



Centro Universitario de la Defensa en la Escuela Naval Militar

TRABAJO FIN DE GRADO

Sistema de monitorización de equipos de respiración autónoma basado en tecnología Arduino y Android.

Grado en Ingeniería Mecánica

ALUMNO: Sarin Palanusorn

DIRECTORA: Paula Gómez Pérez

CURSO ACADÉMICO: 2017-2018

UniversidadeVigo



Centro Universitario de la Defensa en la Escuela Naval Militar

TRABAJO FIN DE GRADO

*Sistema de monitorización de equipos de respiración autónoma
basado en tecnología Arduino y Android*

Grado en Ingeniería Mecánica
Intensificación en Tecnología Naval
Cuerpo General

Universida_{de}Vigo

RESUMEN

La Seguridad Interior en la Armada es uno de los trabajos más importantes en los buques de guerra en la defensa contra las amenazas de enemigos y en la prevención de accidentes a bordo del buque. El trabajo requiere esfuerzo humano, preparaciones previas, conocimientos de las técnicas y del uso de materiales, etc. Dentro de aquellas partes existe una figura importante denominada “*Controlador de equipos respiratorios*”, cuya función contribuye directamente a la supervivencia de los operadores. Aun así las herramientas utilizadas en vigor son mejorables.

El presente trabajo busca desarrollar el sistema de control de equipos respiratorios de modo automatizado. Para ello se aplica la tecnología de Arduino y Android con enlaces de comunicaciones Bluetooth para mejorar la obtención de los datos de presión de la botella de oxígeno en tiempo real, y así facilitar el trabajo del controlador de equipos respiratorios y evitar los errores humanos en lo concerniente a los cálculos de tiempo y los avisos de las horas de alarma. Este trabajo tiene como objetivo aumentar la seguridad de los operadores, ayudar a la decisión de los involucrados y asegurar el cumplimiento de la misión.

PALABRAS CLAVE

Arduino, Android, Bluetooth, Seguridad Interior, equipo respiratorio autónomo

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quisiera agradecer a mi abuela Prateungsri, profesora de profesión y de corazón.

A mi padre Sinsorasak, mi ejemplo en la profesión de la milicia.

A mi madre Piyachat, el apoyo incondicional y la inspiración infinita.

Y a mi hermana Chatpreeya, que me dio la valiosa definición de “compartir”.

También me gustaría extender mi agradecimiento:

A la Sra. Gómez, la tutora del TFG que ha hecho mi idea realidad.

A Sr. Sarot Sirotmanon, mi primer tutor de matemáticas en Chaiyaphum, la ciudad donde nací.

A la Armada Tailandesa y la Armada Española, por ofrecerme el privilegio de estar en la ENM.

Al SGT1º D. Pedro Espín y SGT1º D. Rubén Castro, por la información y consejos técnicos de seguridad interior.

A D. Ramón de la peluquería “Cuntis” por el apoyo de mecanizar la cámara de presión.

Y por último, me gustaría dar las gracias a todos mis amigos y conocidos, quienes siempre me hacen pensar que no fue casualidad el hecho de que nos conociésemos.

A la felicidad que me anima a vivir con las esperanzas de encontrar más felicidades en el futuro.

A la generosidad que me demuestra que la mayor felicidad se obtiene cuando la ofreces a los demás.

Y a la ambigüedad que me enseña que la felicidad y generosidad no es algo permanente, así como tampoco lo es la vida.

CONTENIDO

Índice de Figuras	3
Índice de Tablas.....	5
1 Introducción y objetivos	7
1.1 Contextualización.....	7
1.1.1 Seguridad interior en la Armada Española	7
1.1.2 Controlador de equipos respiratorios.....	8
1.1.3 Tabla Control equipos respiratorios.....	8
1.1.4 Equipo respiratorio autónomo	10
1.2 Justificación del problema	13
1.3 Objetivos	14
1.4 Organización de la memoria	14
2 Desarrollo del TFG.....	15
2.1 La plataforma Arduino.....	16
2.1.1 Arduino UNO	16
2.1.2 Sensores utilizados.....	17
2.2 La plataforma Android.....	20
2.2.1 Sistema operativo Android	20
2.2.2 Lenovo Tab 3-710F	21
2.3 Aplicación desarrollada.....	21
2.3.1 Segmento Android	21
2.3.2 Sensor de presión	23
2.3.3 Comunicación del Arduino con la plataforma Android	26
2.3.4 Estructura de la aplicación Android	29
2.4 Manual de usuario	30
2.4.1 Inicialización de la aplicación Android	30
2.4.2 Establecimiento de la comunicación con la plataforma Arduino	31
2.4.3 Visualización de los datos en pantalla	34
3 Pruebas y Resultados.....	37
3.1 Pruebas de distancia operativa	37
3.1.1 En exterior (outdoor)	37
3.1.2 En interior (indoor)	38
3.1.3 En entorno indoor con simulación de superestructura de buque (CASI-ENM)	38

3.2 Pruebas con la cámara de presión	39
4 Conclusiones y Líneas futuras.....	41
4.1 Conclusiones	41
4.2 Líneas Futuras	42
5 Bibliografía.....	43

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1 Tabla de control equipos respiratorios (Fuente: [1])	9
Figura 1-2 Equipo Armada (Fuente: [2])	10
Figura 1-3 Válvula reductora de presión de 1.ª Etapa (Fuente: [2]).....	11
Figura 1-4 Manómetro de presión de la botella (Fuente: [2])	12
Figura 1-5 Avisador acústico (Fuente: [2])	12
Figura 2-1 Vista general del proyecto	15
Figura 2-2 Logo Arduino	16
Figura 2-3 Placa Arduino UNO (Fuente: [4])	16
Figura 2-4 Sensor múltiple BME 280	17
Figura 2-5 Logo Bluetooth	18
Figura 2-6 Transceptor Bluetooth HC-06	19
Figura 2-7 Logo Android	20
Figura 2-8 Logo Android Studio	20
Figura 2-9 Lenovo Tab 3-710F (Fuente: [9]).....	21
Figura 2-10 Montaje de Arduino.....	22
Figura 2-11 Diagrama de flujo del funcionamiento de Arduino	23
Figura 2-12 Cámara de presión	24
Figura 2-13 (a) Instalación interna del sensor; (b) Cableado exterior.....	24
Figura 2-14 Diagrama del flujo del protocolo de conexión del Bluetooth.....	27
Figura 2-15 Diagrama del protocolo de transmisión.....	27
Figura 2-16 Diagrama del flujo del sistema de avisos automáticos	29
Figura 2-17 Interfaz principal.....	30
Figura 2-18 Interfaz principal.....	30
Figura 3-1 Pista de atletismo ENM	37
Figura 3-2 Resultado en cuartel de alumno.....	38
Figura 3-3 Estructura de adiestramiento CASI	39
Figura 3-4 Resultado en CASI	39
Figura 3-5 Conexión con la cámara de presión.....	40
Figura 3-6 Gráfica Presión-Tiempo.....	40

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1 Característica Arduino UNO (Fuente: [4])	17
Tabla 2-2 Clase de Bluetooth (Fuente: [6]).....	18
Tabla 2-3 Versión de Bluetooth (Fuente: [6])	19

1 INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

1.1 Contextualización

Antes de proceder con los detalles del proyecto, cabe hacer una breve explicación acerca de las organizaciones relacionadas y su importancia.

1.1.1 Seguridad interior en la Armada Española

Actualmente las capacidades de destrucción de las armas modernas son muy elevadas y afectan directamente a la operatividad de los buques de guerra. Cada unidad militar operativa es un factor importante para indicar la tendencia de evolución de conflicto o guerra abierta. Por ese motivo, más allá de mejorar la capacidad destructiva está la capacidad defensiva o preventiva con su objetivo primordial de corregir, reparar, limitar efectividad de daño tanto por causa de un ataque o bien de un accidente laboral que sufra el buque y operatividad de sí mismo.

En este campo de trabajo, se nombra *Seguridad Interior* como una sección de buque que dedicar al tema desde la prevención, acción y reparación del daño.

Según la introducción de D-CP-01 publicación de Seguridad Interior de la Armada se define la Seguridad Interior como:

“El conjunto de disposiciones, técnicas y medios materiales y humanos, destinados a prevenir, reducir y corregir los efectos que, sobre un buque o su dotación, puedan derivarse de accidentes o de la acción del enemigo. Su misión principal puede resumirse como: Tener el barco listo para combatir, sostenerlo en el combate, y efectuar reparaciones temporales después de la acción” [1].

Dentro de una misión principal, en la misma definición se refiere a la tarea de contra incendio (apagar el fuego), contra avería (apuntalamiento a vía de agua), contra armas *NBQ* (protección del ataque Nuclear, Biológica y/o Química), etc.

Aunque la seguridad interior no tiene carácter ofensivo, su trabajo implica a la preparación de material y personal, el diario adiestramiento, el cumplimiento de las normativas y trabajo en equipo en paz y en guerra. Así se aumenta la confianza de los mandos y subordinados en la actuación en este trabajo peligroso.

Seguridad interior es uno de los cursos y adiestramientos más realizado en la Armada. Se reseña desde los estudios y cursos en las escuelas de cualquiera escala o empleo. En un buque de

guerra, desde el comandante del buque hasta el último marinero se ve involucrado en esta tarea, según indica en la cita principal de seguridad interior, la cual dice “Seguridad Interior es cosa de todos”.

1.1.2 Controlador de equipos respiratorios

El controlador de equipos respiratorios es una de las figuras importantes de *trozo* de Seguridad Interior a bordo. Se denomina *trozo* a un equipo de operadores de seguridad interior en el buque de guerra, en caso de buque grande suele tener más que un trozo a bordo.

Según D-CP 01[1], el controlador de equipos respiratorios está designado en las siguientes obligaciones:

- 1) Depende del Jefe de Escena (su mando directo en trozo de seguridad interior), al que informará en cuanto estime la necesidad de que el personal en la incidencia portando equipo respiratorio deba ser relevado. Si un usuario no ha salido antes de la hora límite (L), informar al Jefe de Escena y prepararse para realizar la evacuación.
- 2) Registrará en la tabla control de equipos respiratorios a los miembros del Grupo Investigador en el momento de establecerse la situación de Zafarrancho de Combate o al entrar de guardia en la situación de Guaridas de mar o de puerto.
- 3) Todo el personal involucrado en zona de humos debe cooperar con el Controlador, facilitándole así su tarea. Ninguna persona accederá a la incidencia o zona de humos sin haber pasado por el puesto control de equipos respiratorios y haber sido registrado por el controlador de equipos.
- 4) Solicitará desde el primer momento al Jefe de Escena una zona libre de humos y en las proximidades de la Escena donde establecer el Punto de Control de Equipos Respiratorios, que será además informado por la Red de Ordenes Generales.
- 5) Deberá disponer de un reloj que le permita realizar un control efectivo de los tiempos de utilización de los equipos respiratorios.
- 6) Acudirá a su puesto con al menos dos botellas de repuesto.
- 7) Comprobará personalmente la numeración y carga de los equipos del personal que acceda a la zona de humo.
- 8) Mantendrá en las inmediaciones del puesto control de equipos respiratorios tantas botellas de repuesto como equipos respiratorios estén siendo utilizados en la incidencia, así como dos equipos respiratorios completos perfectamente alistados para su uso inmediato. Este material se lo solicitará al Jefe de Escena.
- 9) En el caso de una reentrada en frío, y mientras se realiza el “*briefing*”, comprobará que el personal del Grupo CI porta botellas a la máxima carga, reemplazando las que no lo estén.
- 10) Su misión es exclusiva y no deberá ser empleado en tareas que no sean el control de equipos respiratorios.

En resumen, el controlador de equipos respiratorios es un puesto de mayor responsabilidad, su función es llevar la seguridad de operador que está en la escena, es un medio de comunicación y decisión de trozo de seguridad interior también está encargada de controlar y reponer los materiales en fase de acción. Para lograr todos los objetivos, su adiestramiento y material que la dicha tarea es un garantía de su éxito.

1.1.3 Tabla Control equipos respiratorios

La tabla de control de equipos respiratorios es una de las herramientas principales para el control del nivel de oxígeno de botellas de los operadores que están en la escena. Los datos que se introducen en la tabla son los siguientes: (Figura 1-1)

- 1) **Usuario:** nombre o código del operador.

- 2) **Misión:** la misión o puesto del operador.
- 3) **Presión (P):** la presión de la botella de oxígeno, antes de entrar en escena.
- 4) **Hora inicio (H):** La hora de entrada en escena.
- 5) **Hora Alarma (A):** la hora prevista que va a saltar la alarma (hay que retirarse de la escena). Se calcula desde la tabla de aproximación del tiempo.
- 6) **Hora envío de Relevo (R):** la hora prevista que deber mandar otro operador a sustituir su puesto. Se obtiene a través de: $R = A - 7,5$ minutos.
- 7) **Hora Límite de salida (L):** la hora prevista que la botella se queda inoperativa (agotado totalmente). Se obtiene a través de: $L = A + 7,5$ minutos.

En caso que un usuario no haya salido antes de la *Hora límite de salida (L)*, se informa al Jefe de Escena y se prepara la evacuación.

SIN CLASIFICAR

D-CP-01 (A)

ANEXO 10 – 3

TABLA CONTROL EQUIPOS RESPIRATORIOS.

[illegible]

ATENCIÓN

Si un usuario no ha salido antes de la hora límite (L) informar al Jefe de Escena y prepararse para realizar la evacuación.

Figura 1-1 Tabla de control equipos respiratorios (Fuente: [1])

Los valores de la tabla están aproximados con la tasa de consumición media de operador con la forma física en condición de 40 litros de aire en la presión ambiental por minuto. De esta forma, el tiempo de alarma se calcula siguiendo la ecuación (1):

$$Tiempo\ Alarma = \left(\frac{Presión * 6}{40} \right) - 7,5 \quad (1)$$

Cuando el volumen de la botella de oxígeno del equipo de Armada es de 6 litros y se determina a los 7,5 minutos como el tiempo para retirarse de la escena una vez llega a la *hora de alarma*.

1.1.4 Equipo respiratorio autónomo

La Figura 1-2 muestra el *Equipo Armada*, que es la dominación interna de Equipo respiratorio autónomo de 300 bares de presión positiva que se utiliza en los trabajos de Seguridad Interior (contra-incendio) en la Armada Española.



Figura 1-2 Equipo Armada (Fuente: [2])

Según I-CP-01, la publicación sobre materiales de Seguridad Interior de la Armada [2], el equipo autónomo por aire comprimido es un aparato respiratorio de circuito abierto, independiente del medio ambiente y estudiado, especialmente, para ser usado en ambientes nocivos (por deficiencia de oxígeno, por contaminantes tóxicos o ambos factores combinados). El aire, que procede de la botella, llega a la máscara a través de la válvula reductora de 1ª etapa y del regulador de 2ª etapa. El aire respirado es expulsado al exterior, a través de una válvula exhaladora, que incorpora la máscara de protección facial total.

1.1.4.1 Botella de aire comprimido y grifo

La botella está construida en acero al níquel-cromo-molibdeno con protección exterior a base de zinc metalizado a pistola, apta para una presión de trabajo de 300 bares y una presión de prueba de 450 bares. Esta botella se suministra con el certificado de homologación, expedido por entidad colaboradora del M.I.E.

Dispone de una capacidad de 6 litros en condiciones normales. Esto quiere decir que si está a la presión correcta, almacena unos 1800 litros de aire que le dan al equipo una autonomía aproximada de 45 minutos, dependiendo de factores como actividad física a realizar, tensión, miedo, entrenamiento del usuario en el uso del equipo, carga inicial de la botella, etc.

Va montada sobre el soporte de la espaldadera en posición invertida, para que el usuario pueda manipular el grifo, una vez colocado el equipo.

Va provista de grifo en latón estampado, con un acabado exterior niquelado y cromado como protección, con válvula de seguridad tarada, a una presión entre 340-360 bares.

Va provisto de filtro interior, de bronce sinterizado y conectado a la botella mediante una rosca cónica.

La conexión del grifo a la reductora de 1ª etapa se efectúa mediante rosca.

El mando de accionamiento está construido exteriormente de goma, debe ser luminiscente y con sistema "flotante", de forma que cualquier impacto que sufra, no se transmita al interior del mecanismo.

El aire para cargar la botella debe ser de una calidad conforme a las prescripciones que indiquen las normas nacionales. En cualquier caso, es absolutamente necesario que sea filtrado con el fin de eliminar materiales extraños que pueda contener.

Esta botella viene a sustituir a la de 5 litros de capacidad, apta para una presión de trabajo de 200 bares, una presión de prueba de 300 bares y una válvula de seguridad tarada entre 240 y 260 bares.

1.1.4.2 Válvula reductora de presión de 1.ª Etapa

Está fabricada en latón estampado con un acabado exterior niquelado y cromado, como protección. Va instalada en la parte inferior del conjunto soporte, mediante un sistema que permite un movimiento basculante para facilitar la conexión de la botella. (Figura 1-3)

Incorpora conexiones: para manómetro de comprobación de la presión de aire en la botella, para la línea de media presión y para el avisador acústico.

También incorpora una válvula de seguridad tarada a una presión un poco por encima de la presión de trabajo de esta reductora (generalmente, entre 10 y 15 bares).

La válvula reductora de presión (1ª etapa) funciona automáticamente, reduciendo la presión de aire que proviene de la botella hasta una presión que oscila entre 5 y 10 bares y mediante un mecanismo de pistón compensado interno, mantiene una salida constante de aire.



Figura 1-3 Válvula reductora de presión de 1.ª Etapa (Fuente: [2])

1.1.4.3 Manómetro de presión de la botella

Va provisto de una protección de goma que le previene de posibles golpes. Directamente conexas a la válvula reductora de presión de 1ª etapa con un dispositivo que evita, en caso de rotura, la descarga brusca del aire contenido en la botella. (Figura 1-4)

Este manómetro es apto para trabajar hasta una presión de 450 bares y va graduado entre 0 y 350 ó entre 0 y 400 bares, con indicaciones especialmente visibles en la zona de 0 a 50 bares y en la zona de 200 a 300 bares.

La carátula de lectura va en color amarillo fosforescente y está protegida contra polvo y chorro de agua. El visor es de material plástico de gran resistencia a la rotura. El manómetro dispone de un tapón/válvula de seguridad, para evitar la explosión del mismo en caso de pérdida interior. Cuando esto ocurra en funcionamiento, se deberá proceder con cautela, abandonando la zona peligrosa lo más rápidamente posible, ya que el tiempo de utilización del equipo disminuye al existir una pérdida de aire, que a pesar de estar restringida por un estrangulador de caudal, su reducción de efectividad en el tiempo es considerable.



Figura 1-4 Manómetro de presión de la botella (Fuente: [2])

1.1.4.4 Avisador acústico

Es del sistema de “silbato”. Va conectado mediante un manguito a la reductora de 1ª etapa y debe quedar situado en el soporte dorsal, a la altura del culote de la botella, cerca del oído del usuario. (Figura 1-5)

Este avisador está ajustado para emitir una señal continua audible cuando la presión en el interior de la botella desciende a 50 ± 5 bares y permanecerá sonando hasta que prácticamente se haya agotado el aire de la botella.

Este mecanismo puede ser ajustado sobre un amplio margen de actuación, por lo que los valores anteriormente dados sólo corresponden a un estándar.



Figura 1-5 Avisador acústico (Fuente: [2])

1.2 Justificación del problema

El proyecto tiene como objetivo mejorar el procedimiento existente, denominado “Procedimiento tradicional” en este proyecto. Para ello, se plantea el estudio tipo Problema – Solución con el fin de establecer los objetivos que posteriormente se van a llevar al cabo.

Problemas:

- No existe seguimiento de la presión de la botella una vez el operador entra en la escena.
- Se pueden cometer errores humanos en la anotación de datos de los operadores antes de entrar en la escena, en el cálculo de los tiempos, o en los avisos de alertas (Alarma, Relevo, Límite).
- La tabla de aproximación de tiempo en vigor es poco precisa, se pueden cometer errores que posteriormente perjudiquen al operador.
- Existe sólo un silbato de aviso que avisa al operador cuando llega a la hora de límite de presión. En una escena con mala condición de audición puede provocar confusión entre usuarios.
- Cada usuario consume una tasa diferente de oxígeno, dependiendo de factores como el peso, estado físico, entrenamiento, tipo de trabajo, etc. Estas características no se tienen en cuenta a la hora de establecer el procedimiento, aproximando el consumo en todos los casos a 40 litros de oxígeno en presión ambiental por minuto)
- Basado a los problemas anteriores, el jefe de escena toma decisiones con información poco precisa o equivocada.

Soluciones:

- Se instala un aparato que está capacitado para mandar la información de presión de la botella en tiempo real de forma inalámbrica.
- Se dispone una aplicación que realiza la anotación, cálculo de tiempo y avisa de forma automática, en lugar de hacerlo manualmente por el controlador.
- Con el formulario y capacidad de apreciar el margen de valor de presión hasta 1 bar, se calcula el tiempo de alerta con menos margen de error y evita los errores en las cuentas.
- Se instala un LED en el aparato o el casco del operador en la escena que se enciende a la hora de Alarma. Además el controlador de equipos respiratorios puede revisar los datos en tiempo real, mejorando la coordinación en el trozo de seguridad interior.
- La actualización de la información de presión en tiempo real, se corrige los imprevistos por el motivo del escaso de oxígeno antes que tiempo calculado en método tradicional.
- La tendencia cambiada en tiempo real, se mejora los aspectos de los relevos, la asignación de personal y el trabajo, la detección de las pérdidas de la botella de oxígeno etc.

Además de las soluciones propuestas, se tiene en la cuenta el tamaño del aparato utilizado en la escena, la implantación del sistema en la plataforma, la aplicación que sea práctica y fácil manejable para el controlador de equipos respiratorios y la tecnología de comunicación permite a lograr la conexión entre dos plataformas.

1.3 Objetivos

El primer paso para empezar el proyecto es definir claramente los objetivos, que son los siguientes:

- Seleccionar adecuadamente el hardware para implantación de los sensores y sistema de comunicación, teniendo en cuenta el tamaño del dispositivo final.
- Seleccionar adecuadamente el hardware de presentación de datos que deberá ser compatible con sistema de comunicación propuesto.
- Seleccionar el sistema de comunicación que puede enlazar las dos plataformas y permitir la conexión múltiple.
- Diseñar una aplicación con una interfaz de usuario que cumpla las normativas y procedimientos en vigor.

Para lograr alcanzar los objetivos deseados, el trabajo se ha desgranado en unas series de tareas:

- Profundiza en el entorno de programación y montaje de sensores de Arduino.
- Profundiza en el entorno de programación Android.
- Establece el protocolo de comunicación de Bluetooth.
- Documentación de los procedimientos del controlador de equipos respiratorios.
- Diseña la aplicación para suprimir el uso de los materiales actuales con el mismo cumplimiento de las normas y procedimiento.

1.4 Organización de la memoria

El desarrollo de la memoria (Capítulo 2) comienza introduciendo al lector el funcionamiento de los micro controladores Arduino (Sección 2.1) y la plataforma Android (Sección 2.2). Posteriormente se detallan las fases de implementación del proyecto (Sección 2.3) y guía del usuario de la aplicación (Sección 2.4).

Las pruebas realizadas en el proyecto se desarrollan en el Capítulo 3, las cuales son principalmente las pruebas de distancia operativa frente las distintas escenarios así como las pruebas con cámara de presión.

Finalmente, el Capítulo 4 recoge las conclusiones extraídas del proyecto y sus posibilidades de expansión

2 DESARROLLO DEL TFG

El presente proyecto está compuesto por tres elementos principales: un segmento Arduino, un segmento Android y un transceptor de comunicaciones Bluetooth, que sirve de pasarela entre ambos elementos. (Figura 2-1)

- **La plataforma Arduino:** Pertenece a la parte del operador en la escena y tiene como misión la medición de la presión de la botella, la transmisión del dato al dispositivo Android y la de avisar al operador con la luz LED roja en cuanto llegue al tiempo de alarma.
- **La plataforma Android:** Pertenece al usuario (controlador de los equipos respiratorios). Sus funciones principales son la presentación de la aplicación, la interpretación del sistema de avisos, la conversión de la presión al tiempo y se controla el establecimiento de la conexión con este protocolo.
- **Bluetooth:** protocolo de comunicación enlace entre dos plataformas.

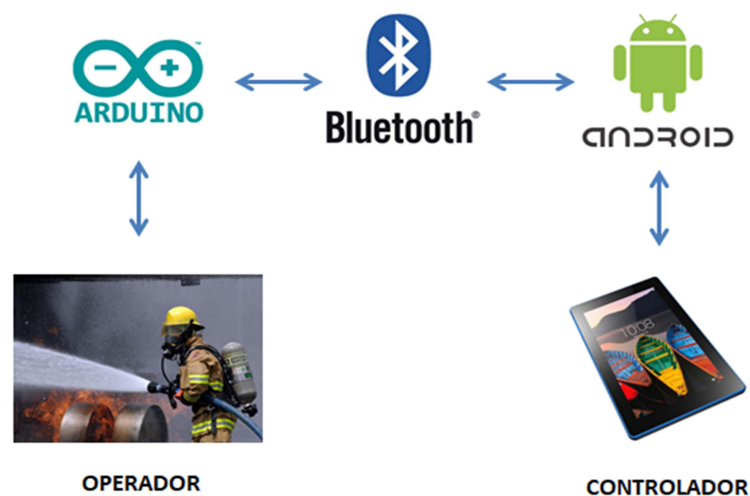


Figura 2-1 Vista general del proyecto

2.1 La plataforma Arduino

Para la realización de este proyecto se ha seleccionado la plataforma Arduino como módulo de control. Este apartado detallará las características más básicas de dicho hardware. (Figura 2-2)



Figura 2-2 Logo Arduino

Arduino es una plataforma que se controla con código abierto (*open source*) basado en el hardware y software de mayor manejabilidad para todos los niveles de desarrolladores. Puede trabajar sobre los distintos sistemas operativos. Se destaca sobre otras plataformas de micro controlador con los siguientes motivos [3].

- **Bajo coste:** Las placas de Arduino son relativamente barato cuando compara con otras plataformas de micro-controladores.
- **Variedades:** Bajo de la misma marca, existen varios módulos con distintos capacidades, tamaños y funciones para cada tipo de proyecto.
- **Plataforma cruzada:** El software de Arduino funciona en *Windows*, *Mac OS X* y *Linux*.
- **Simplicidad:** El software de Arduino es de fácil aprendizaje, accesible para todos los niveles de usuarios.
- **Software de fuente abierto y extensible:** El software de Arduino tiene la compatibilidad con lenguaje C++, permite la extensión del proyecto y los apoyos de otros usuarios.
- **Hardware de fuente abierto y extensible:** Los hardware de Arduino es compatible con los que existen en el mercado, permite a mejorar y desarrollar los módulos, partes o sensores con su propia creación.

2.1.1 Arduino UNO

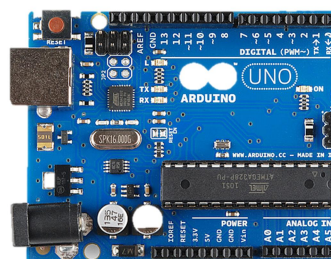


Figura 2-3 Placa Arduino UNO (Fuente: [4])

Arduino UNO (Figura 2-3) es un modelo de placas Arduino que se utiliza en el desarrollo de este proyecto por su mayor disponibilidad, compatibilidad, tamaño, óptimo para el aprendizaje de los principiantes y bajo coste. Se presenta con las siguientes características: (Tabla 2-1)

Voltaje de operación	5V
Voltaje de entrada (recomendación)	7-12V
Voltaje de entrada (limite)	6-20V
Pines E/S Digital	14
Pines de Entrada Analógica	6
Velocidad de reloj	16 MHz
Largo	68.6 mm
Ancho	53.4 mm
Peso	25 g

Tabla 2-1 Característica Arduino UNO (Fuente: [4])

2.1.2 Sensores utilizados

2.1.2.1 Sensor de presión

Sensor de presión (sensor múltiple) modelo BME 280. Es un sensor que tiene capacidad de medición de varios tipos de datos como temperatura, presión atmósfera y humedad. Además está preinstalado los códigos para el cálculo de la altura como la medición indirecta (basada en otros valores). (Figura 2-4)

El rango operativo de medición de presión ambiental del sensor es: 0,3 bares a 1,1 bares, precisión relativa 0,00012 bares, precisión absoluta 0,001 bares [5].

Opera con 3,3 voltios y necesita 4 pines de conexión a la placa de Arduino.

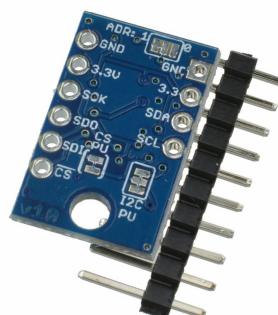


Figura 2-4 Sensor múltiple BME 280

2.1.2.2 Transceptor Bluetooth

Bluetooth (Figura 2-5) es una especificación industrial para Redes Inalámbricas de Área Personal (WPAN) creado por *Bluetooth Special Interest Group*, Inc. que posibilita la transmisión de voz y datos entre diferentes dispositivos mediante un enlace por radiofrecuencia en la banda ISM de los 2.4 GHz. Los principales objetivos que se pretenden conseguir con esta norma son: [6]

- Facilitar las comunicaciones entre los equipos móviles.

- Eliminar los cables y conectores entre estos.
- Ofrecer la posibilidad de crear pequeñas redes inalámbricas y facilitar la sincronización de datos entre equipos personales.
- Requiere poca potencia para su funcionamiento.
- Su tamaño físico es pequeño, permite la instalación en los aparatos móviles.



Figura 2-5 Logo Bluetooth

Los dispositivos que con mayor frecuencia utilizan esta tecnología pertenecen a sectores de las telecomunicaciones y la informática personal, como *PDA*, teléfonos móviles, computadoras portátiles, ordenadores personales, impresoras o cámaras digitales.

Se denomina Bluetooth al protocolo de comunicaciones diseñado especialmente para dispositivos de bajo consumo, que requieren corto alcance de emisión y basados en transceptores de bajo costo.

Los dispositivos que incorporan este protocolo pueden comunicarse entre sí cuando se encuentran dentro de su alcance. Las comunicaciones se realizan por radiofrecuencia de forma que los dispositivos no tienen que estar alineados y pueden incluso estar en habitaciones separadas si la potencia de transmisión es suficiente. Estos dispositivos se clasifican como "Clase 1", "Clase 2" o "Clase 3" en referencia a su potencia de transmisión, siendo totalmente compatibles los dispositivos de una caja de ordenador. (Tabla 2-2)

Clase	Potencia máxima permitida (mW)	Potencia máxima permitida (dBm)	Alcance (aproximado)
Clase 1	100 mW	20 dBm	~100 metros
Clase 2	2.5 mW	4 dBm	~5-10 metros
Clase 3	1 mW	0 dBm	~1 metro

Tabla 2-2 Clase de Bluetooth (Fuente: [6])

En la mayoría de los casos, la cobertura efectiva de un dispositivo de clase 2 se extiende cuando se conecta a un transceptor de clase 1. Esto es así gracias a la mayor sensibilidad y potencia de transmisión del dispositivo de clase 1, es decir, la mayor potencia de transmisión del dispositivo de

clase 1 permite que la señal llegue con energía suficiente hasta el de clase 2. Por otra parte la mayor sensibilidad del dispositivo de clase 1 permite recibir la señal del otro pese a ser más débil.

Los dispositivos con Bluetooth también pueden clasificarse según su capacidad de canal: (Tabla 2-3)

Versión	Ancho de banda (BW)
Versión 1.2	1 Mbit/s
Versión 2.0 + EDR	3 Mbit/s
Versión 3.0 + HS	24 Mbit/s
Versión 4.0	32 Mbit/s

Tabla 2-3 Versión de Bluetooth (Fuente: [6])

Para el desarrollo de este trabajo, se ha optado por utilizar un transmisor y receptor de Bluetooth modelo HC-06 (Figura 2-6). Dicho transceptor se clasifica como clase 2 por su potencia versión 2.0 + EDR, y dispone de capacidad para trabajar en modo esclavo (se conecta a un dispositivo a la vez), trabajar con menor potencia y es capaz de alcanzar más que 100 metros de distancia operativa. [7]

Su tamaño es óptimo para la instalación a la placa de Arduino UNO y permite su uso con la mayor movilidad en el escenario de los trabajos de seguridad interior.

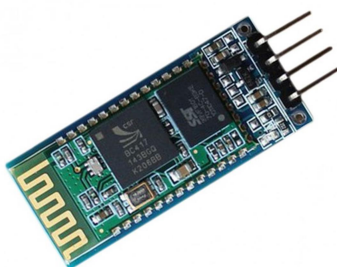


Figura 2-6 Transceptor Bluetooth HC-06

Adicionalmente, dispone de un LED que indica el estado de la conexión, de forma que:

- **La luz se enciende de forma intermitente:** Cuando el transceptor está alimentado o estableciendo la conexión al otro aparato.
- **La luz se enciende en forma constante (fija):** Cuando la conexión ya está establecido en caso de que ocurre, la desconexión, se vuelve a encenderla en forma intermitente.

2.2 La plataforma Android

Para la realización de este proyecto se ha seleccionado la plataforma Android como módulo de control y presentación. Este apartado detallará las características más básicas de dicho hardware. [8]

2.2.1 Sistema operativo Android



Figura 2-7 Logo Android

Android (Figura 2-7) es sistema operativo que se emplea en los dispositivos portátiles como teléfono móvil, tablet, relojes, etc. Con las siguientes ventajas para el desarrollo de este proyecto.

- **Código abierto:** el desarrollo las aplicaciones de Android es posible a través de las programas comerciales (*Android Studio* (Figura 2-8), *Eclipse* etc.) siendo totalmente gratuito y accesible para todos los niveles tanto nivel profesional como nivel afición.

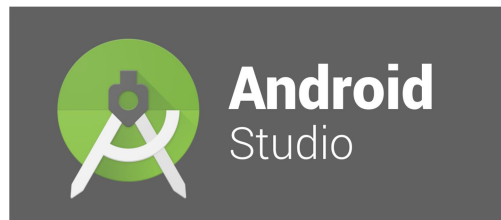


Figura 2-8 Logo Android Studio

- **La instalación:** Android es compatible con la mayoría de los dispositivos portátiles en el mercado. Se puede realizar la instalación directa o a través de *Google Play*. Facilita el desarrollo la aplicación en forma no comercial, sin coste en este aspecto.
- **Comunidad de los desarrolladores:** Al ser fácilmente accesible, existen multitudes de librerías desarrolladas por los usuarios, así como foros, donde se pueden descargar diversos códigos y aplicaciones de ejemplos ya desarrollados. A partir de dicho fuente se puede continuar a desarrollar la aplicación o consulta las dudas en el foro de la comunidad, el cual es muy activo, con un elevado número de miembros y una amplia base de datos.
- **Mayor soporte con hardware adicional:** Permite a recibir información de fuente externo a través de sensores pre-instalado en dispositivo como *WIFI*, *GPS*, acelerómetros, giroscopio, magnetómetros o Bluetooth que es el medio de comunicación principal de este proyecto.

2.2.2 Lenovo Tab 3-710F



Figura 2-9 Lenovo Tab 3-710F (Fuente: [9])

Se selecciona este dispositivo de Android por los siguientes motivos. [9]

- **Compatibilidad:** Se soporta a todos los funcionamientos requeridos para realizar el proyecto como Bluetooth 4.0, pantalla táctil etc. (Figura 2-9)
- **Economía:** Este dispositivo es totalmente comercializado, el precio es razonable barato y la Facilidad de la solicitud de la reparación es mayor.
- **Manejabilidad:** Con la pantalla de 7 pulgadas y la resolución de 1024 x 600 pixeles. Permite a presentar todas las informaciones de la aplicación y facilita el manejo con contacto de los dedos con la pantalla. Su tamaño reducido y el peso de 300 gramos es óptimo para su funcionamiento en los trabajos de seguridad interior.
- **Tiempo operativo:** El tiempo de autonomía de este dispositivo es de 10 horas, lo que cubre el tiempo operativo suficiente para los trabajos de seguridad interior.

2.3 Aplicación desarrollada

2.3.1 Segmento Arduino

La primera fase profundiza en la plataforma Arduino, la cual está compuesta por varios elementos o recursos:

- **Manejo de la placa Arduino:** Empezar con los conceptos básicos de su funcionamiento. Conocer los componentes, la conexión con PC, utilización de los sensores, puerto entrada y salida de datos, etc.
- **Programación en Arduino IDE:** La programación básica es para retomar a tanto el uso del lenguaje C++ o como las estructuras del IDE. Se utiliza señal digital (0 y 1) para los datos de entrada y un LED como dispositivo de salida, en esta forma se realiza un tipo de interacción de 2 vías, el cual es el fundamento de función del micro-controlador.
- **Código fuente:** Existen varias páginas web y foros que permite a descargar a los códigos y posteriormente aplicarlos en el proyecto. se trata los dichos fuentes como las herramientas importantes para la exploración de las ideas con el fin de la adaptación y el desarrollo en el proyecto. También existen los códigos o bien “Librería”. Los cuales sus únicas funciones son para funcionar en un modelo de sensor concreto que se instala en el proyecto. Con este aspecto se llega a la conclusión de que este proyecto es la aplicación de otros proyectos, se integra y adaptase al ambiente de los trabajos de seguridad interior.

La Figura 2-10 muestra el conexionado de los elementos que conforman el segmento Arduino, cuyo detalle de interconexión es el siguiente:

- **Transceptor del Bluetooth HC-06.**
 - RXD conecta al Puerto Digital 1 (TX)
 - TXD conecta al Puerto Digital 0 (RX)
 - GND conecta al GND
 - VCC conecta al 5V
- **Sensor múltiple BME-280.**
 - GND conecta al GND
 - 3.3 V conecta al 3.3 V
 - SDA conecta al Puerto Análogo In 4
 - SCL conecta al Puerto Análogo In 5
- **Luz LED rojo.**
 - Polo Positivo conecta al Puerto Digital 12
 - Polo Negativo conecta al GND

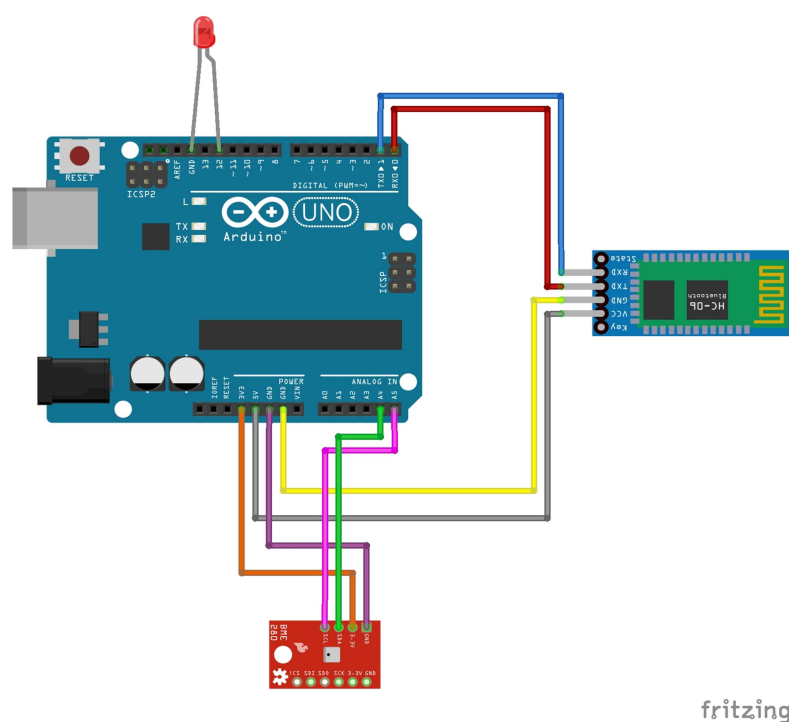


Figura 2-10 Montaje de Arduino

La Figura 2-11 muestra el diagrama de flujo de la aplicación incluida en el segmento Android, cuyo detalle de funcionamiento se describe a continuación:

- Los datos se intercambian solamente entre dispositivo Android través de Bluetooth.
- Se enciende un LED rojo únicamente en caso que la presión baje a menos de los 50 bares.
- Se establece un tiempo de retardo de 1 segundo para la toma de datos del sensor, así como para la transmisión del dato al dispositivo Android.
- El ciclo de funcionamiento de Arduino se comienza con la recepción de una llamada del dispositivo Android. En este caso la llamada es un número designado a cada aparato de Arduino.
- Una vez recibe la llamada, se obtiene la información del sensor de presión.

- Según la presión obtenida, si es menor de 50 bares, se enciende la luz LED roja, la cual corresponde con la señal de Alarma.
- Se transmite los datos de presión al dispositivo Android. Al finalizar este proceso, se considera como un ciclo de funcionamiento y no se vuelve a empezar hasta que llegue la siguiente llamada de Android.

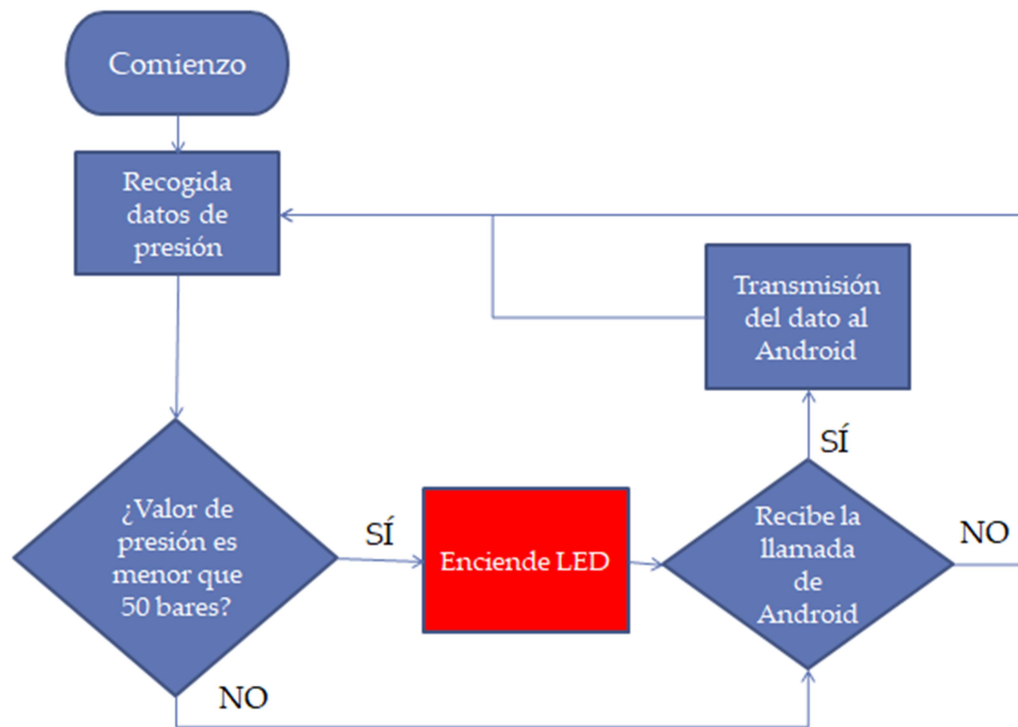


Figura 2-11 Diagrama de flujo del funcionamiento de Arduino

2.3.2 Sensor de presión

2.3.2.1 Conversión de presión a tiempo

Uno de los objetivos establecidos en este proyecto es aumentar la precisión de la conversión de la presión obtenida de la botella al tiempo límite operativo de cada operador en escena.

El dispositivo Android recibe la información de la presión en cada momento del segmento Arduino, y este dato es procesado siguiendo la ecuación (2):

$$Tiempo\ Limite = \left(\frac{Presión\ recibida * 6}{40} \right) \quad (2)$$

2.3.2.2 Optimización del sensor de presión para las pruebas en cámara

La botella de oxígeno del equipo de Armada contiene muy altas presiones. Este motivo, junto al gas almacenado en la botella, hace que resulte peligroso instalar el sensor de presión en la misma, porque se puede llegar a producir una explosión. Por este motivo, para poder realizar el análisis de la presión recibida y sus fluctuaciones de forma segura, para la realización de este TFG se ha diseñado un prototipo sencillo de cámara de presión.

Se ha utilizado un difusor de agua comercial con capacidad de bombeo (Figura 2-12), con las siguientes características:

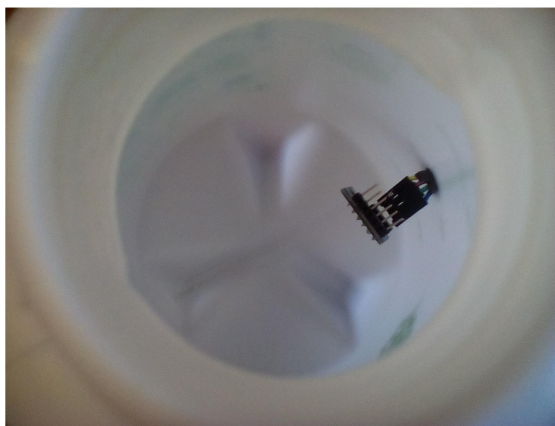
- Está compuesto por dos partes desmontables: un tanque-depósito de agua de un litro y un conjunto de bomba de mano, con salida ajustable y palanca de control del caudal salida.
- Su estructura está hecha con plástico ligero.
- Bajo coste, fácil de adquirir.
- Fácil de mecanizar.
- El difusor utilizado ofrece la capacidad de la manipulación de la presión interna por los mecanismos de control del volumen entrada y salida del aire.



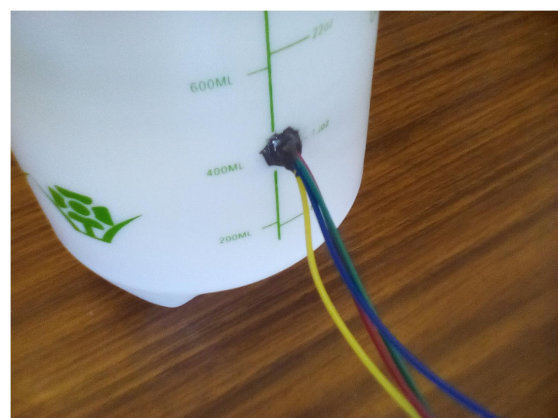
Figura 2-12 Cámara de presión

Para introducir el sensor en la cámara de presión, hay que modificarla físicamente para conseguir la posición óptima del sensor en el difusor, a la vez que se mantiene suficientemente la estanqueidad de la cámara.

Se instala el sensor presión dentro del difusor a través de un agujero (Figura 2-13 (a)) que fue sellado posteriormente con pegamento de metal para obtener la mayor estanqueidad (Figura 2-13 (b)). De esta forma, se obtiene cámara de presión para los estudios y las pruebas de sensor y aplicación del proyecto.



(a)



(b)

Figura 2-13 (a) Instalación interna del sensor; (b) Cableado exterior

Una vez adquirido el dato de presión, es necesario adaptarlo y filtrar las posibles oscilaciones indeseadas.

La adaptación del dato consiste en convertir el rango dinámico al deseado. Es decir, la botella de oxígeno real trabaja en presión de 0 a 300 bares, sin embargo, el sensor utilizado en este TFG opera entre 0,3 y 1,1 bares. Para simular este rango dinámico de trabajo con la cámara de presión, habrá que realizar la siguiente conversión:

- 1) Medición del rango dinámico del sensor en la cámara: Se realiza la obtención de la presión mínima con la cámara totalmente vacía y la presión máxima que el sensor puede medir en la cámara. En este caso con la temperatura ambiente de 22° C se obtiene una presión máxima de 1.499.331 Pa (14.99 bares) y una presión mínima de 97.665 Pa (0.97 bares).
- 2) Se realiza el cálculo de los coeficientes de la ecuación lineal para la conversión, que se detallan a continuación.

Con los dos valores obtenidos se aplica la ecuación lineal (3) para convertir el rango dinámico del sensor en la cámara a los valores de 1-300 que serán los necesarios para trabajar con la aplicación.

$$\frac{\text{Presión máximo} - A}{B} = \frac{\text{Presión mínimo} - A}{B} \times 300 \quad (3)$$

Donde A y B son coeficientes, la presión máxima es 1.499.331 Pa y la presión mínima es 97.655 Pa. Se obtiene los valores: A = 97.492 y B = 172,97.

Una vez obtenido el dato y convertidos los márgenes dinámicos, será necesario filtrar dos datos obtenidos. Dada la naturaleza y calidad de este sensor, es inevitable que aparezcan fluctuaciones indeseadas debida a diversas causas, como por ejemplo la variación de temperatura.

Según las pruebas realizadas, existen los siguientes factores naturales que afectan la medición de presión en este presente proyecto:

- a) **La oscilación en la medición:** durante el aumento o disminuye brusco de la presión en cámara por el defecto del sensor y la inestabilidad dentro de la cámara.
- b) **La variación de la temperatura:** afecta directamente a la presión en la cámara aunque se desprecia cuando el tiempo de la medición es reducida.

En este proyecto se establece un filtrado del valor obtenido del sensor de presión, que se incorpora en el proceso de la recogida del dato, con el fin de disminuir el efecto de la oscilación. De esta forma, en cada ciclo de obtención de la presión, se realiza 5 veces la medición con 200 ms de retardo entre cada una de ellas (un segundo en total) para posteriormente aplicar una media aritmética a los cinco valores obtenidos. El resultado promediado será el que se envíe al dispositivo Android.

Se ha comprobado que, en ocasiones, probablemente por la variación de la temperatura ambiental, se obtienen valores de presión negativos. En este caso se establece un límite inferior igual a cero, que será el mínimo valor de presión admisible por la aplicación.

La cámara de presión diseñada, aun siendo así de sencilla, tiene capacidad suficiente para generar presiones mayores de las que puede medir el sensor. Es por tanto necesario determinar el valor optimizado máximo a 300 bares.

Por el defecto, la cámara de presión no está diseñada para ser totalmente estanca, por lo que se observa una pequeña pérdida del aire durante la medición, que ha sido aprovechada para la prueba de sensor a la pequeña variación de presión.

Para alcanzar la presión máxima del sensor, se aproxima a 18 bombeadas en la cámara de presión.

2.3.3 Comunicación del Arduino con la plataforma Android

Una de las fases más importantes del proyecto, a partir de la implantación del Bluetooth en el Arduino, los dos partes (Android y Arduino) se desarrolla de forma paralela. Con la conexión se permite el intercambio de los datos de presión de oxígeno, que es el fin de este proyecto.

Las dificultades de la conexión de Bluetooth son:

- **El establecimiento de conexión inicial “Pairing”:** la conexión inicial no suele ser exitosa la primera vez, hace falta que disponga la posibilidad de la reconexión en caso de que falle la conexión inicial o la desconexión durante el trabajo. Según las numerosas pruebas de conexión realizadas, una vez se establezca la primera conexión es poco probable de que se desconecte salvo en los casos en que se supere la distancia operativa, se transmita desde la zona de sombra de la señal o se dañe físicamente el aparato.
- **Su proceso durante el establecimiento de la conexión es imprecisa:** antes de que la conexión se establezca, hay que definir los parámetros y variables de los flujos de datos de entrada y salida y los *sockets*. Hasta que se establecen todos los parámetros y variables por completo no es posible de comenzar la transmisión. Por ese motivo hay que programarlo de forma cuidadosa para hacer referencia a la conexión con las acciones después de su establecimiento, como los mensajes de sistema, la activación de los botones y también las acciones después de la detección de la desconexión. Se domina el protocolo de conexión como el parte de la programación que controlar a la conexión y desconexión del Bluetooth.

En este proyecto se divide el proceso establecimiento de conexión de Bluetooth en dos fases: conexión y transmisión, para evitar los errores que se puede surgir durante la conexión. Además, agiliza el procedimiento de obtención de datos (se realiza la conexión antes y comenzar a transmitir cuando entra el operador en la escena).

2.3.3.1 Protocolo de conexión múltiple de Bluetooth

Según el tipo de trabajo del trozo de seguridad interior, se necesitará más que una conexión Bluetooth simultánea (una conexión para cada operador en la escena). Se diseña este protocolo para controlar la conexión con las siguientes características: (Figura 2-14)

- Se permite establecer más que una conexión simultáneamente en forma de que cada dispositivo es independiente de otro. Es decir que si uno falla, no se afecta al funcionamiento de otros.
- Permite hacer la reconexión en caso de que falle la primera conexión o falle durante la transmisión.
- Tiene sistema de avisos a la conexión y la desconexión en forma de mensaje de sistema antes de la reconexión que se va a hacer por el criterio de usuario.

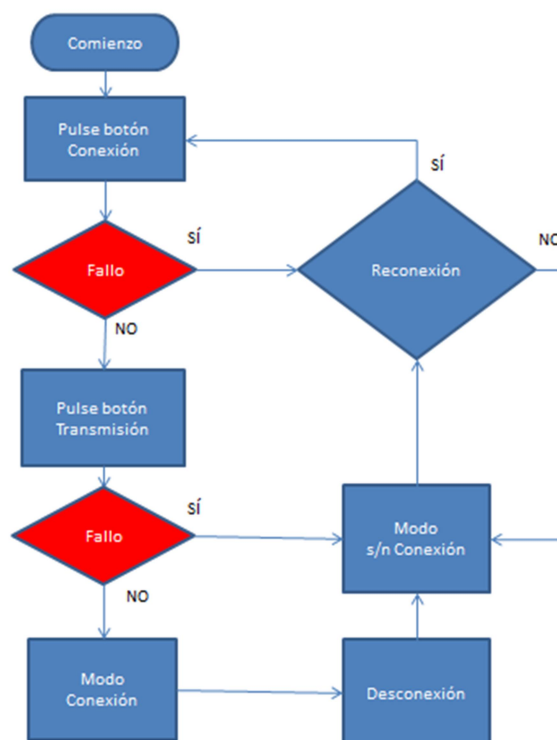


Figura 2-14 Diagrama del flujo del protocolo de conexión del Bluetooth

2.3.3.2 Protocolo de transmisión

Después de la conexión se procede a establecer la transmisión. Se realiza de forma que el dispositivo Android manda un número correspondiente a cada Arduino, con este método no se confunde a los datos recibidos con los Arduinos mandados en caso de conexiones de 2 Arduinos. En cuanto el dispositivo Android recibe la presión, se la presenta en la pantalla con el tiempo de avisos calculados y se vuelve a mandar la misma llamada Arduino después del retardo de 2 segundos. Es decir que en caso que ocurre la desconexión ni Android ni Arduino está mandando los datos sin la recepción del otro aparato hasta que establezca la conexión de nuevo. (Figura 2-15)

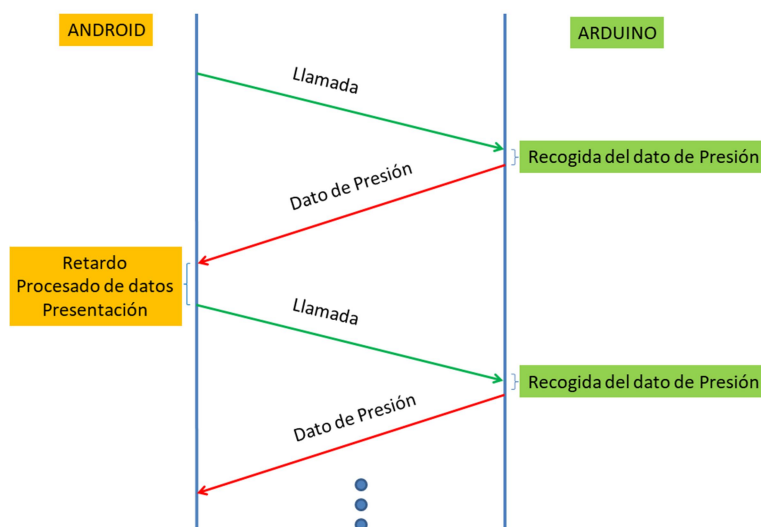


Figura 2-15 Diagrama del protocolo de transmisión

Las ventajas y desventajas del protocolo de transmisión implementado son las siguientes:

Ventajas:

- Evitar la transmisión perdida. Se para la transmisión cuando una de las dos plataforma no se contesta la información.
- Permite más que una conexión a la vez.

Desventajas:

- Necesita 2,5 segundos de retardo para que la presentación de aplicación funciona correctamente.
- Durante del funcionamiento del protocolo, no se permite modificar ningún parámetro como el retardo, tampoco la desconexión por la demanda del usuario.

2.3.3.3 Sistema de avisos automáticos

Desde punto de vista del controlador del equipo respiratorio, cada hora de alerta conlleva las distintas acciones planeadas. El sistema de avisos automáticos evita al controlador la equivocación en las alertas. Normalmente, pueden estar más de 5 operadores trabajando en la escena en mismo tiempo.

El sistema está implantado en Android, y funciona independiente de la conexión. Se refleja cada color con cada aviso y alerta: (Figura 2-16)

- **Amarillo:** Hora de Relevé (R).
- **Rojo:** Hora de Alarma (A).
- **Violeta:** Hora de Limite (L).
- **Verde:** Funcionamiento correcto, sin alerta.

Cada aviso aparecerá en pantalla cuando la hora de sistema (reloj del dispositivo) supera la hora calculada correspondiente para cada caso.

Según la capacidad de seguimiento de la presión en el tiempo real, se permite la actualización de las distintas horas de alarma para obtener el valor más real posible, lo que es una ventaja frente al método tradicional.

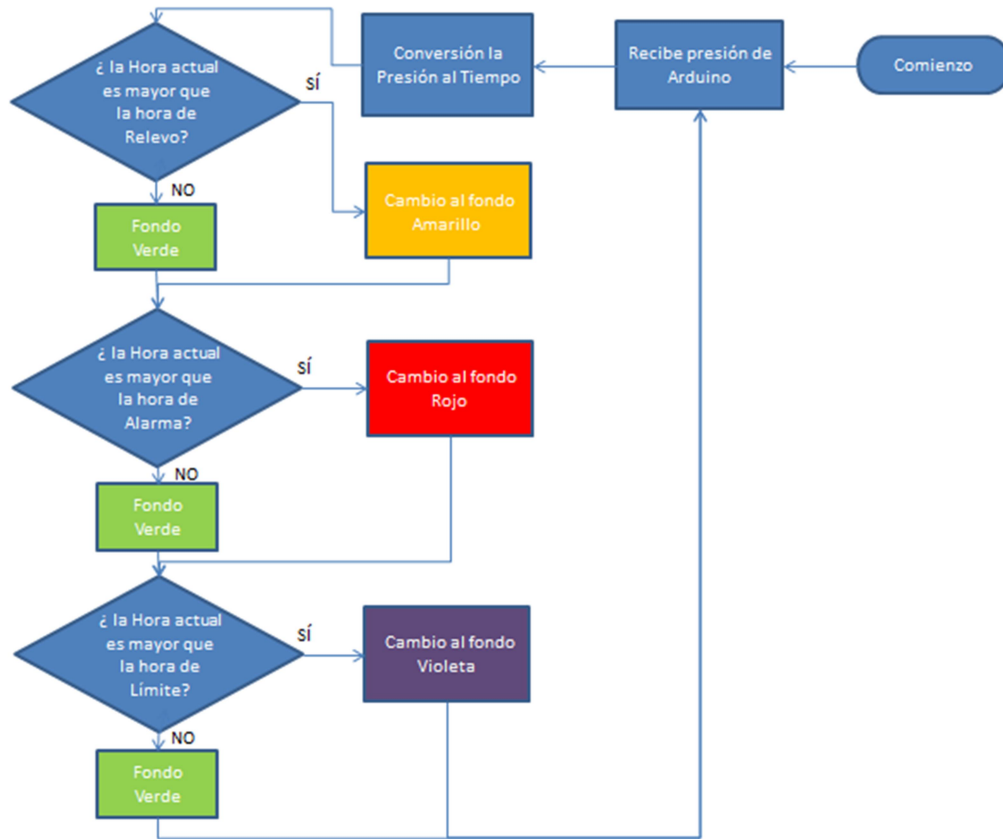


Figura 2-16 Diagrama del flujo del sistema de avisos automáticos

2.3.4 Estructura de la aplicación Android

La interfaz o la presentación de la aplicación es una parte fundamental de este trabajo. Se diseña para facilitar el manejo del usuario e intuitivo. El formato está basado en el control de equipos respiratorio tradicional para la rapidez de aprendizaje del uso de usuarios y además se cumple las normativas en vigor del D-CP-01. Cada fila de información se corresponde con un usuario determinado.

La Figura 2-17 muestra la interfaz desarrollada para el segmento Android. En las columnas de la aplicación, cada una tiene su función al siguiente:

1. **NUM:** número de operador o número de dispositivo Arduino.
2. **TX:** botón que establece la conexión Bluetooth. Se activa después de la conexión y también si la conexión falla.
3. **PRESION:** información de la presión en cada momento y el estado de la conexión antes que la transmisión.
4. **INICIO:** la hora que el operador en la escena (el momento que pulsa botón TX). Esta hora es fijo para ser referencia a las alarmas (no varía con los cambio de presión), se restablece cada vez que iniciar la transmisión nueva (pulsa el botón TX).
5. **RELEVO:** la hora de Relevo.
6. **ALARMA:** la hora de Alarma.
7. **LÍMITE:** la hora de Limite.
8. **AVISOS:** mensaje corresponde en cada alerta que se salta.

En las columnas de NUM, RELEVO, ALARMA y LÍMITE se cambia el color de fondo según la variación de la presión recibida. El detalle de funcionamiento de la aplicación se describirá en el siguiente apartado (2.4).

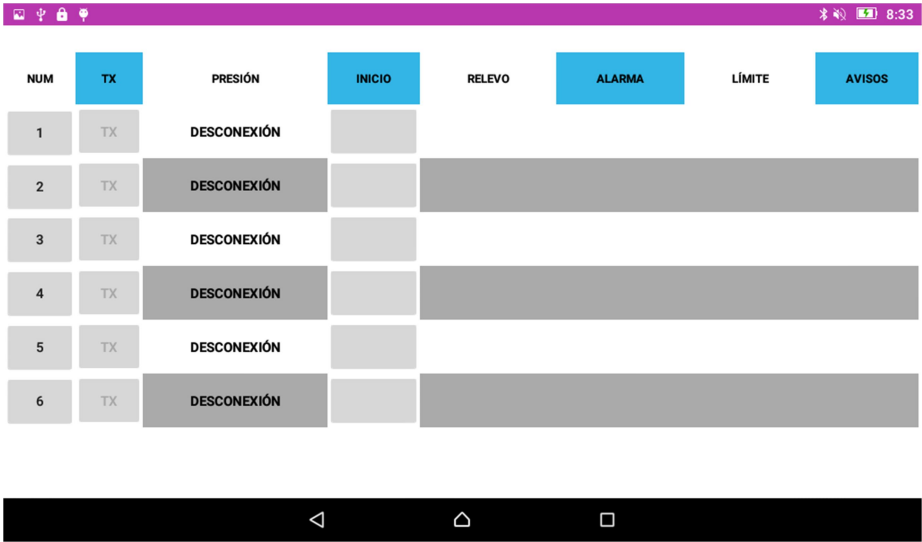


Figura 2-17 Interfaz principal

2.4 Manual de usuario

2.4.1 Inicialización de la aplicación Android

Este apartado se informa el manejo de la aplicación para los usuarios en el presente interfaz.

- **Al iniciar la aplicación:**

Se encuentra con la interfaz principal (Figura 2-18). Los estados de conexión de todos los aparatos Arduino estarán en desconexión (“DESCONEXIÓN”), los botones de conexión estarán en activados, Los botones de TX en desactivados y no se demuestran ningunas información de las horas de alarmas.

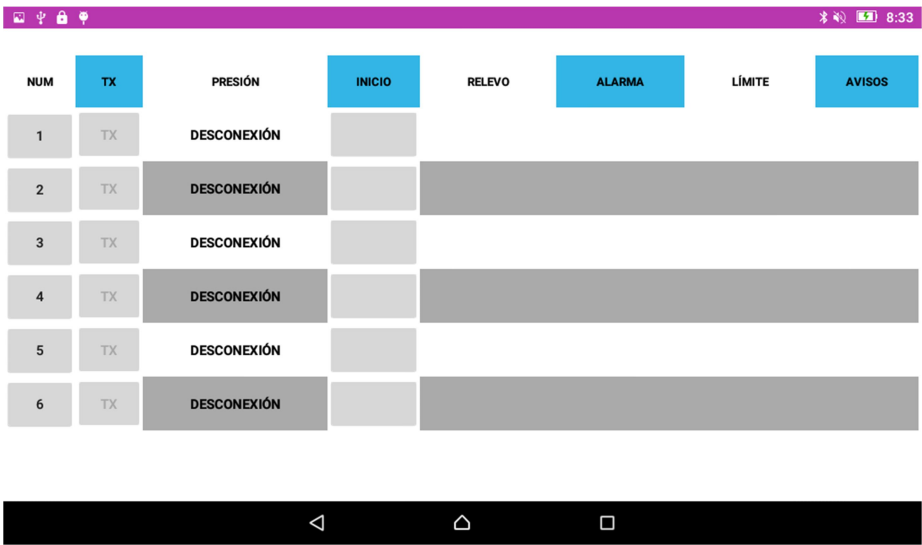


Figura 2-18 Interfaz principal

- **Antes de la conexión:**

Al iniciar la aplicación, el sistema se comprueba automáticamente si el Bluetooth del dispositivo Android está encendido. En caso de que el Bluetooth no está encendido, se demuestra un mensaje del sistema para avisar al usuario (Figura 2-19), el usuario tiene que encender manualmente el Bluetooth (Figura 2-20) (en las opciones fuera de la aplicación). Se recomienda a encender el Bluetooth antes que iniciar la aplicación. Esta aplicación no funciona sin el Bluetooth encendido.

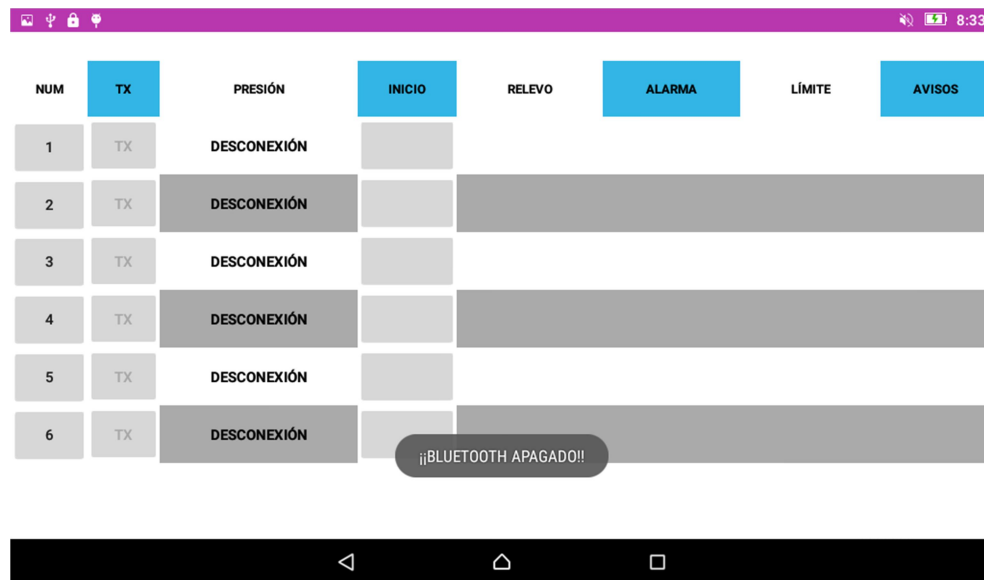


Figura 2-19 Aviso de sistema s/n conexión Bluetooth

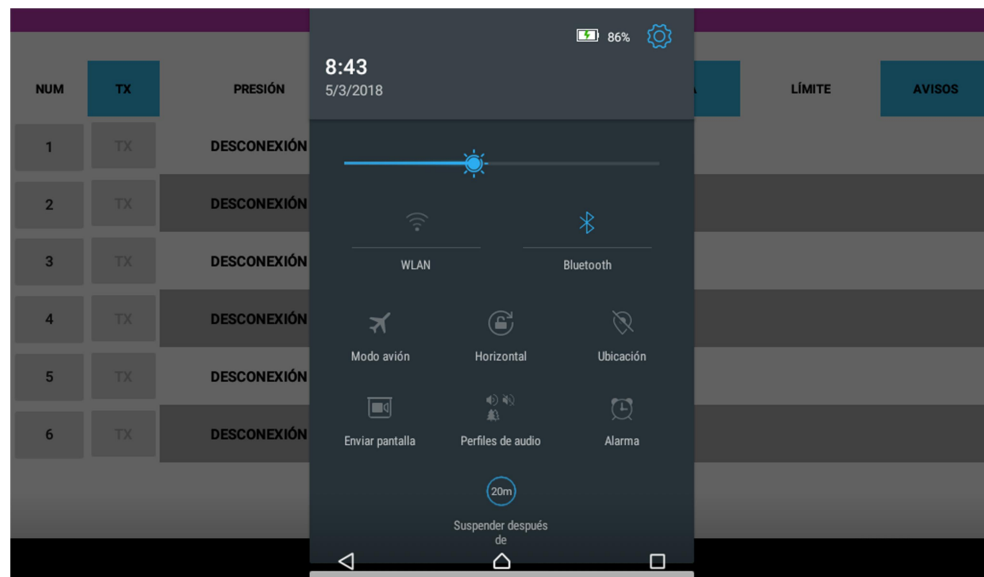


Figura 2-20 Activación del Bluetooth

2.4.2 Establecimiento de la comunicación con la plataforma Arduino

Para realizar la conexión con un Arduino en concreto, se deberá pulsar el botón correspondiente con el número de Arduino. Una vez pulsado, se debe esperar hasta que aparezca mensaje “LISTO

PARA TX” en la columna de PRESIÓN y aparecerá el mensaje del sistema “CONECTADO” (Figura 2-21), en caso de que la conexión esté realizada.

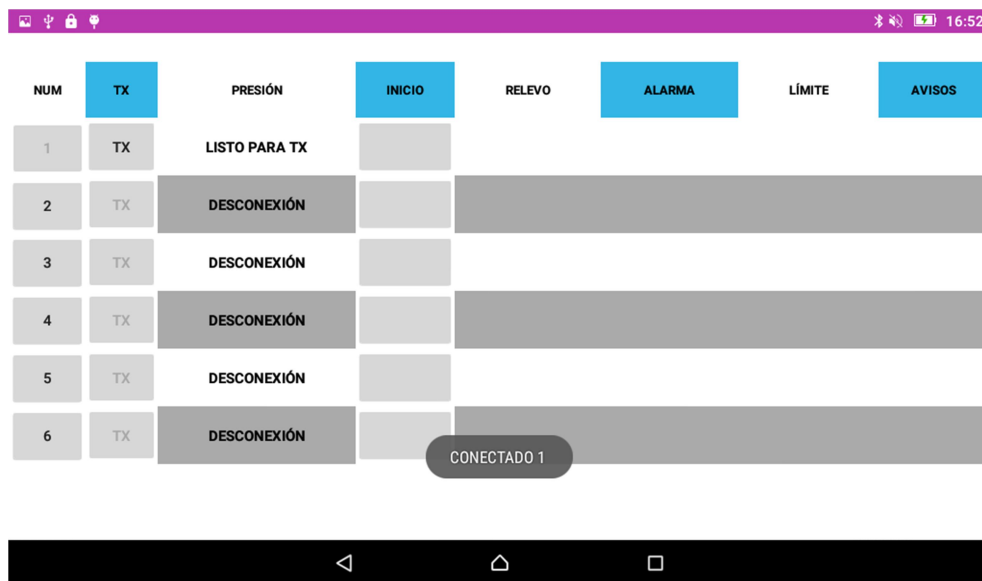


Figura 2-21 Conexión

Si el establecimiento de la conexión falla, se mostrará el mensaje del sistema “FALLO” (Figura 2-22). En este caso el usuario puede volver a intentar establecer la conexión pulsando de nuevo el botón con el número correspondiente, hasta que la conexión se establezca correctamente. Se recomienda reiniciar el Arduino en caso de que no consiga establecer la conexión después de 3 intentos.

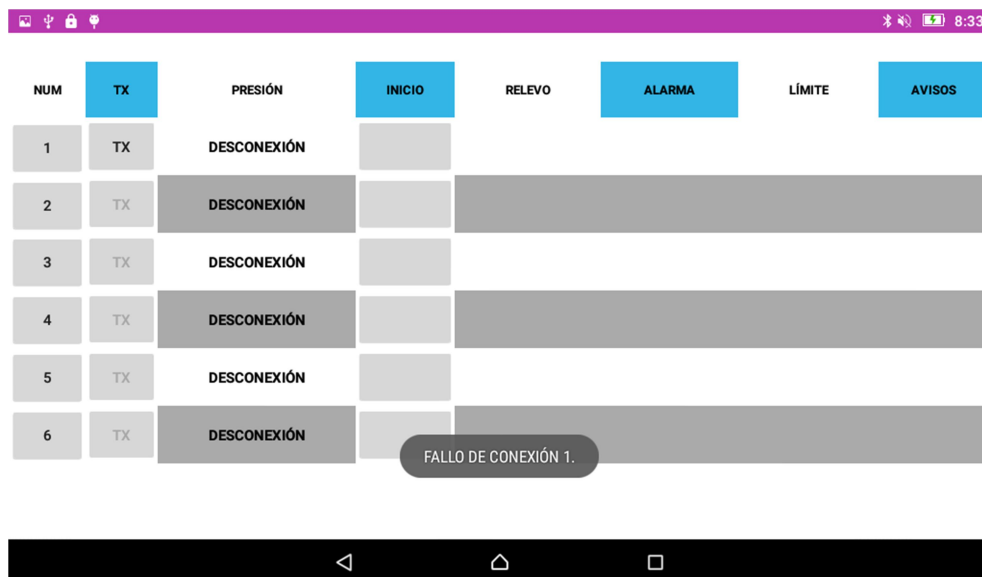
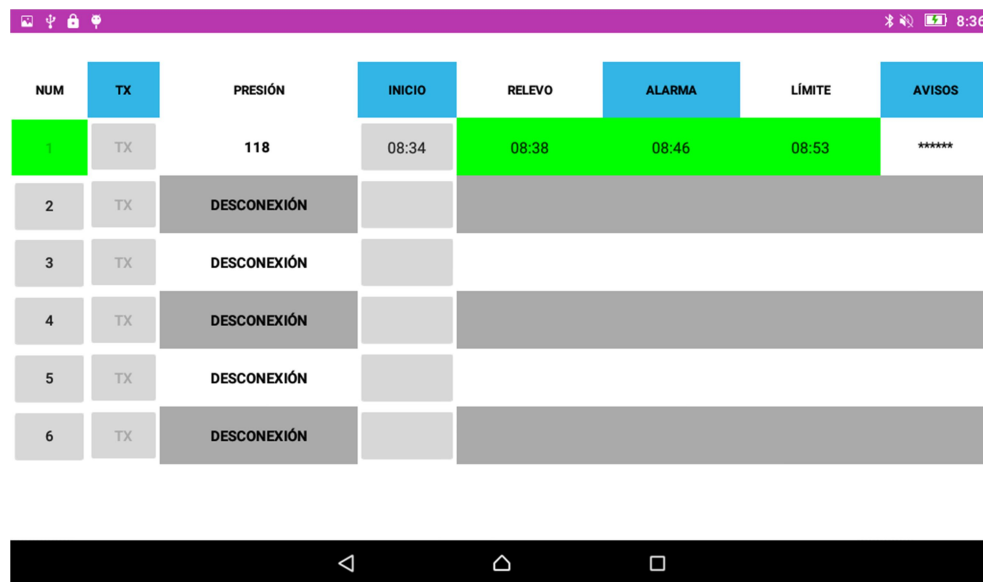


Figura 2-22 Fallo de conexión

Una vez establecida la conexión, se deberá comenzar la transmisión de datos. Para ello, una vez aparezca el mensaje “LISTO PARA TX” en la columna de PRESIÓN, se deberá pulsar el botón TX correspondiente para comenzar la recepción de los datos del sensor. Si la transmisión es efectiva aparecerá la hora actual en la columna de INICIO y las horas de las alarmas en cada columna. En caso

de que falle la transmisión, se espera hasta que el sistema detecte la desconexión, momento en que se permite intentar la reconexión activando el botón de conexión.

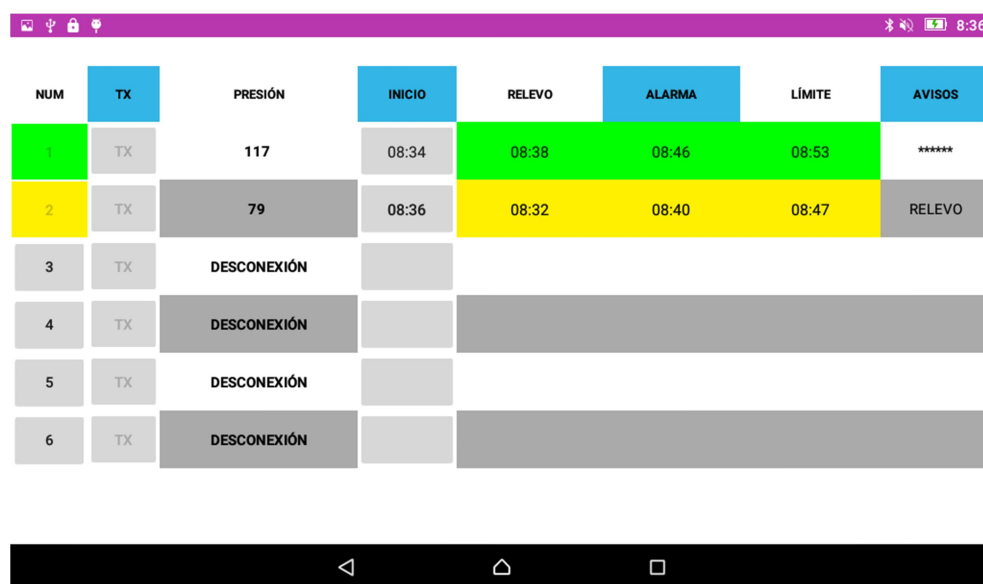
Si la hora actual del sistema no se supera en ninguna de las horas de alarmas (la presión es mayor que los 100 bares), la fila correspondiente aparecerá en fondo verde, y aparecerá el mensaje “*****” en el bloque de AVISOS, indicando el funcionamiento correcto de la botella. (Figura 2-23)



NUM	TX	PRESIÓN	INICIO	RELEVO	ALARMA	LÍMITE	AVISOS
1	TX	118	08:34	08:38	08:46	08:53	*****
2	TX	DESCONEXIÓN					
3	TX	DESCONEXIÓN					
4	TX	DESCONEXIÓN					
5	TX	DESCONEXIÓN					
6	TX	DESCONEXIÓN					

Figura 2-23 Comienzo de la transmisión, aplicación funcionando correctamente

Para realizar la conexión con otros dispositivos Arduinos, se sigue el mismo procedimiento con el número de dispositivo correspondiente. En el presente proyecto se permiten hasta 2 conexiones simultáneamente.



NUM	TX	PRESIÓN	INICIO	RELEVO	ALARMA	LÍMITE	AVISOS
1	TX	117	08:34	08:38	08:46	08:53	*****
2	TX	79	08:36	08:32	08:40	08:47	RELEVO
3	TX	DESCONEXIÓN					
4	TX	DESCONEXIÓN					
5	TX	DESCONEXIÓN					
6	TX	DESCONEXIÓN					

Figura 2-24 Dos operadores en funcionamiento

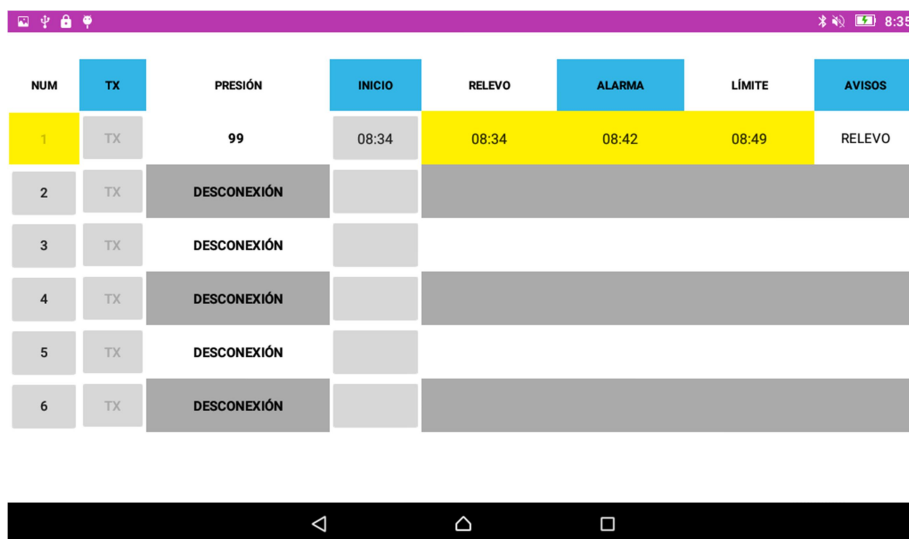
La Figura 2-24 muestra la aplicación en caso de disponer de dos operadores simultáneamente, con distintos datos, horas y estados de avisos.

2.4.3 Visualización de los datos en pantalla

Una vez que la primera transmisión se ha realizado, el ciclo del intercambio de los datos funciona en forma automática hasta que se detecte la desconexión o se cierre la aplicación.

La aplicación interpreta los datos de la presión recibida en las siguientes formas:

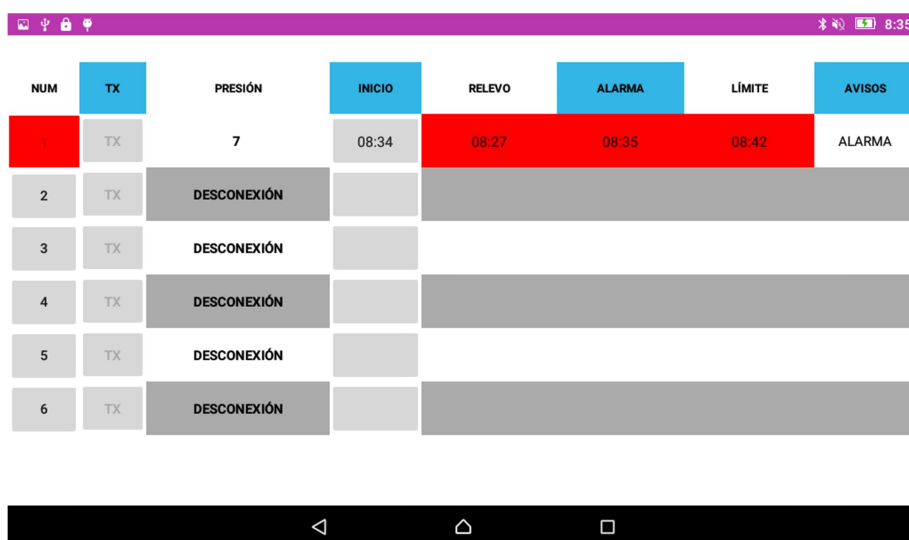
- **En caso de que la hora de *Relevo* sea mayor que la hora actual** (la presión es menor que los 100 bares): se cambia el color de los bloques de las horas de alarmas y NUM a color amarillo y aparecerá el mensaje “RELEVO” en el bloque de AVISOS. (Figura 2-25)



NUM	TX	PRESIÓN	INICIO	RELEVO	ALARMA	LÍMITE	AVISOS
1	TX	99	08:34	08:34	08:42	08:49	RELEVO
2	TX	DESCONEXIÓN					
3	TX	DESCONEXIÓN					
4	TX	DESCONEXIÓN					
5	TX	DESCONEXIÓN					
6	TX	DESCONEXIÓN					

Figura 2-25 Alerta Relevo

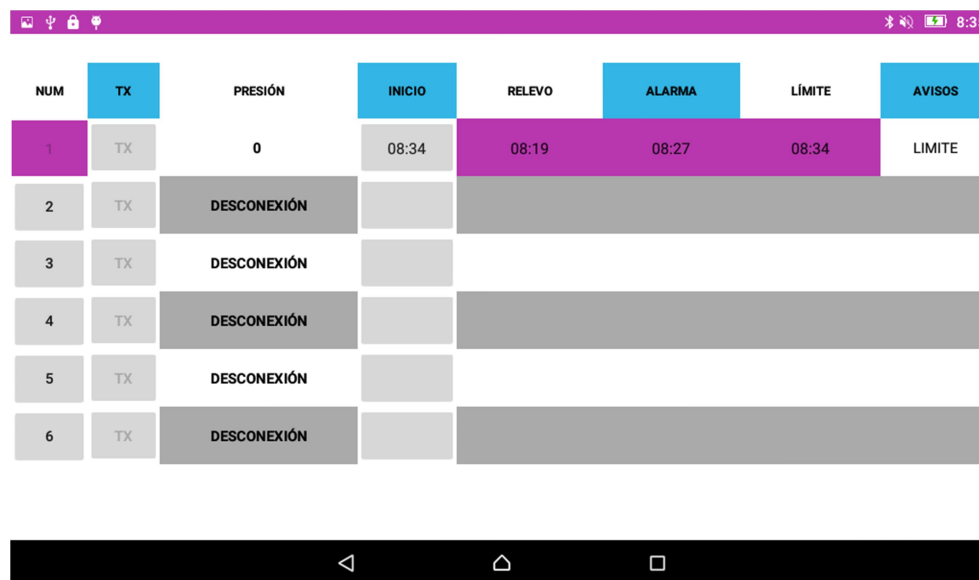
- **En caso de que la hora de *Alarma* sea mayor que la hora actual** (la presión es menor que los 50 bares): se cambia el color de los bloques de las horas de alarmas y NUM a color rojo y aparecerá el mensaje “ALARMA” en el bloque de AVISOS. (Figura 2-26)



NUM	TX	PRESIÓN	INICIO	RELEVO	ALARMA	LÍMITE	AVISOS
1	TX	7	08:34	08:27	08:35	08:42	ALARMA
2	TX	DESCONEXIÓN					
3	TX	DESCONEXIÓN					
4	TX	DESCONEXIÓN					
5	TX	DESCONEXIÓN					
6	TX	DESCONEXIÓN					

Figura 2-26 Alerta Alarma

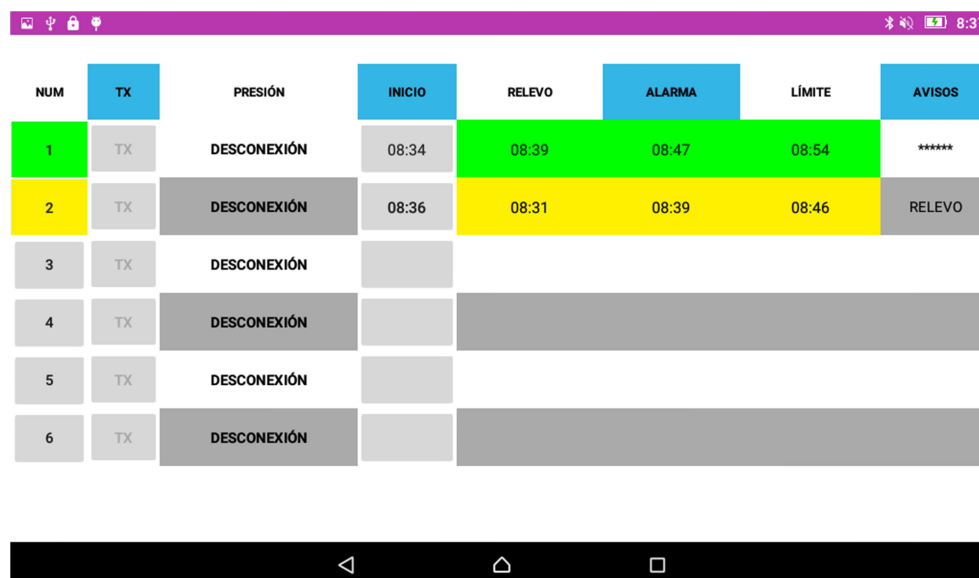
- **En caso de que la hora de Límite es mayor que la hora actual** (la presión está en entorno de 0 bares): se cambia el color de los bloques de las horas de alarmas y NUM a color violeta y aparecerá el mensaje “LÍMITE” en el bloque de AVISOS. (Figura 2-27)



NUM	TX	PRESIÓN	INICIO	RELEVO	ALARMA	LÍMITE	AVISOS
1	TX	0	08:34	08:19	08:27	08:34	LÍMITE
2	TX	DESCONEXIÓN					
3	TX	DESCONEXIÓN					
4	TX	DESCONEXIÓN					
5	TX	DESCONEXIÓN					
6	TX	DESCONEXIÓN					

Figura 2-27 Alerta Límite

- **En caso de desconexión:** se cambia el texto en bloque de PRESIÓN a DESCONEJIÓN, se presentada la última información recibida y se permite la reconexión. (Figura 2-28)



NUM	TX	PRESIÓN	INICIO	RELEVO	ALARMA	LÍMITE	AVISOS
1	TX	DESCONEJIÓN	08:34	08:39	08:47	08:54	*****
2	TX	DESCONEJIÓN	08:36	08:31	08:39	08:46	RELEVO
3	TX	DESCONEJIÓN					
4	TX	DESCONEJIÓN					
5	TX	DESCONEJIÓN					
6	TX	DESCONEJIÓN					

Figura 2-28 Desconexión

3 PRUEBAS Y RESULTADOS

Las pruebas que se realizan en este proyecto se enfocan en 2 factores de funcionamiento de aplicación: la variación de la presión y la distancia operativa en los distintos escenarios.

3.1 Pruebas de distancia operativa

En esta prueba se programa el Arduino para que transmita números aleatorios en un rango de 0-300 en lugar de la presión real de sensor de presión. Con esta modificación se facilita la observación del cambio de los valores y los estados de conexión.

3.1.1 En exterior (outdoor)

La primera prueba se realiza en las condiciones más óptimas de propagación de la señal. Se escoge la pista de atletismo (Figura 3-1) como lugar de las pruebas por la precisión de medición de distancia.

Distancia objetivo: 100 metros.[7]

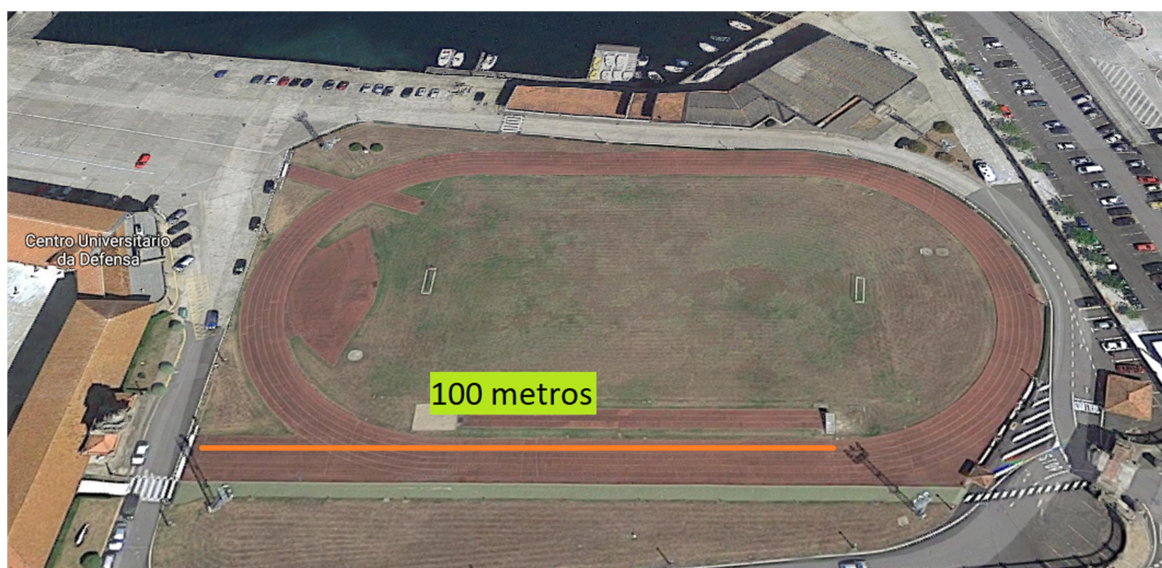


Figura 3-1 Pista de atletismo ENM

Resultado: la distancia operativa se alcanza más que 100 metros, lo que cumple la información del proveedor. En las distancias de los 80 metros de observa el retardo adicional de la recepción del dato pero no se provoca la desconexión.

3.1.2 En interior (indoor)

Se considera esta prueba como la combinación entre el factor de distancia y el factor de obstáculo. La prueba se realiza en la zona interior de la 2ª planta del cuartel de alumnos “*Marques de la Victoria*”. La medición se realiza en forma de que los aparatos Arduino se sitúa en la sala central de planta en posición X y se comprueba la señal en cada punto con el dispositivo Android. Cada cuadro de la gráfica se considera como 2 x 2 metros cuadrados de espacio real.

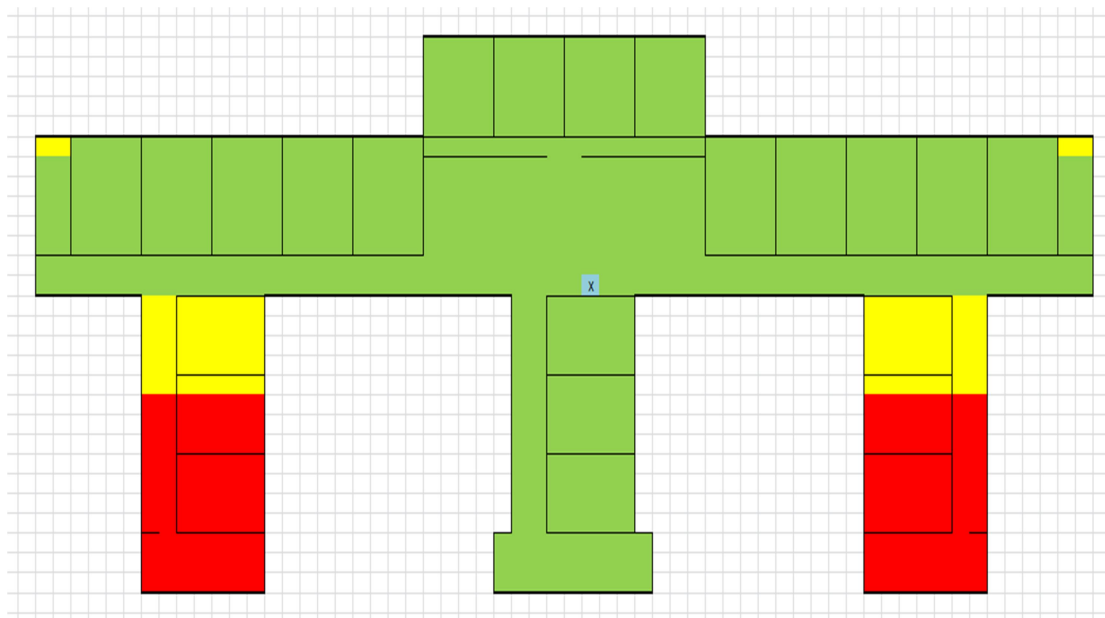


Figura 3-2 Resultado en cuartel de alumno

Resultado:

Según la figura se distinguen 3 zonas de recepción de señales: (Figura 3-2)

- **Verde:** Buen funcionamiento.
- **Amarillo:** Se observa el retardo en la recepción de dato y en algún caso se desconecta.
- **Rojo:** Se desconecta en la mayoría de los casos.

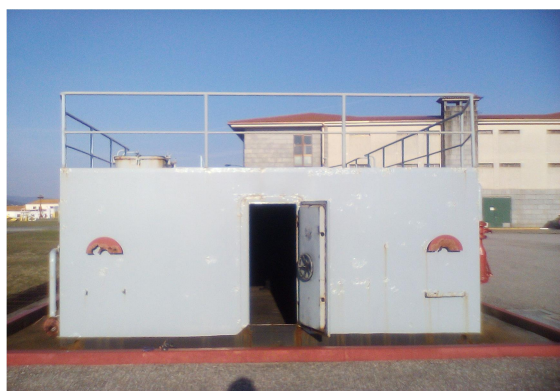
Observaciones.

- Las paredes exteriores del edificio son de materiales más gruesos de parte del parte interior o entre las habitaciones, se supone como el obstáculo que impide la transmisión del Bluetooth.
- La conexión inicial es más favorable cuando tiene menor distancia entre dos aparatos.

3.1.3 En entorno indoor con simulación de superestructura de buque (CASI-ENM)

El objetivo principal de esta prueba es la comprobación del funcionamiento de Bluetooth dentro del escenario más similar al buque real y sin línea de visión directa entre el transmisor y el receptor. La estructura del CASI está formada por una chapa metálica, lo que supondrá un alcance a sumar a los transceptores Bluetooth. La medición se realiza de forma de que los Arduinos se sitúen en la puerta (Figura 3-3) en la posición X (Figura 3-4) como la posición que debería situar el controlador del equipo respiratorio en el escenario real y se comprueba la señal en cada punto interior.

Las dimensiones de la estructura son 5 x 12 metros. Dentro de la estructura consisten los 4 diferentes bloques y un pasillo en el centro, como se puede ver en la Figura 3-3.



(a)



(b)

Figura 3-3 Estructura de adiestramiento CASI

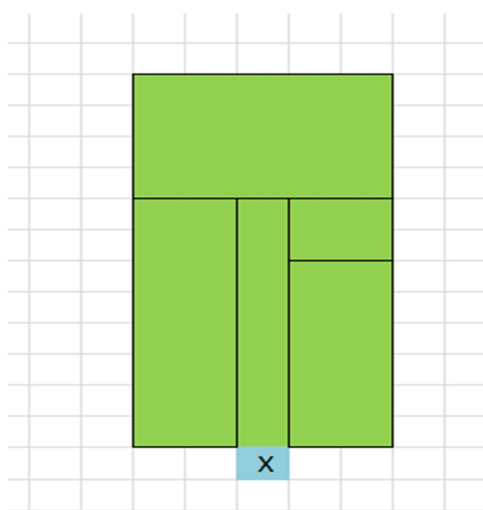


Figura 3-4 Resultado en CASI

La Figura 3-4 muestra el resultado de la prueba realizada, donde se puede comprobar que todas las áreas medidas aparecen de color verde, indicando las zonas operativas de la transmisión en la estructura. Las paredes de metal, las cuales se considera como obstáculo en presente forma no impide el funcionamiento del Bluetooth.

3.2 Pruebas con la cámara de presión

Esta prueba se realiza con el sensor de presión que está instalado en la cámara de presión (figura 3-5) con el objetivo de validar el comportamiento de la aplicación frente los cambio de presión, así como para observar la sensibilidad del sensor dentro de la precisión que se aprecia. Anteriormente se calcula los coeficientes para optimizar los valores en el rango de funcionamiento en la aplicación.

Se realiza la prueba con la vía pérdida constante de la cámara de presión, la medición se comienza desde valor 300 bares (máxima medición del sensor) hasta 100 bares.



Figura 3-5 Conexión con la cámara de presión

Resultado:

El sensor funciona correctamente en el rango operativo, se aprecia los valores correctamente hasta 1 bar de variación, se cumple el objetivo de la precisión de la obtención de dato. La Figura 3-6 se reseña la gráfica de la relación Presión-Tiempo, la variación se corresponde con la vía de pérdida constante. Es decir que en cuanto más presión en la cámara, más caudal de aire sale. Se observa que la inclinación de grafica se disminuye al tiende al nivel de presión de 0 bar.

La gráfica se elabora en forma automática por la herramienta “*Serial Plotter*” del programa Arduino IDE.

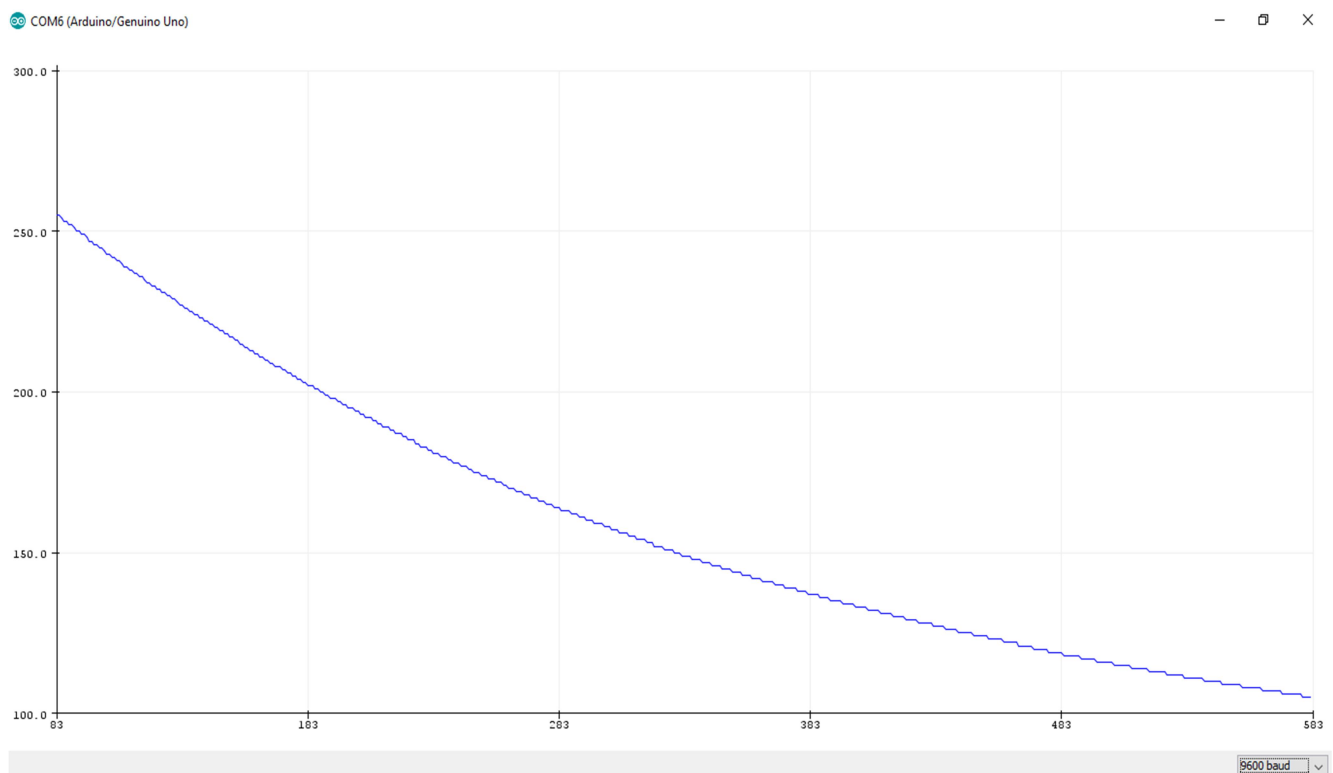


Figura 3-6 Gráfica Presión-Tiempo

4 CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS

4.1 Conclusiones

Con el desarrollo de este proyecto se han cumplido los objetivos propuestos inicialmente, consistentes en la realización de un prototipo de bajo coste que permita al controlador de equipos respiratorios automatizar los procesos que tienen lugar en la actualidad, así como monitorizar la presión de la botella de cada uno de los operadores en escena. Por los riesgos que conlleva, no se ha podido mecanizar un sensor de presión en la botella de oxígeno, pero este ítem no era uno de los requisitos iniciales de este trabajo, más enfocado a la parte del desarrollo software.

Una vez demostrada la viabilidad de este trabajo con el sensor de baja presión utilizado, la aplicación sería extensible a cualquier otro tipo de sensor, sin más que cambiar la interconexión con Arduino, así como la monitorización de los valores posteriores (filtrado).

Por tanto, este proyecto ha demostrado que la aplicación de Android y Arduino con comunicaciones Bluetooth es efectiva y perfectamente aplicable a los procedimientos actuales de las Fuerzas Armadas todo ello mediante prototipos de bajo coste.

La programación de Android, la cual es una parte principal del proyecto, requiere tiempo y dedicación para su aprendizaje. Sin embargo, su utilidad es considerable, además se ha de resaltar que es compatible con la mayoría de dispositivos portátiles y con las tecnologías de comunicación.

La plataforma Arduino en la ENM suele ser considerada, de forma errónea, como material de aprendizaje para los alumnos no especializados en Electrónica. No obstante, su capacidad es suficientemente elevada como para realizar con alta fiabilidad proyectos más avanzados y con mayor complejidad.

El Bluetooth es la parte más peculiar y sensible de todo el proyecto, siendo su gran ventaja el tamaño reducido del aparato que lo contiene. Su aplicación es óptima para la comunicación a poca distancia (aunque con cada versión nueva se mejora el alcance). La cuidadosa programación de Android y Arduino afecta directamente al rendimiento de Bluetooth. El buen manejo de este protocolo conlleva la fluidez del flujo de información y el uso práctico del usuario.

Esta tecnología podría ser de utilidad en diversos equipos de la Armada, como puede ser la conexión a la botella del equipo Armada. Haría falta, sin embargo, el apoyo de ciertas empresas o técnicos para llevar esto a cabo.

4.2 Líneas Futuras

Se reseña las posibilidades de avanzar el proyecto en las siguientes líneas de trabajo:

- Incorporar el sensor real de presión en la botella.
- Realizar un estudio de estadísticas de consumición personal y establecer un análisis, así como pruebas para la medición de la consumición de oxígeno de cada individuo, con el fin de referenciar el tiempo máximo operativo.
- Diseñar el protocolo de la conexión de Bluetooth de forma más optimizada y segura, reduciéndose el interfaz de usuario lo máximo posible. En este caso, esto supondría simplificar el número de botones actuales de la aplicación.
- Insertar una opción de desconexión desde el dispositivo Android.
- Implantar la posibilidad de manipular los datos de presión para el adiestramiento.
- Probar su funcionamiento a altas temperaturas como puede ser un escenario de incendio.
- Incorporarlo con el sistema de posicionamiento en el interior del buque.
- Posibilitar la instalación de una cámara para evaluar la evolución del incendio.
- Estudiar la posible aplicación a otro tipo de equipos respiratorios. Existen otros ambientes de trabajos o actividades que requiere la capacidad de seguimiento de presión, como puede ser buceo con tanque de oxígeno, exploración de zonas con baja cantidad de oxígeno en el aire o la exploración de la superficie de otro planeta por parte de astronautas.

5 BIBLIOGRAFÍA

- [1] Armada Española. (2004). *D-CP-01(A) Manual doctrina de seguridad interior abordo*. Armada Española.
- [2] Armada Española. (2014). *I-CP-01 Tecnicas y materiales de contraincendios*. Armada Española.
- [3] Arduino. (s.f.). *Arduino*. Recuperado el 7 de Febrero de 2018, de <https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>
- [4] Arduino UNO. (s.f.). Recuperado el 7 de Febrero de 2018, de Arduino: <https://store.arduino.cc/arduino-uno-rev3>
- [5] MTAYLOR. (s.f.). *Sparkfun*. Recuperado el 2018 de Marzo de 1, de <https://learn.sparkfun.com/tutorials/sparkfun-bme280-breakout-hookup-guide#i>
- [6] Bluetooth. (s.f.). *Bluetooth*. Recuperado el 23 de Febrero de 2018, de <https://www.bluetooth.com/>
- [7] Guangzhou HC Information Technology Co., Ltd. (6 de Abril de 2011). <https://www.olimex.com>. Obtenido de <https://www.olimex.com/Products/Components/RF/BLUETOOTH-SERIAL-HC-06/resources/hc06.pdf>
- [8] Android Developer. (s.f.). <https://developer.android.com/about/index.html>. Recuperado el 7 de Febrero de 2018
- [9] Lenovo. (s.f.). *Tienda Lenovo*. Recuperado el 9 de Febrero de 2018, de <http://www.tiendalenovo.es/lenovo-tab-3-710f-essential-za0r0033se.html>

