

**Título del Proyecto
de Investigación a que corresponde el Reporte Técnico:**

Prototipo de Sistema de Notificación y Prevención de Conducción
Bajo los Efectos del Alcohol Basado en Arduino

Tipo de financiamiento

Sin financiamiento

TÍTULO DEL REPORTE TÉCNICO

RIP12019IIT53

Autores del reporte técnico:

Omar Heriberto Ortega Aviña
Jesús Israel Hernández Hernández

TÍTULO DEL REPORTE TÉCNICO

Resumen del reporte técnico en español (mínimo 600 palabras):

En México existe un problema serio respecto al número de accidentes viales causados por conducir bajo los efectos del alcohol. Con base en esta problemática se plantea el desarrollo de un prototipo de sistema con componentes compatibles con Arduino, que restringe el uso de un vehículo automotriz a aquellos usuarios que presentan cierto grado de alcoholemia, notificando por medio de una aplicación móvil a un tercero. Se logra definir un límite de grado de alcoholemia y en base a este, inhabilitar un automóvil.

Resumen del reporte técnico en inglés (mínimo 600 palabras):

In Mexico there is a serious problem regarding the number of road accidents caused by driving under the influence of alcohol. Based on this problem, the development of a prototype system based on components compatible with Arduino is proposed to restrict the use of a motor vehicle to those users who present a certain degree of alcohol, notifying by means of a mobile-application to a third party. It is possible to define a limit of alcohol consumption and based on this, disable a car.

Palabras clave: Arduino, alcoholímetro, sensor de gas, Android, Bluetooth.

Usuarios potenciales (del proyecto de investigación):

Departamento de Vialidad y Tránsito

Reconocimientos (agradecimientos a la institución, estudiantes que colaboraron, instituciones que apoyaron a la realización del proyecto, etc.):

Se tuvo la colaboración del estudiante Omar Heriberto Ortega Aviña

1. INTRODUCCIÓN

La negligencia de parte del ser humano siempre ha existido en distintos ámbitos, especialmente cuando hay de por medio sustancias que pueden alterar la capacidad de razonamiento de una persona, por ejemplo, el alcohol. Esta negligencia se da cuando se combinan estas sustancias con el realizar alguna tarea que conlleve una responsabilidad alta y sea requisito el estar libre de estas, por ejemplo, el conducir un automóvil. Este es un problema que lleva presentándose durante muchos años, al cual se le han intentado dar distintas soluciones, que van desde implementar supervisión de autoridades de tránsito en las calles hasta soluciones que implican el uso de herramientas tecnológicas.

En este proyecto se implementa el uso de una placa Arduino ya que es muy versátil, dado que cuenta con distintos módulos a su disposición que le permiten recolectar datos del medio ambiente, desde temperatura, movimiento, humedad, hasta partículas de gas, entre ellas, partículas de etanol. Es posible realizar ciertas acciones en respuesta a las lecturas de dichos módulos o sensores.

Aquí se presenta el desarrollo de un prototipo de sistema cuyo objetivo es que, por medio de un sensor de gas, indique si el usuario tiene cierto grado de alcoholemia y si es así, impedir que este haga uso de un vehículo automóvil, al mismo tiempo que se le notifica a un tercero, por medio de una aplicación para dispositivos con sistema operativo Android que envía un mensaje de texto, si el coche fue inhabilitado.

2. PLANTEAMIENTO

Antecedentes

En México circulan más de 30 millones de autos, a pesar de que muchos de estos modelos tienen elementos de seguridad (ej., frenos ABS, cinturón de seguridad), la seguridad sigue siendo un área de oportunidad en el diseño de nuevos modelos, ya que los accidentes viales ocupan un gran porcentaje de la tasa de mortandad. Murieron poco más de 30 personas diarias entre los meses de enero y noviembre del año 2017, según datos del Sistema Nacional de Seguridad Pública (SNSP) en promedio mueren más de 11 mil personas cada año en accidentes viales [1]. Entre los principales factores de riesgo se encuentran el conducir a exceso de velocidad, mala infraestructura en las calles, manejar con distractores como el celular, conducir bajo los efectos de bebidas alcohólicas u otras sustancias que alteren los sentidos [2].

En Ciudad Juárez se intentó enfrentar este problema implementando retenes anti-ebrios, que buscaban retirar de las calles a los conductores que se encontraban bajo influencia del alcohol con el objetivo de evitar accidentes viales. Sin embargo, el número de este tipo de eventos donde se involucran conductores en estado de ebriedad no disminuyó drásticamente. Según datos tomados entre octubre de 2016 a octubre de 2017, el promedio de accidentes con personas alcoholizadas involucradas es de 45 eventos por mes. Siendo mayo de 2017 con 59, diciembre de 2016 con 56, abril de 2017 con 53 y marzo de 2017 con 50 los más altos [3].

Se ha intentado abordar este problema de distintas formas con el propósito de disminuir el número de incidentes que provoca. Unas de las maneras en las que se ha tratado esta situación ha sido a través de la implementación de tecnologías que impidan el uso de un automóvil si el conductor se encuentra bajo los efectos del alcohol. Tales como DADSS (Driver Alcohol Detection System for Safety) [4]. Este sistema está compuesto por dos tipos de sensores que analizan al conductor para determinar si ha bebido o no. Uno de ellos está instalado en el volante, este se encarga de analizar el aire que espira el conductor en busca de moléculas de etanol. El otro sensor se encuentra en el botón de arranque (botón conocido como "Start/Stop"), este puede medir el nivel de alcohol que se encuentra en la sangre. Si alguno de estos sensores detecta cierto grado de alcohol, el automóvil no encenderá. Este sistema ha sido desarrollado por NHTSA (National Highway Traffic Safety Administration) que se encarga de disminuir las muertes, accidentes y pérdidas económicas que tengan que ver con vehículos motorizados y ha trabajado con grandes fabricantes de automóviles como Ford, Mitsubishi, Nissan, Porsche, Subaru, Toyota, entre otros.

Otro sistema que aborda este problema es AlcoStop, desarrollado por alumnos del Instituto Tecnológico de Cintalapa ubicada en Chiapas (México) [5]. Este sistema funciona de manera muy similar a DADSS, con la diferencia de que cuenta únicamente con sensores que detectan el nivel de alcohol en el sudor y tiene como añadido un GPS (*Global Positioning System*) que monitorea la posición del vehículo en tiempo real. Esto se pensó con la idea de enviar esta ubicación a algún familiar, dado que si el vehículo se inhabilita temporalmente el conductor no será capaz de transportarse y así podría pasar un familiar por él.

Un sistema muy similar a los mencionados anteriormente es el llamado Nixy-21, desarrollado en Colombia por Augusto Ocampo y Hernán Onatra [6]. Este producto cuenta con distintos componentes, tales como dos sensores encargados de analizar el aire en busca de alcohol. También cuenta con una pantalla 2x16cm que muestra información sobre el sistema. Además de implementar también un GPS para monitorear la posición del vehículo y la función para notificar a terceros sobre el estado de este.

Marco teórico

2.1 Marco teórico

2.1.1 Tipos de bebedores

En 1952 se identificó el alcoholismo como una enfermedad a través de un estudio realizado por Elvin Morton Jellinek [11], quién fue un bioestadista, fisiólogo e investigador del alcoholismo. Se identificaron 5 tipos de bebedores:

- **Bebedor Alfa:** Este tipo de bebedor es capaz de mantener abstinencia por un tiempo, pero su dependencia radica en la necesidad de atenuar alguna enfermedad física o psicológica.
- **Bebedor Beta:** Es un bebedor ocasional. No presenta dependencia y puede mantener la abstinencia temporalmente, aunque en ocasiones puede beber excesivamente, pero manteniendo el control.
- **Bebedor Gamma:** En este tipo de bebedor se presenta una adicción, no se tiene control sobre la cantidad de alcohol ingerido. Puede incluso presentar problemas psicológicos.
- **Bebedor Delta:** Existe dependencia por lo que no puede mantener abstinencia. La razón por la que bebe es por costumbre, aunque no llegue a perder el control sobre la cantidad de alcohol, por lo que generalmente no se embriagan.
- **Bebedor Épsilon (Dipsomanía):** No existe dependencia, aunque puede llegar a beber periódicamente durante días o semanas de manera compulsiva, también puede llegar a haber largos periodos de abstinencia. Pueden presentarse trastornos de conducta.

2.1.2 Enfermedades relacionadas con el alcoholismo y aportaciones a su estudio

Siendo el alcohol una de las sustancias psicoactivas con más índice de consumo en el mundo, ha sido objeto de diversas investigaciones con enfoque en sus efectos, métodos de diagnóstico y tratamiento [12].

Las investigaciones del médico neurólogo y psiquiatra, Karl Wernike y el médico neuropsiquiatra, Sergei S Korsakov, permitieron describir las características clínicas de la encefalopatía de Wernike y colaborando con Krosakov descubrieron el síndrome Wernike – Korsakov, el cual está compuesto por la fase inicial de la encefalopatía de Wernike y la segunda fase de la demencia de Korsakov, patologías que están relacionadas con el déficit de la vitamina B1 o tiamina, por consumo crónico de alcohol.

Korsakov por su parte, llevo a cabo profundos estudios sobre los efectos del alcohol y el alcoholismo en el sistema nervioso central, estos estudios le permitieron publicar una serie clínica sobre los síntomas mentales característicos de lo que él denominó polineuritis alcohólica,

estos síntomas consistían en pérdida de memoria, desorientación y presencia de confabulaciones, a este conjunto de síntomas después los llamó síndrome de Korsakov.

En 1929, el médico patólogo estadounidense, George K. Mallory y el bioquímico fisiólogo húngaro, Soma Weiss definieron el síndrome de Mallory-Weiss como la presencia de desgarros no perforantes de la membrana mucosa gastroesofágica, principalmente donde se unen el esófago y el estómago. Este síndrome está asociado con la hiperémesis y con el alcoholismo crónico.

En 1973, los médicos pediatras estadounidenses, Kenneth Lyons Jones y David W. Smith, identificaron en las extremidades y en las estructuras cardiovasculares, un patrón de malformaciones craneofaciales, relacionados con deficiencias en el crecimiento prenatal y demoras en el desarrollo, este patrón de defectos indicaba que el daño era prenatal. Hicieron público el hallazgo de que el alcohol era una sustancia toxica y que tenía influencia sobre estos resultados.

El médico pediatra francés de Nantes, Paul Lemoine llevó a cabo un estudio que consistía en analizar a los hijos nacidos de madres que padecían de alcoholismo crónico, dicho estudio concluyó con que las mujeres embarazadas que consumen alcohol corren el riesgo de que se generen malformaciones congénitas en el bebé próximo a nacer.

Pierre Fouquet, fue un médico psiquiatra francés. Fundó la Sociedad Francesa de Alcoholismo y sobre salió en el medio científico por la publicación de varias obras sobre el alcoholismo. Publicó su primera obra extensa en el año 1950, la cual fue denominada Síndrome del Alcoholismo, en el que define tres tipos de conductas alcohólicas. Este trabajo fue resultado de estudios realizados en un país latino vitivinícola, en el cual se producía y consumía vino como principal bebida alcohólica.

Elvin Morton Jellinek fue un médico estadounidense e importante investigador en el alcoholismo. Fundó el Centro de estudios sobre el Alcoholismo de la Universidad de Yale y también asistió a la OMS (Organización Mundial de la Salud) como consultor sobre el tema. En 1945 publicó un documento que llamó Tabla de la Alcholemla, como la que se muestra en la Figura 1, en el cual definió las fases de la toxicomanía alcohólica.

En su trabajo *The Disease Concept of Alcoholism* [13] describió la clasificación de los tipos de bebedores, como resultado de una investigación con dos mil bebedores norteamericanos anglosajones, de ética protestante y consumidores que preferían ingerir de cerveza y wiski.

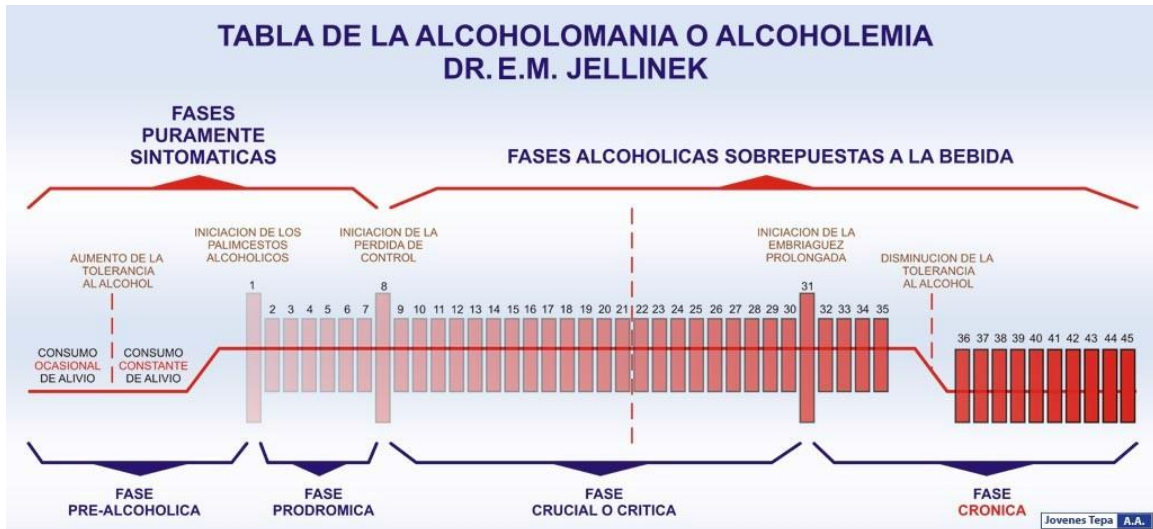


Figura 1. Tabla de Alcoholemia [14].

2.1.3 Consumo mundial de alcohol

El departamento encargado de la droga y crimen perteneciente a la ONU [12], lanzó un informe en 2003 donde se estima que aproximadamente el 60% de la población en el mundo de entre los 15 a 65 años consumió alcohol durante el último año, de manera ocasional, habitual, abusiva o adictiva, estadísticas que han estado aumentando y ahora constituyen un verdadero problema de salud pública mundial.

Los datos que describen el consumo mundial de alcohol indican que entre el 80% y 95% de la población adulta consumen por lo menos ocasionalmente.

En base a un informe de 2011 generado por la OMS, se llegó a la conclusión de que el alcohol sea convertido en un importante factor de riesgo para el sector salud, provocando enfermedades y muerte. Según este mismo informe el consumo promedio de alcohol por persona ha incrementado de forma alarmante. Se calcula que el promedio mundial de consumo de alcohol es de 6.2% litros por persona cada año, mientras que en América el promedio es de 8.7 litros por persona cada año.

Las muertes relacionadas con el alcohol aumentaron a 2.5 millones de personas en el 2004, de las cuales 320 mil fueron muertes prematuras de jóvenes de entre 15 a 29 años. Se descubrió que el factor que ocupa el tercer lugar de riesgo y enfermedad es el alcohol, al igual que el octavo lugar entre los principales factores de riesgo de muerte en el mundo, el cual tiene una tasa de mortalidad en hombres de 57 por cada 100 mil muertes y en el caso de las mujeres la tasa es de 15 por cada 100 mil muertes por enfermedades relacionadas con el consumo de alcohol.

2.1.4 Programa Nacional de Alcholemla

Según el Programa Nacional de Alcholemla [15], el operar un vehículo automóvil bajo los efectos de sustancias nocivas para la salud, como lo es el alcohol, está directamente relacionado con el aumento de la probabilidad de que ocurran accidentes de tránsito.

También señala que en muchos países donde el consumir alcohol es parte de la vida diaria, cerca del 50% la causa de muertes y lesiones graves son ocasionadas por accidentes de tránsito donde se conducía bajo los efectos del alcohol.

Se tiene una clasificación de niveles de alcholemla como se muestra en la Tabla 1. Esta clasificación solo aplica a conductores particulares mayores de 21 años con licencia para conducir, ya que para conductores de transporte público y conductores particulares menores de 21 años con permisos para conducir (no licencias) no existe tolerancia.

Tabla 1. Clasificación de niveles de alcholemla.

| Grado de alcholemla mg/L | Clasificación | Penalización |
|-----------------------------|-----------------------|--|
| 0,01 a 0,07 | Tolerancia | Sin penalización |
| 0,08 a 0,19 | Aliento alcohólico | 10 salarios mínimos |
| 0,20 a 0,39 | Ebrio incompleto | 30 salarios mínimos |
| 0,40 en adelante | No apto para conducir | 150 salarios mínimos Arresto incommutable y retiro de vehículo |

2.2.7 Sistema de arranque de un automóvil

El sistema de arranque sirve como motor auxiliar que facilita el encender el motor de combustión interna, este sistema es eléctrico y está alimentado por una corriente continua con pequeños imanes. La energía que utiliza el sistema de arranque proviene de la misma batería del automóvil, esta energía es necesaria para producir energía mecánica que se aprovecha para poner en marcha el motor principal.

El motor de arranque empieza a funcionar cuando se cierra el circuito girando la llave, de esta manera se hace girar el cigüeñal haciendo funcionar el motor principal [36].

El sistema de arranque también es conocido como marcha. La marcha está diseñada para ayudar a encender el motor principal del vehículo, por lo que su uso se reduce a segundos [37].

3. METODOLOGÍA

En este apartado se encuentra la documentación correspondiente al desarrollo del prototipo, el cual se lleva a cabo siguiendo la metodología en cascada. Esta consta de cinco fases; análisis

de requisitos, diseño, desarrollo e integración, pruebas y mantenimiento. El flujo de esta metodología es lineal, por lo que, para poder llevar a cabo la siguiente fase, es necesario haber terminado la anterior. La Figura 11 esquematiza el sistema de notificación y prevención de conducción bajo los efectos del alcohol basado en Arduino. Se observan los diferentes actores, componentes y el funcionamiento de estos.

- Usuario 1. Quien será analizado por el sensor de gas
- Sensor MQ-3. Detecta alcohol en el aliento del Usuario 1.
- Arduino Mega. Determina si inhabilitar el vehículo dependiendo de las lecturas del sensor MQ-3 y envía notificación vía bluetooth al Dispositivo móvil del Usuario 1.
- Módulo Bluetooth. Mantiene la comunicación entre el Arduino y el Dispositivo móvil del Usuario 1.
- Dispositivo móvil del Usuario 1. Aloja la aplicación que se comunica con el bluetooth del Arduino y envía el mensaje SMS, si el vehículo fue inhabilitado.
- Dispositivo móvil del Usuario 2. Recibe SMS.

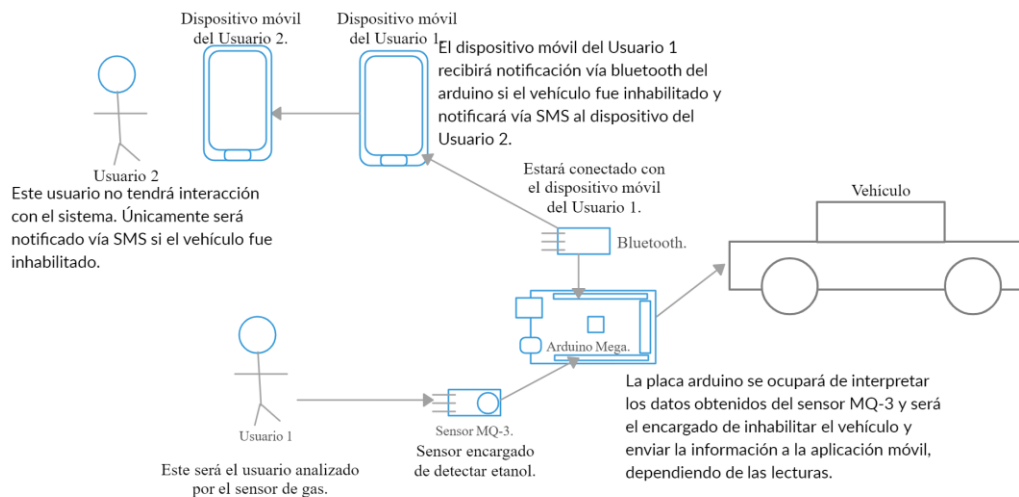


Figura 2. Esquema del prototipo.

3.1 Limitaciones y Delimitaciones

Limitaciones

- El dispositivo móvil debe contar con conexión bluetooth.
- El dispositivo móvil debe contar con cobertura para enviar un SMS.
- La placa Arduino debe contar con fuente de energía.
- El coche con el que se llevaron a cabo las pruebas fue un Chevrolet Malibú 2007.

Delimitaciones

- La aplicación móvil es compatible únicamente con el sistema operativo Android.
- El circuito del Arduino es compatible con coches cuya inyección de combustible pueda ser interrumpida mediante la caja de fusibles.
- Solo se le notifica vía SMS a una persona.

3.2 Análisis

Los requisitos generalmente se obtienen por medio de un cliente, sin embargo, no se cuenta con uno, por lo que estos fueron definidos en base a una motivación especial de contribuir con un prototipo que apoye a la sociedad en la prevención de accidentes de tránsito por conducir un vehículo bajo la influencia de alcohol.

Las plantillas de requisitos estarán definidas de la siguiente manera.

| | |
|--------------------|--|
| Clave | |
| Versión | |
| Descripción | |
| Entradas | |
| Salidas | |

Donde:

- **Clave:** Es el identificador del requisito, consta de caracteres alfanuméricos.
- **Versión:** Indica cuantas veces se ha modificado el requisito.
- **Descripción:** Se especifica en qué consiste el requisito.
- **Entrada:** Información recibida, necesaria para llevar a cabo un proceso.
- **Salida:** Información resultante al terminar el proceso.

3.3 Diseño

En este apartado se muestra el diseño del prototipo del sistema mediante el uso de diagramas UML (*Unified Modeling Language*), con el fin de hacer más claro visualmente cómo funciona y la relación entre sus componentes.

3.4 Desarrollo

En este apartado se describe el desarrollo del diseño obtenido en la fase anterior. Para la aplicación en Android se utilizó el entorno de desarrollo integrado (IDE, por sus siglas en inglés) Android Studio, el cual presenta las herramientas necesarias para el desarrollo de la aplicación descrita en este proyecto. En cuanto al Arduino, se utilizó el IDE para computadora que se encuentra disponible para descargar en la página oficial de este.

3.4.1 Aplicación para dispositivos móviles con sistema operativo Android



Figura 3. Activar Bluetooth.

La Figura 14 muestra una petición para activar el Bluetooth del teléfono en caso de que este no esté activado. Esta es la primera interfaz que se le muestra al usuario, de esta forma lo primero que se hace es conectarse al módulo Bluetooth.

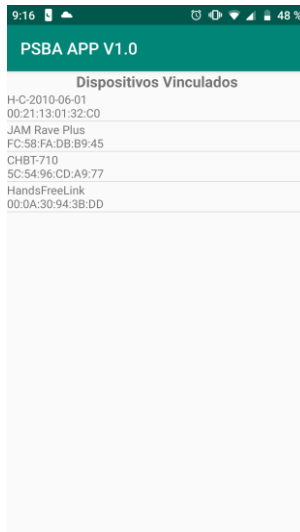


Figura 4. Dispositivos Bluetooth conectados previamente.

En la Figura 15, se muestra la lista de los dispositivos que ya se habían emparejado con el teléfono inteligente, en la que debe aparecer el módulo del Arduino. En esta misma interfaz se lleva a cabo la conexión Bluetooth.

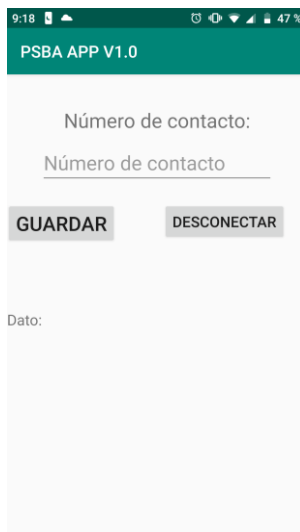


Figura 5. Interfaz principal de aplicación para Android.

Como se muestra en la Figura 16, la interfaz es muy sencilla. En esta interfaz, se reciben los datos del Arduino. Cuenta con las siguientes características:

- Un campo de texto en donde se escribe el número que se desee guardar, al cual se le notifica en caso de que se haya denegado el acceso al vehículo. Este número permanece guardado hasta que el usuario decida cambiarlo.

- Un botón para guardar el número escrito en el campo de texto.
- Un botón que permite desconectarse del módulo Bluetooth.
- Un campo de texto dinámico, que cambia cuando se detecta alcohol en el Arduino.

3.4.2 Circuito en placa Arduino

Para el desarrollo del circuito en la placa Arduino se utilizaron tres componentes.

- Sensor de gas MQ-3
- Módulo Bluetooth HC-06
- Módulo Relevador

3.4.3 Configuración de módulo Bluetooth

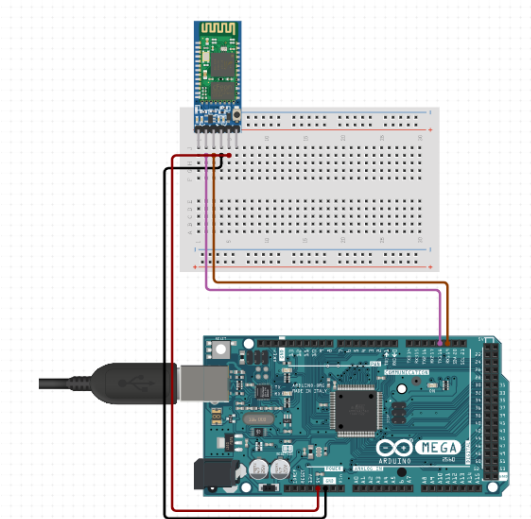


Figura 6. Circuito configuración de módulo Bluetooth.

En la Figura 17 se muestra el circuito del módulo Bluetooth. Este módulo cuenta con ciertos atributos, los cuales tienen una configuración de fábrica. En la Tabla 13, se muestran algunos de los atributos con su respectiva característica, comando para consultar su valor y comando para reprogramar el valor del atributo.

Tabla 2. Atributos del módulo Bluetooth.

| Atributo | Característica | Comando para consultar valor | Comando para programar valor | Comando de ejecución |
|----------|---|------------------------------|------------------------------|----------------------|
| Nombre | Sirve para identificarlo para la conexión | AT+NAME? | AT+NAME= | |

| | | | | |
|---------------------------|---|----------|----------|----------|
| Contraseña | Es la clave necesaria para poder conectarse al módulo | AT+PSWD? | AT+PSWD= | |
| Parámetro de comunicación | La velocidad de comunicación | AT+UART? | AT+UART= | |
| Rol | Maestro o esclavo | AT+ROLE? | AT+ROLE= | |
| Configuración de fábrica | Restaura la configuración de fábrica | | | AT+ORGL |
| Regresar al modo usuario | Salir del modo de configuración | | | AT+RESET |

Para el desarrollo de este proyecto, se configuró el nombre del módulo Bluetooth como “PSBA”, como se muestra en la Figura 18. También se cambió la contraseña, como se indica en la Figura 19.

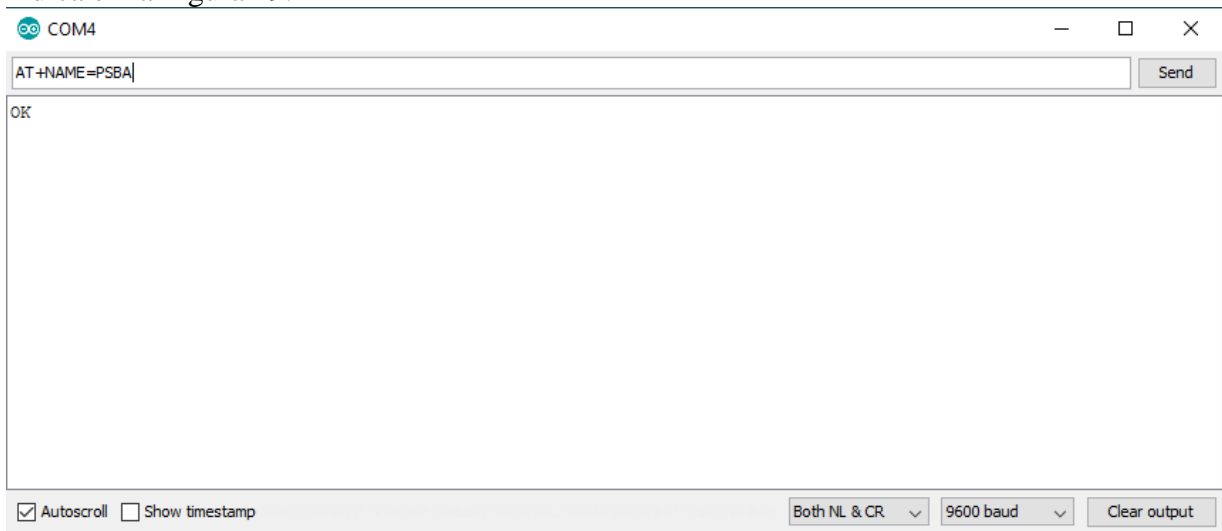


Figura 7. Configuración de nombre de módulo Bluetooth.

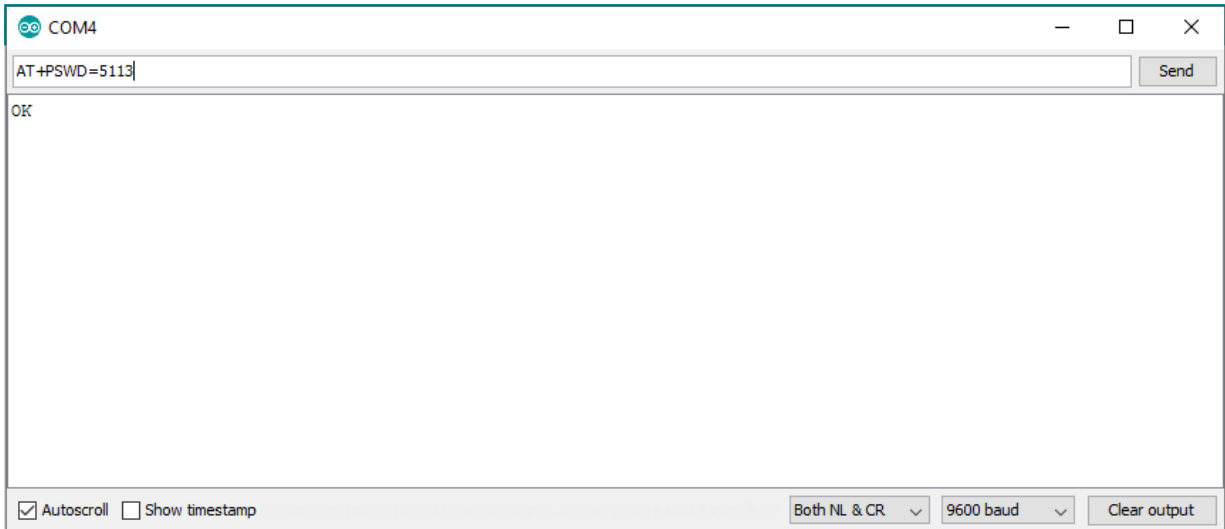


Figura 8. Cambio de contraseña de módulo Bluetooth.

3.4.4 Configuración de sensor MQ-3

Como se había mencionado antes, este sensor no arroja directamente niveles de concentración de alcohol en el aire. Sin embargo, existe una ecuación que sirve para traducir las lecturas del sensor a miligramos sobre litro (mg/L) [38].

$$alcohol = 0.4091 \left(\frac{Rs}{5463} \right)^{-1.497}$$

Donde R_s es la resistencia del sensor y se lee desde el Arduino. En la Figura 20, se muestran las lecturas del sensor, sin estar expuesto a alcohol.

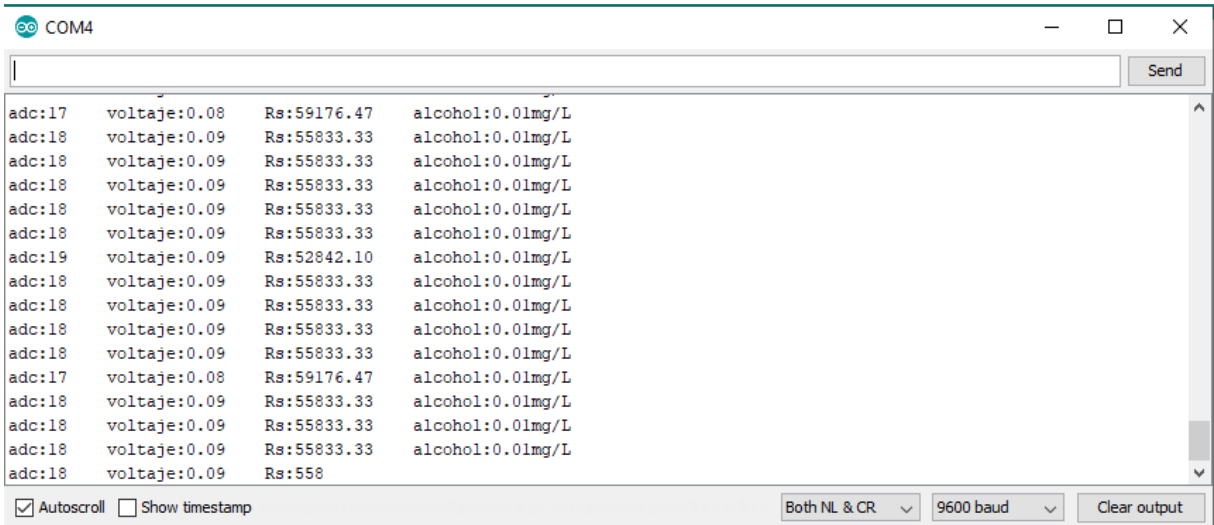


Figura 9. Lecturas de sensor MQ-3 sin exposición a alcohol.

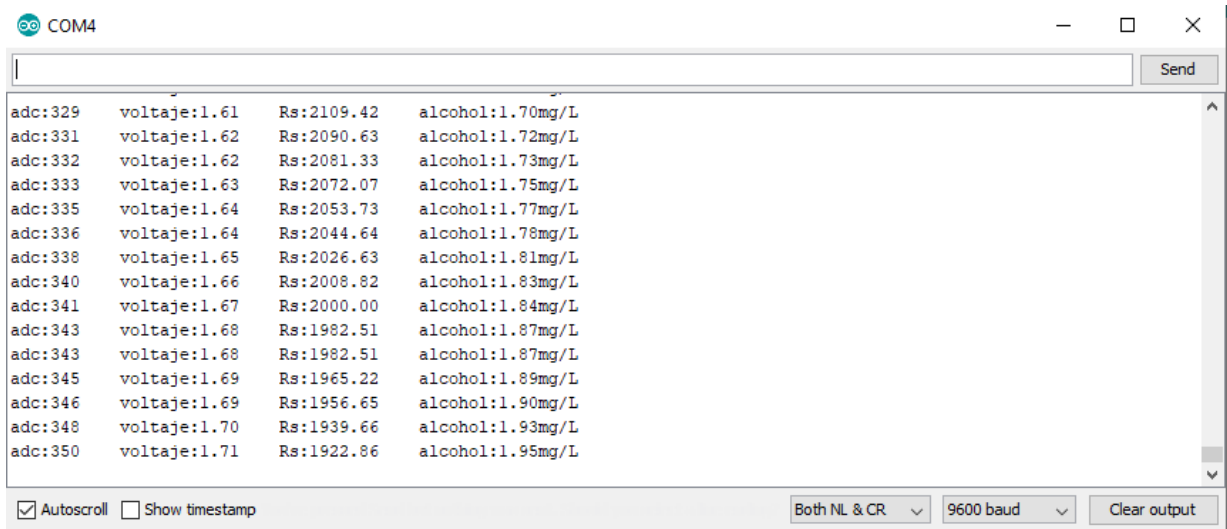


Figura 10. Lecturas de sensor MQ-3 expuesto a alcohol.

En la Figura 21, se pueden observar las lecturas del sensor MQ-3, expuesto a alcohol, más específicamente, a una botella de tequila.

3.5 Pruebas

La Figura 22 muestra un diagrama de cómo se llevaron a cabo las pruebas y validaciones.

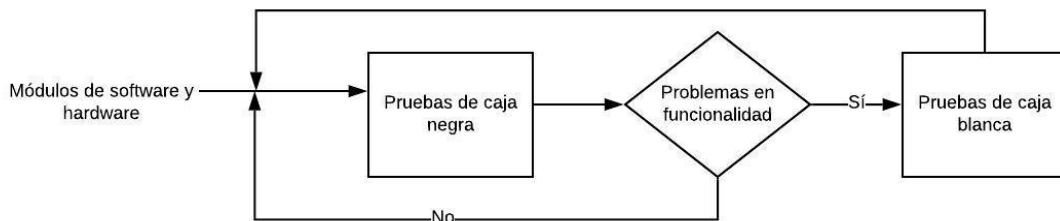


Figura 11. Pruebas.

Para cada módulo de software y hardware desarrollado en la implementación de este proyecto, se realizaron pruebas de caja negra para validar la funcionalidad del módulo. En caso de no presentar problemas en la funcionalidad del módulo, se procedía a probar otro módulo. En caso de presentarse algún problema con la funcionalidad del módulo, entonces se pasaban a realizar pruebas de caja blanca, donde en caso de que el módulo

fuera de software se verificaba el código fuente y en caso de que fuera un módulo de hardware se verificaba el circuito. Una vez que se llevaban a cabo las pruebas de caja blanca se repetía el ciclo, volviéndose a realizar pruebas de caja negra al módulo.

3.5.1 Otras pruebas

Las pruebas de conectividad, que son parte importante del proyecto, permitieron validar la adecuada conectividad de los componentes del proyecto. Entre las pruebas realizadas están:

- Conexión Bluetooth. Se verificó si el dispositivo móvil detecta correctamente el módulo Bluetooth.
- Conexión Arduino y la APP. Se verificó la adecuada conectividad entre el Arduino y la APP en Android.

Las pruebas de los sensores permitieron probar los componentes de hardware del proyecto. Entre las pruebas realizadas están:

- Pruebas del Sensor MQ-3. Se determinaron los niveles arrojados por el sensor sin exposición a alcohol para tomarse como referencia de tolerancia.
- Pruebas para interrumpir el funcionamiento del vehículo. Esto se lleva a cabo por medio del módulo relevador.

Conexión Bluetooth

Se verificó si el dispositivo móvil detecta y conecta correctamente el módulo Bluetooth.

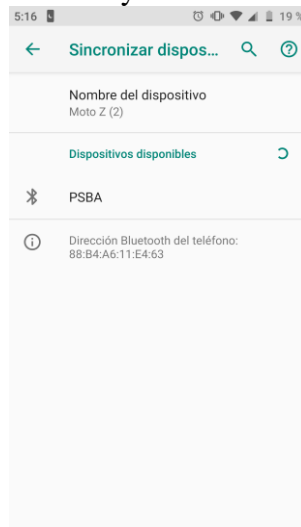


Figura 12. Módulo Bluetooth detectado como disponible.

Se puede observar en la Figura 23 que el dispositivo móvil detecta correctamente el módulo Bluetooth. Que, además, muestra su nombre modificado como se realizó en la parte de la configuración de este.

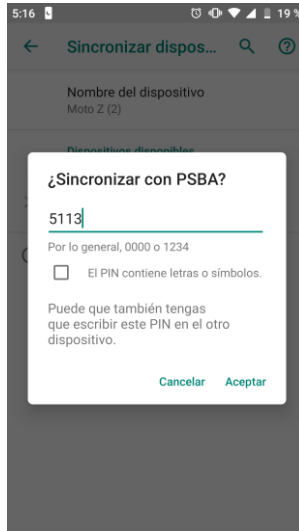


Figura 13. Contraseña de módulo Bluetooth.

La Figura 24, muestra que se utiliza la contraseña que se estableció en la parte de la configuración.

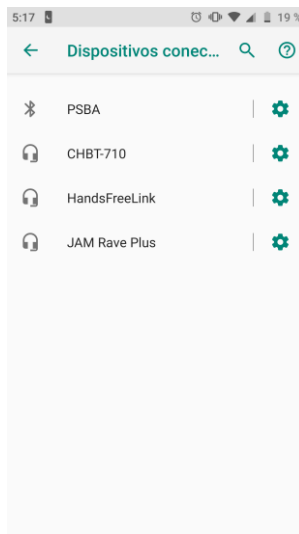


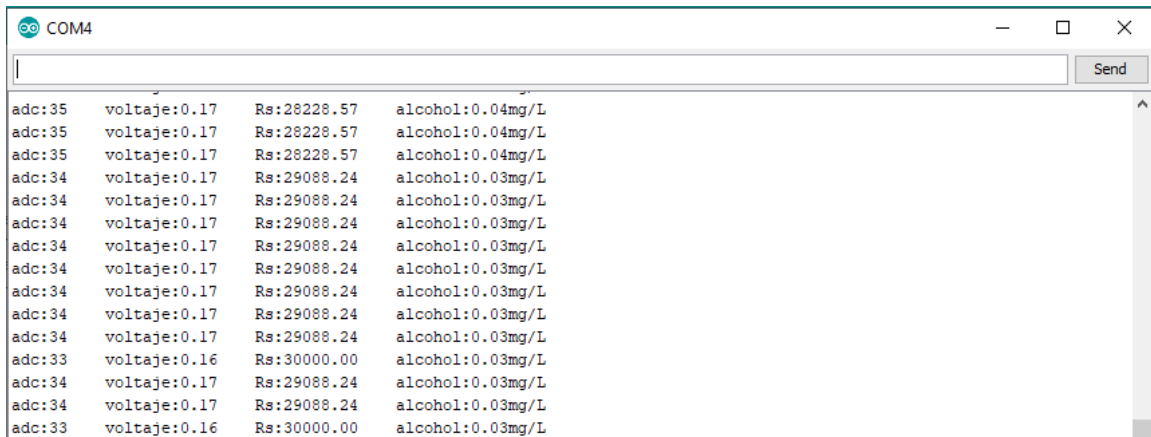
Figura 14. Módulo Bluetooth sincronizado con dispositivo móvil.

Por último, en la Figura 25, se puede apreciar que el módulo Bluetooth se conectó correctamente con el dispositivo móvil.

Lecturas del sensor MQ-3

Se determinaron los niveles generados por el sensor sin exposición al alcohol para tomarse como referencia de tolerancia.

En la Figura 20 pueden apreciarse los valores generados por el sensor MQ-3 en ausencia de alcohol. Sin embargo, cabe mencionar, que después de estar cierto tiempo inactivo, el sensor MQ-3 comienza con lecturas un poco más altas como se muestra en la Figura 26, las cuales, paulatinamente van disminuyendo. Estas variaciones oscilan entre los 0.04mg/L, cuando el sensor lleva tiempo inactivo, y 0.01mg/L cuando el sensor lleva cierto tiempo activo. Tomando en cuenta la clasificación de niveles de alcoholemia, se definió 0.4mg/L como límite para determinar si la persona podrá conducir o no.



| adc | voltaje | Rs | alcohol |
|-----|---------|----------|----------|
| 35 | 0.17 | 28228.57 | 0.04mg/L |
| 35 | 0.17 | 28228.57 | 0.04mg/L |
| 35 | 0.17 | 28228.57 | 0.04mg/L |
| 34 | 0.17 | 29088.24 | 0.03mg/L |
| 34 | 0.17 | 29088.24 | 0.03mg/L |
| 34 | 0.17 | 29088.24 | 0.03mg/L |
| 34 | 0.17 | 29088.24 | 0.03mg/L |
| 34 | 0.17 | 29088.24 | 0.03mg/L |
| 34 | 0.17 | 29088.24 | 0.03mg/L |
| 34 | 0.17 | 29088.24 | 0.03mg/L |
| 34 | 0.17 | 29088.24 | 0.03mg/L |
| 34 | 0.17 | 29088.24 | 0.03mg/L |
| 34 | 0.17 | 29088.24 | 0.03mg/L |
| 33 | 0.16 | 30000.00 | 0.03mg/L |
| 34 | 0.17 | 29088.24 | 0.03mg/L |
| 34 | 0.17 | 29088.24 | 0.03mg/L |
| 33 | 0.16 | 30000.00 | 0.03mg/L |

Figura 15. Lecturas irregulares de sensor MQ-3.

El sensor de gas MQ-3 se configuró para que una lectura mayor de 0.40mg/L se considera que una persona no puede conducir un vehículo y esta configuración está alineada al reglamento “Programa Nacional de Alcoholemia”. Cabe mencionar que tal lectura equivale a consumir entre una y tres cervezas en varones, y entre una y dos en mujeres.

Interrupción de funcionamiento de vehículo

La interrupción se llevó a cabo por un módulo relevador, que básicamente, se encarga de cortar un circuito. Este está conectado a la caja de fusibles del vehículo automotriz, más específicamente al fusible que se encarga de la inyección de combustible. Este interrumpe la continuidad que genera dicho fusible en caso de que se sobrepase el límite de tolerancia establecido con el sensor MQ-3, apagando el vehículo en segundos.

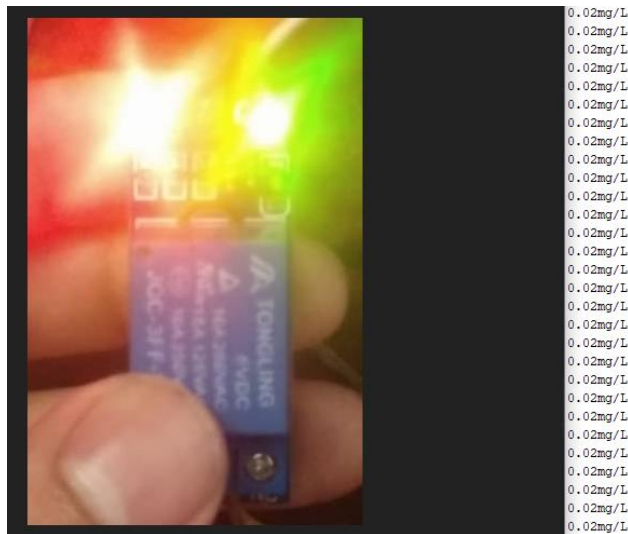


Figura 16. Continuidad de módulo relevador y lecturas de sensor MQ-3.

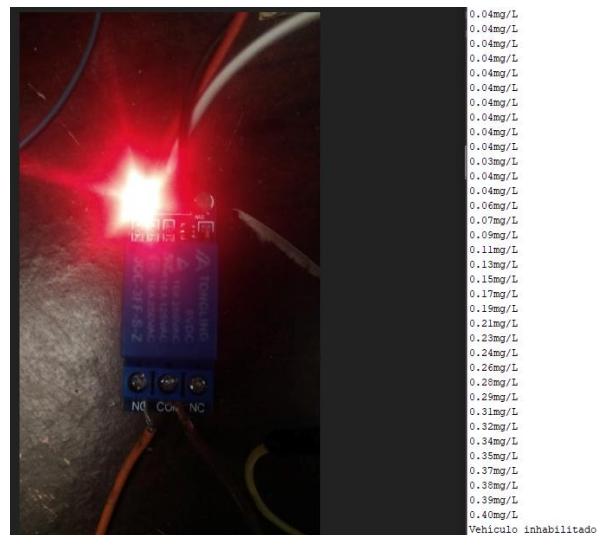


Figura 17. Discontinuidad de módulo relevador y lecturas de sensor MQ-3.

Como se puede observar, en la Figura 27, el módulo relevador mantiene la continuidad debido a que la lectura del sensor MQ-3 no rebasa el límite permitido de alcohol, lo que indica que el usuario puede arrancar su vehículo y transportarse a su destino. Mientras que en la Figura 28 ocurre todo lo contrario, el sensor MQ-3 detecta que se ha rebasado el límite permitido de alcohol, por lo que se procede a interrumpir el flujo de combustible por medio de la caja de fusibles del vehículo, para que el usuario no pueda manejar a su destino.

4.1 Resultados

En este capítulo se presentan los resultados de la prueba de funcionamiento de la aplicación para dispositivos móviles con sistema operativo Android y la prueba del sensor MQ-3, para

ambas pruebas se requirió de un sujeto presentando aliento alcohólico y el prototipo completo, es decir, todos los módulos funcionando y conectados correctamente, como se muestra en la Figura 29. Las características de dicho sujeto son las siguientes:

- Sexo masculino
- Edad 57 años
- Altura de 1.70m

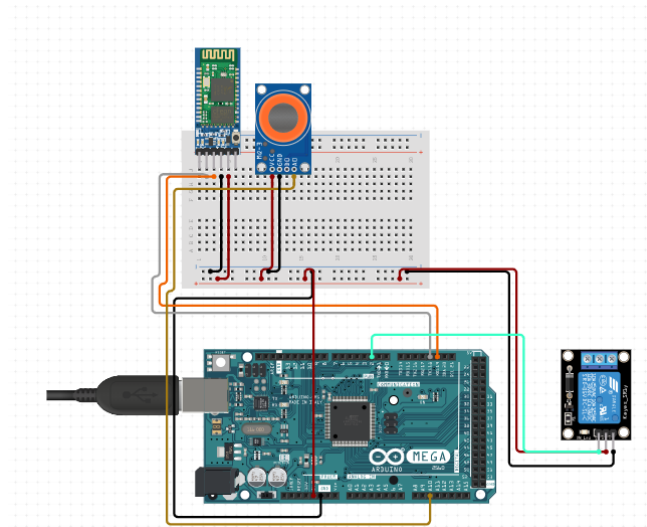


Figura 18. Circuito completo.

4.1.1 Resultados de la prueba de funcionamiento de aplicación móvil

La realización de esta prueba se basó en el diagrama de secuencia de la Figura 13. Se comenzó ejecutando la aplicación y lo primero que se hace es establecer la conexión Bluetooth, como en la Figura 30.

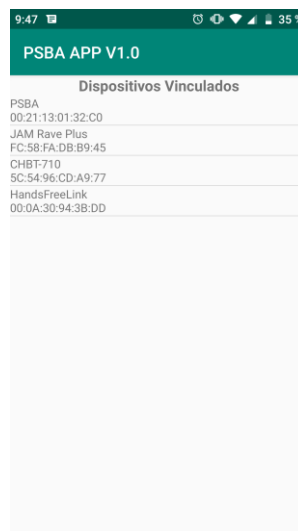


Figura 19. Establecer conexión Bluetooth mediante aplicación.



Figura 20. Número guardado.

Como es la primera vez que se ejecuta la aplicación, se guarda un número de contacto, como en la Figura 31. Al cual se le notificará si el vehículo es inhabilitado.

Después, se le sopló repetidas veces al sensor MQ-3, primero sin aliento alcohólico y después aumentándolo paulatinamente. Por lo cual, la interfaz principal se muestra como en la Figura 32.



Figura 21. Interfaz principal sin detectar alcohol.

Posteriormente se alcanzó el nivel de aliento alcohólico necesario para ser considerado no apto para conducir. La interfaz ahora se muestra como en la Figura 33, donde el texto

dinámico cambió mostrando ahora la palabra “NO” y aparece la leyenda que dice “mensaje enviado”.



Figura 22. Mensaje enviado.

Para esto el módulo relevador interrumpió el circuito como en la Figura 34.



Figura 23. Relevador interrumpido.

4.1.2 Resultados de la prueba del sensor MQ-3

Para esta prueba, el sujeto ingirió cantidades controladas de alcohol. Más específicamente, botellas de cerveza de 355ml con una concentración de alcohol del 4.2%. El procedimiento de esta prueba fue el siguiente:

- El sujeto terminaba de ingerir una botella de cerveza
- Se esperaba un tiempo de 10 minutos
- Se analizaba el aliento del sujeto con el prototipo

Se dejó un tiempo de espera de 10 minutos después de que el sujeto terminaba de beber una botella para evitar que su aliento reflejara más concentración de alcohol del que realmente había bebido.

Primera botella

Después de haber esperado 10 minutos luego de ingerir la primera botella, las lecturas del prototipo fueron las de la Figura 35. Las cuales varían entre 0.10mg/L y 0.12mg/L.

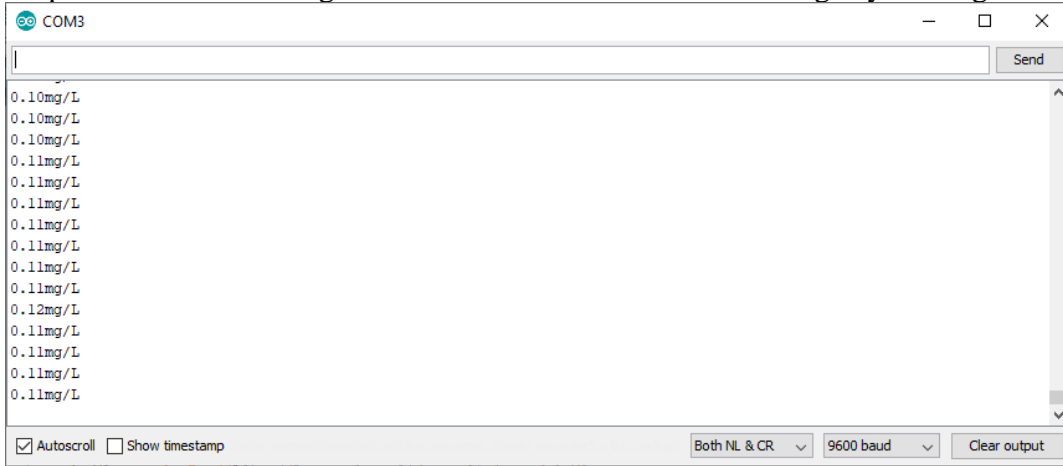


Figura 24. Lecturas después de la primera botella.

Segunda botella

En la segunda prueba la captura más alta fue de 0.29mg/L, como se muestra en la Figura 36.

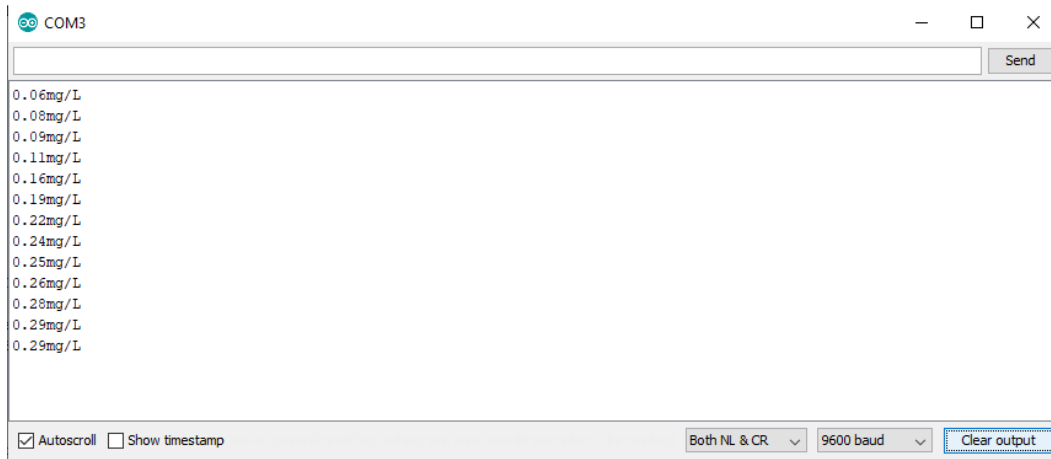


Figura 25. Lecturas después de la segunda botella.

Tercera botella

Después de la tercera botella, el resultado máximo capturado fue de 0.33mg/L, como lo muestra la Figura 37.



Figura 26. Lecturas después de la tercera botella.

Cuarta botella

Después de haber ingerido la cuarta botella, las lecturas alcanzaron el límite de tolerancia establecido previamente, que es de 0.40mg/L, como se muestra en la Figura 38.

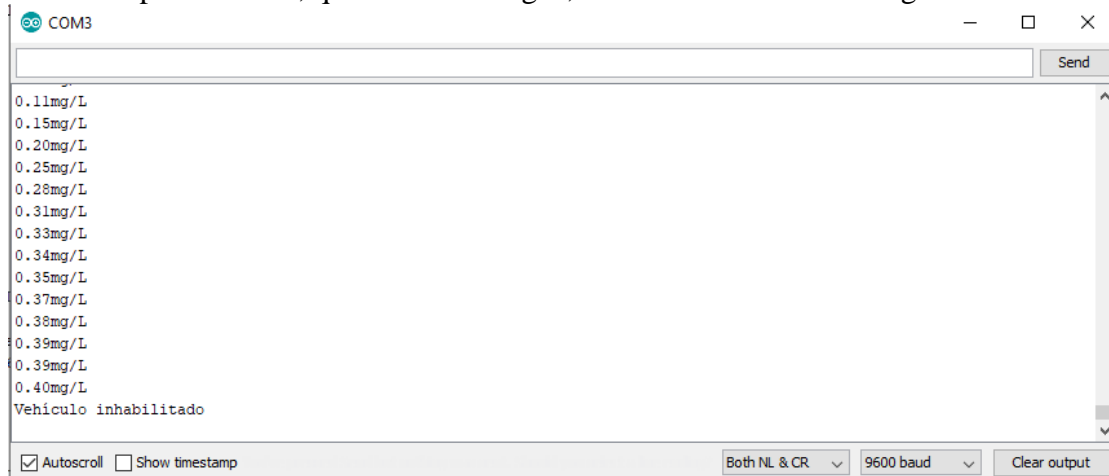


Figura 27. Lecturas después de la cuarta botella.

5. CONCLUSIONES

En la actualidad el consumo de alcohol sigue teniendo un gran impacto en la sociedad, especialmente un impacto negativo, pues este se ve involucrado en numerosas estadísticas de accidentes viales. Por esta razón el desarrollo de este prototipo fue enfocado en el objetivo de mitigar estas estadísticas, regulando el uso de vehículos automóviles a personas en estado de ebriedad y notificando a algún tercero si este fue el caso. Como complemento del objetivo general, se definieron tres objetivos específicos. El primero fue “armar un circuito basado en Arduino para impedir el uso de un automóvil”, lo cual se logró gracias a un módulo relevador, que es capaz de interrumpir el funcionamiento del vehículo. El segundo fue “armar un circuito basado

en Arduino para detectar aliento alcohólico por medio de un sensor de gas”, el cual se cumplió gracias al sensor MQ-3, que presenta una sensibilidad a distintos gases, especialmente al alcohol y por medio de las lecturas de este, es posible estimar el nivel de alcoholemia de una persona. Y el tercero fue “desarrollar una APP para sistema operativo Android, que notifique a terceros cuando un conductor rebasa un límite permitido de aliento alcohólico”. Este objetivo se alcanzó utilizando la IDE de Android Studio, que posee las librerías necesarias para llevar a cabo una conexión con un módulo Bluetooth compatible con Arduino, que permitió la conectividad y transferencia de datos con un dispositivo móvil con sistema operativo Android.

¿Qué tan fiables son las lecturas del sensor de gas MQ-3 en el desempeño del prototipo? Según el Programa Nacional de Alcoholemia, se definen cuatro grados de alcoholemia, de los cuales, tres son sancionables, pero aún no se consideran no aptos para conducir, hasta el cuarto grado que está definido de 0.40mg/L en adelante. De acuerdo con la prueba realizada, son necesarias cuatro botellas de 355ml con una concentración de 4.2% de alcohol para llegar a ser considerado no apto para conducir. Esta discrepancia puede estar directamente relacionada a la calidad del sensor MQ-3. Adquirir un sensor de gas de mejor calidad (pero más costoso) puede mejorar el desempeño del prototipo y alinear su comportamiento a las normas de la DGT (Dirección General de Tránsito) [39].

REFERENCIAS (bibliografía)

- [1] E. A. Aguilar, «Animal Politico,» 5 enero 2018. [En línea]. Available: <https://www.animalpolitico.com/2018/01/accidentes-viales-fotomultas-victimas/>. [Último acceso: 30 Agosto 2018].
- [2] Ahorraseguros, «Ahorraseguros,» 9 marzo 2018. [En línea]. Available: <https://ahorraseguros.mx/seguros-de-autos/articulos/accidentes-viales-en-mexico-2017/>. [Último acceso: 23 septiembre 2018].
- [3] J. Álvarez, «YoCiudadano Investigación y análisis ciudadano.,» 28 noviembre 2017. [En línea]. Available: <https://yociudadano.com.mx/noticias/a-pesar-de-retenes-antiebrios-promedio-de-accidentes-viales-se-mantiene/>. [Último acceso: 25 septiembre 2017].
- [4] A. Rodríguez, «Hipertextual,» 11 junio 2015. [En línea]. Available: <https://hipertextual.com/2015/06/sistema-dadss-impedira-conducir-bebido-alcohol>. [Último acceso: 31 agosto 2018].
- [5] «Noticias de la Ciencia,» 18 marzo 2015. [En línea]. Available: <https://noticiasdelaciencia.com/art/13195/un-sistema-detecta-conductores->

- que-han-bebido-alcohol-y-bloquea-el-vehiculo. [Último acceso: 02 septiembre 2018].
- [6] I. Valdez, «Milenio,» 18 noviembre 2015. [En línea].
Available: <http://www.milenio.com/estados/presentan-dispositivo-que-impide-manejar-borracho>. [Último acceso: 6 septiembre 2018].
- [7] «Diarioinformación,» 19 noviembre 2017. [En línea].
Available: <https://www.diarioinformacion.com/vida-y-estilo/salud/2017/11/15/afecta-consumo-alcohol-cuerpo/1957814.html>. [Último acceso: 26 septiembre 2018].
- [8] ADN40, «ADN40,» 10 junio 2018. [En línea].
Available: <http://www.adn40.mx/noticia/moda/nota/2018-06-10-13-48/mexico-ocupa-septimo-lugar-en-muertes-por-accidentes-de-transito/>.
[Último acceso: 13 septiembre 2018].
- [9] S. Ortíz, «El Puntero,» 3 febrero 2017. [En línea].
Available: <http://elpuntero.com.mx/n/41235>. [Último acceso: 8 octubre 2018].
- [10] «ENCODAT,» 2017. [En línea]. Available: https://drive.google.com/file/d/1rMIKaWy34GR51sEnBK2-u2q_BDK9LA0e/view. [Último acceso: 4 marzo 2019].
- [11] «El Español, Omicrono,» 18 agosto 2014. [En línea].
Available: <https://omicrono.lespanol.com/2014/08/tipos-de-consumidores-de-alcohol-cual-eres-tu/>. [Último acceso: 17 octubre 2018].
- [12] J. T. M., 29 junio 2012. [En línea].
Available: https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/54252904/ASPECTOS_TOXICOLOGICOS.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1552600956&Signature=o0oSna7dmbFS1V87j49wRyx%2FvUE%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DAspectos_Toxicologico.
[Último acceso: 14 marzo 2019].
- [13] E. M. Jellinek, The disease concept of alcoholism, New Haven, CT, US: Hillhouse Press, 1960.
- [14] J. Tapa, «La Tabla del Dr. E. M. Jellinek,» 7 abril 2007. [En línea].
Available: <https://jovenestepa.wordpress.com/2007/04/07/la-tabla-del-dr-e-m-jellinek/>.
[Último acceso: 4 abril 2019].
- [15] L. D. R. Váldez, «Programa Nacional de Alcoholemia,» noviembre 2010. [En línea].
Available: http://conapra.salud.gob.mx/Interior/Documentos/Manuales/Programa_Nacional_Alcoholimetria.pdf. [Último acceso: 5 mayo 2020].
- [16] Arduino.cl, «¿Que es arduino?,» [En línea].
Available: <http://arduino.cl/que-es-arduino/>. [Último acceso: 13 marzo 2019].

- [17] Arduino.cl, «Arduino.cl, Arduino Uno,» [En línea].
Available: <https://arduino.cl/arduino-uno/>. [Último acceso: 13 marzo 2019].
- [18] J. Guerrero, «wordpress.com,» 21 septiembre 2014. [En línea].
Available: <https://pluselectric.wordpress.com/2014/09/21/arduino-uno-especificaciones-y-caracteristicas/>. [Último acceso: 13 marzo 2019].
- [19] «Prometec,» [En línea]. Available: <https://www.prometec.net/producto/arduino-uno/#>. [Último acceso: 3 mayo 2019].
- [20] C. Nuel, «www.xataka.com,» 12 febrero 2012. [En línea].
Available: <https://www.xataka.com.mx/aplicaciones/que-es-la-arquitectura-arm>.
[Último acceso: 13 marzo 2019].
- [21] M. D. Crespo, «Arduino en español,» [En línea].
Available: <http://manueldelgadocrespo.blogspot.com/p/arduino-due.html>.
[Último acceso: 14 marzo 2019].
- [22] «Arduino Due,» [En línea]. Available: <https://store.arduino.cc/usa/due>.
[Último acceso: 3 mayo 2019].
- [23] Arduino, «Arduino Products,» [En línea].
Available: <https://www.arduino.cc/en/Main/Products>.
[Último acceso: 14 marzo 2019].
- [24] «Arduino Leonardo,» [En línea]. Available: <https://store.arduino.cc/usa/leonardo>.
[Último acceso: 03 mayo 2019].
- [25] «Arduino 101,» [En línea]. Available: <https://store.arduino.cc/usa/arduino-101>.
[Último acceso: 03 mayo 2019].
- [26] «Arduino Zero,» [En línea]. Available: <https://store.arduino.cc/usa/arduino-zero>.
[Último acceso: 03 mayo 2019].
- [27] «Arduino Mega 2560,» [En línea].
Available: <https://store.arduino.cc/usa/mega-2560-r3>.
[Último acceso: 03 mayo 2019].
- [28] «FARMABIONICS,» 21 febrero 2014. [En línea].
Available: <https://alcoholimetromexico.com.mx/blog/guias/que-es-un-alcoholimetro/>.
[Último acceso: 18 octubre 2018].
- [29] «Equipo Medico,» [En línea].
Available: <https://www.equipomedicoconsultoria.com.mx/producto/alcoholimetro-bactrack-s80/>. [Último acceso: 03 mayo 2019].
- [30] «Cual Comrar Top,» 20 febrero 2018. [En línea].
Available: <https://www.cualcomprar.top/alcoholimetros/>.

- [Último acceso: 18 octubre 2018].
- [31] FARMABIONICS, «FARMABIONICS,» [En línea].
Available: <https://alcoholimetromexico.com.mx/blog/guias/tipos-de-alcoholímetros/>.
[Último acceso: 27 marzo 2019].
- [32] A. G. González, «Panamahitek,» 1 febrero 2014. [En línea].
Available: <http://panamahitek.com/sensor-mq-3/>. [Último acceso: 27 marzo 2019].
- [33] R. Didácticos, «Robots Didácticos,» 08 julio 2019. [En línea].
Available: <http://robots-argentina.com.ar/didactica/modulos-de-rele-y-arduino-domotica-1/>.
[Último acceso: 07 mayo 2020].
- [34] D. Sanz. [En línea].
Available: https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/34556195/android.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1554343510&Signature=WAYgN7jXCz%2Fr4PRPLEF9SqV081I%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DG_-Te_C_Introduccion_a_Android.pdf. [Último acceso: 27 marzo 2019].
- [35] J.-S. Lee, 5-8 noviembre 2007. [En línea]. Available: http://eee.guc.edu.eg/Announcements/Comparative_Wireless_Standards.pdf. [Último acceso: 27 marzo 2019].
- [36] A. Aranguren, «El motor de arranque, su concepto, partes y función,» 31 marzo 2018. [En línea]. Available: <https://www.motoryracing.com/coches/noticias/el-motor-de-arranque-su-concepto-partes-y-funcion/>. [Último acceso: 27 marzo 2019].
- [37] «Educhamba,» [En línea]. Available: https://www.conevyt.org.mx/educhamba/guias_emprendizaje/sis_arranque.pdf. [Último acceso: 27 marzo 2019].
- [38] N. Mechatronics, «Tutorial sensores de gas MQ2, MQ3, MQ7 y MQ135,» [En línea]. Available: https://naylampmechatronics.com/blog/42_Tutorial-sensores-de-gas-MQ2-MQ3-MQ7-y-MQ13.html. [Último acceso: 30 abril 2020].
- [39] C. Alcaraz, «Con cuántas cervezas das positivo en un control de alcoholemia? – Loopulo,» Loopulo, [En línea]. Available: <https://loopulo.com/conocer/cuantas-cervezas-control-de-alcoholemia/>. [Último acceso: 10 mayo 2020].
- [40] «Justicia México Reglamentos de Tránsito y Vialidad,» [En línea]. Available: https://docs.mexico.justia.com/transito_y_vialidad/Transito_y_Vialidad_Chihuahua.pdf. [Último acceso: 10 marzo 2019].