>
- Defensoría Pública del Ecuador. (2009). *Reglamento a la Ley Orgánica de Transporte Terrestre y Seguridad Vial*. 2(5), 98.
https://www.defensoria.gob.ec/images/defensoria/pdfs/lotaip2014/info-legal/Reglamento_ley_organica_transporte_terrestre.pdf
- Delgado Reyes, G., & Valdez, J. (2012). *Sistemas de Telecontrol por Internet*. Editorial Acad Mica Espa.
- Electron Perdido. (2019). *MAX30100 Sensor De Pulso Y Oxigenación (Ref: 0235)*.
<https://electronperdido.com/shop/sensores/biometricos/max30100-sensor-de-pulso-y-oxigenacion/>
- HANWEI ELETRONICS CO., L. (2015). Technical Mq-3 Gas Sensor. *Technical Data*, 3–4. <https://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/MQ-3.pdf>
- Heikki Kaaranen, Ari Ahtiainen, Lauri Laitinen, Siamäk Naghian, V. N. (2005). *UMTS NETWORKS - Architecture, Mobility and Services* (Vol. 8, Issue 9).
<https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- IEEE. (2007). *IEEE Std 802.11™-2007 (Revision of IEEE Std 802.11-1999)*.
<http://standards.ieee.org/getieee802/download/802.11-2007.pdf>
- Mayo Clinic Foundation. (2019). *Conductores mayores: siete consejos sobre seguridad al conducir*. <https://www.mayoclinic.org/es-es/healthy-lifestyle/healthy-aging/in-depth/senior-health/art-20046397>
- Ministerio del Interior - Dirección General de Tráfico (DGT). (2017). *Plan de Investigación e Innovación en Seguridad Vial y Movilidad 2017-2020*.
<http://www.dgt.es/Galerias/seguridad-vial/investigacion/plan-investigacion/20170302-PLAN-INVESTIGACION-E-INNOVACION.pdf>

Raspberry Pi Foundation. (2019). *Raspberry Pi*.
<https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-3-model-b/>

Varcárcel, J. (2008). *Otros factores de riesgo: la fatiga*.
http://www.dgt.es/PEVI/documentos/catalogo_recursos/didacticos/did_adultas/fatiga.pdf



PARA CITAR EL ARTÍCULO INDEXADO.

Martínez Guashima, O. G., Paucar Samaniego, J. L., & Guaranga Broncano, E. X. (2021). Diseño e implementación de un dispositivo de alerta temprana utilizando un sistema de comunicaciones inalámbrica y móvil para prevenir accidentes de tránsito . ConcienciaDigital, 4(3.1), 333-354.
<https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v4i3.1.1836>



El artículo que se publica es de exclusiva responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan el pensamiento de la **Revista Conciencia Digital**.

El artículo queda en propiedad de la revista y, por tanto, su publicación parcial y/o total en otro medio tiene que ser autorizado por el director de la **Revista Conciencia Digital**.

