



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



TRABAJO FIN DE GRADO GRADO EN INGENIERÍA ELECTRÓNICA INDUSTRIAL Y AUTOMÁTICA

TÍTULO:

SISTEMA DE DETECCIÓN DE SOMNOLENCIA INTEGRADO AL VOLANTE BASADO EN LA DETECCIÓN DE LA SATURACION DE OXIGENO EN SANGRE Y EL RITMO CARDIACO DEL CONDUCTOR.

ALUMNO: Daniel Soriano Gutiérrez

TUTOR 1: Enrique Berjano Zanon

TUTOR 2: Juan Jose Pérez Martínez

DEPARTAMENTO DEL TUTOR/A: Departamento de Ingeniería Electrónica

CURSO ACADÉMICO: 2020/2021

RESUMEN

Existen varios métodos de detección de somnolencia en automóviles. Todos ellos utilizan sistemas con diferentes procedimientos y sensores. El objetivo de este TFG es diseñar un sistema indicador de somnolencia integrado en el volante para evitar accidentes de tráfico. Para ello se ha realizado el desarrollo de un sistema electrónico cuya base es la detección de la saturación de oxígeno en sangre y el ritmo cardiaco del conductor. Se han escogido estos parámetros porque son las constantes vitales que mejor indican si una persona sufre somnolencia, además están relacionadas con trastornos como la apnea del sueño o enfermedades como la bradicardia. El sistema electrónico consta de un microcontrolador ESP8266 mini que se encargará del control y un sensor MAX30102 para realizar las medidas fisiológicas. Como alimentación del sistema se ha pensado en la propia batería del coche de 12.5 V y para adaptarlo a la entrada del microcontrolador se utilizaría un regulador de tensión LM2596. La verificación se ha planeado mediante la construcción y testeo de un prototipo conectado a Arduino IDE.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradecer a mi tutor Enrique Berjano Zanon por su implicación y su profesionalidad a lo largo de este trabajo.

A su vez, también agradecer a mi familia todo el esfuerzo y la confianza que han depositado en mí. Gracias por haberme ayudado siempre a tomar las mejores decisiones y por estar siempre a mi lado.

Por último, dar las gracias a mis compañeros de grado, gracias por haber hecho de este camino una experiencia tan extraordinaria e inolvidable y gracias por demostrar ser verdaderos amigos. Siempre os tendré presentes.

UNIVERSIDAD POLITECNICA DE VALENCIA

ETSID

**GRADO EN INGENIERIA ELECTRONICA INDUSTRIAL Y
AUTOMATICA**

SISTEMA DE DETECCION DE SOMNOLENCIA
INTEGRADO AL VOLANTE BASADO EN LA DETECCION
DE LA SATURACION DE OXIGENO EN SANGRE Y EL
RITMO CARDIACO DEL CONDUCTOR

DOCUMENTO:

MEMORIA

ALUMNO: DANIEL SORIANO GUTIERREZ

TUTOR 1: ENRIQUE BERJANO ZANON

TUTOR 2: JUAN JOSÉ PÉREZ MARTINEZ

TRABAJO FINAL DE GRADO
INGENIERIA ELECTRONICA INDUSTRIAL Y AUTOMATICA

Índice

1. INTRODUCCION	4
1.1. JUSTIFICACIÓN.....	4
1.1. MOTIVACION.....	6
2. ESTADO DEL ARTE	6
3. PROPUESTA DE TRABAJO	10
4. INTRODUCCION A LOS PULSIOXÍMETROS.....	11
5. OBJETIVO.....	14
6. DESCRIPCION DE LA SOLUCION ADOPTADA	15
5.1 DISEÑO ELECTRONICO.....	20
5.2 DISEÑO DE SOFTWARE.....	23
5.2.1. HERRAMIENTAS.....	24
5.2.2. SISTEMA DE CONTROL.....	25
5.2.3. PROGRAMA	26
7. VERIFICACION.....	33
8. MERCADO.....	37
9. REFERENCIAS.....	38

Índice de figuras

Figura 1: Gráfica de una encuesta a choferes en Perú sobre la causa de accidentes de tráfico.....	5
Figura 2: Sistema de monitoreo de carril de un coche	7
Figura 3: Aplicación móvil para detección de fatiga “Somnoalert”	7
Figura 4: Cámara de detección de fatiga por monitoreo de los párpados.....	8
Figura 5: Detectores de somnolencia basados en textiles inteligentes.....	9
Figura 6: Punto tres de los Objetivos y metas de Desarrollo Sostenible.....	10
Figura 7: Pulsioxímetro de muñeca.....	12
Figura 8: Pulsioxímetro de sobremesa.....	12
Figura 9: Pulsioxímetro de dedo	13
Figura 10: Pulsioxímetro portátil	13
Figura 11: Pulsioxímetro pediátrico.....	14
Figura 12: Diagrama de bloques genérico del proceso electrónico del TFG	15
Figura 13: Sensor MAX30102.....	16
Figura 14: ESP8266 Mini.....	16
Figura 15: Regulador reductor de tensión DC (corriente continua) LM2596.....	17
Figura 16: Caja de fusibles de un coche.	18
Figura 17: Agarre de volante a las “10:10”	19
Figura 18: Agarre de volante a las “9:15”	19
Figura 19: Diagrama de bloques funcional del diseño electrónico del TFG	20
Figura 20: Conexión entre el ESP8266 y el sensor MAX30102	21
Figura 21: Conexión entre el ESP8266 y el LCD1602.....	22
Figura 22: Conexión de todos los componentes del sistema de prevención de somnolencia	22
Figura 23: Diagrama de bloques funcional. Diseño de software.....	23
Figura 24: Montaje del prototipo basado en el sensor MAX30102 y el microcontrolador ESP8266	33
Figura 25: Carga del programa al ESP8266	34
Figura 26: MAX30102 listo para funcionar	34
Figura 27: Sensor MAX30102 leyendo ritmo cardiaco	35
Figura 28: Resultados de ritmo cardiaco de la persona 1	35
Figura 29: Resultados de ritmo cardiaco de la persona 2	36

1. INTRODUCCION

1.1. JUSTIFICACIÓN

Desde la llegada de la electrónica a los vehículos, en España y en todo el mundo se ha conseguido dotar a nuestros trayectos de una seguridad nunca vista. Sin embargo, existen infinidad de riesgos a los que los conductores se tienen que enfrentar en el día a día. En este TFG se analizarán los peligros que sufre una persona corriente al volante, se transmitirá la idea de la importancia que merece la somnolencia y la fatiga al volante y se desarrollará un proyecto de monitorización y procesado de las constantes vitales del conductor para dar una solución a este problema.

Como muestra, se pueden observar datos estadísticos que recogen otros estudios relacionados con los siniestros viales.

La Dirección General de Tráfico (DGT) facilita datos estadísticos que indican que el 16% de los accidentes de tráfico es debido al cansancio y el sueño [1]. También Administración Nacional de Seguridad del Tráfico en las Carreteras o NHTSA (EE. UU.) publicó que el motivo principal de los accidentes mortales sufridos en el año 2010 era la fatiga (17%) [2].

La Universidad Peruana de Los Andes realizó un trabajo sobre los accidentes de tráfico y sus resultados se pueden observar en la figura 1.

TRABAJO FINAL DE GRADO
INGENIERIA ELECTRONICA INDUSTRIAL Y AUTOMATICA

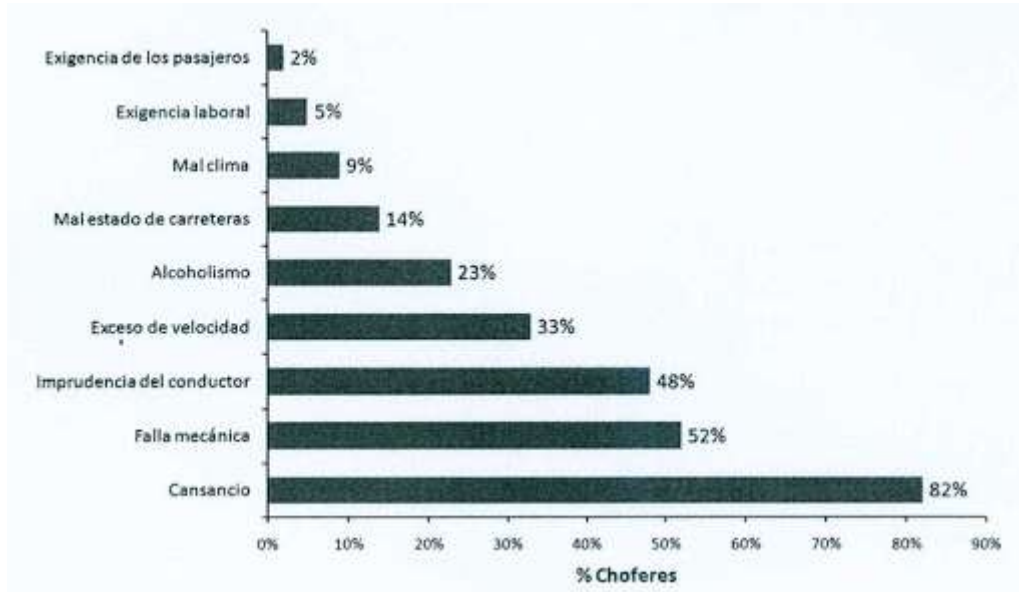


Figura 1: Gráfica de una encuesta a choferes en Perú sobre la causa de accidentes de tráfico.

La figura 1 muestra una encuesta a 100 conductores corrientes de vehículos de transporte público en Perú. Un 82% de ellos afirman que la principal causa de accidentes que padecen es debido a la somnolencia o cansancio al volante [3].

Con todas estas ideas contrastadas, se puede concretar que la somnolencia es un problema que se debe tener muy en cuenta en nuestros viajes, sobre todo si estos son de larga distancia. La DGT ofrece unas recomendaciones a seguir para evitar este peligro, como hacer una parada de aproximadamente 25 minutos cada 2 horas o 200 kilómetros o evitar conducir de tres a cinco de la madrugada.

Desafortunadamente, no siempre se puede seguir esas directrices. Además, los viajes largos en España han aumentado drásticamente en los últimos 5 años. Lo que lleva a los ingenieros de todo el mundo a buscar una solución eficiente para este problema.

1.1. MOTIVACION

La incorporación de seguridad en los coches está en auge y es un ámbito en el que los ingenieros de todo el mundo están constantemente trabajando e investigando.

Muchas empresas de automóviles ven este hecho como una oportunidad de obtener beneficios, por lo que invierten en el sector de la seguridad y la electrónica. Esto motiva a los ingenieros a diseñar sistemas de seguridad integrados al coche. La somnolencia juega un fuerte papel en el campo de la seguridad y por ello muchas empresas han invertido en crear otros tipos de sistemas enfocados a detectar o prevenir el sueño en los conductores. La motivación de este TFG es llegar a ser un proyecto que contribuya en el ámbito de la electrónica enfocada a la seguridad vial, en concreto la somnolencia y la fatiga.

2. ESTADO DEL ARTE

Como estado del arte del TFG se debe hacer referencia a soluciones adaptadas a la conducción que mejoran la seguridad de los ocupantes del vehículo en relación con el estado de somnolencia, cansancio e incluso problemas cardiacos que pueda sufrir el conductor.

Existe una tecnología de detección de fatiga llamado DDD (Driver Drowsiness Detection). El DDD ayuda a prevenir accidentes con diferentes tipos de tecnologías, algunas de ellas son actuales y aprenden los patrones del conductor para poder adaptarse a su fisiología y manera de conducir. Se utiliza la supervisión del patrón de dirección, que recoge información de la dirección del sistema de dirección asistida. También utiliza varias cámaras, una externa de monitoreo de carril (Figura2), con la que se detecta la posición del vehículo y otra interna para monitorear los ojos del conductor. Además, se incluyen a estas tecnologías las que utilizan mediciones fisiológicas para medir parámetros corporales que pueden indicar somnolencia [7].

TRABAJO FINAL DE GRADO
INGENIERIA ELECTRONICA INDUSTRIAL Y AUTOMATICA

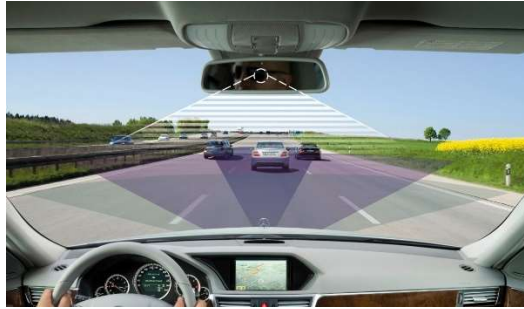


Figura 2: Sistema de monitoreo de carril de un coche

Una aplicación móvil llamada “Somnoalert” (figura 3), detecta las acciones típicas que se producen cuando un conductor antes de dormirse. Este proyecto fue realizado por el Procesado de Señales e Información para Sistemas de Detección del Instituto de Bioingeniería de Cataluña (IBEC), la Universidad Politécnica de Cataluña (UPC) y por la multinacional de Barcelona llamada Ficosa [4]. En concreto, es un software que analiza datos recogidos por sensores, como el reconocimiento de carril, y relaciona los datos para detectar posibles riesgos de somnolencia. Una desventaja de esta aplicación es que el software solo funciona por tramos de carretera de altas velocidades como autovías o carreteras nacionales ya que está diseñado para funcionar a más de 70 km/h.

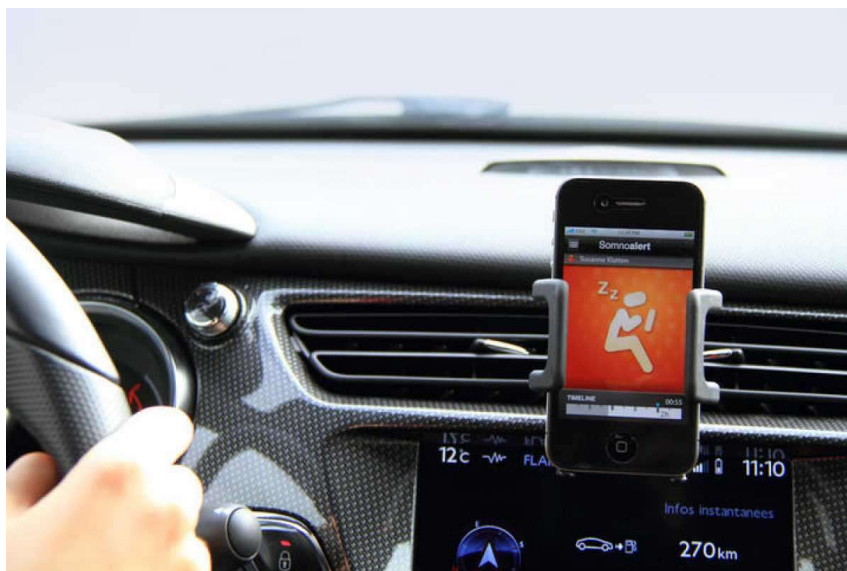


Figura 3: Aplicación móvil para detección de fatiga “Somnoalert”

TRABAJO FINAL DE GRADO
INGENIERIA ELECTRONICA INDUSTRIAL Y AUTOMATICA

La Universidad Carlos III de Madrid lleva tiempo diseñando e implementando un sistema para detectar si el conductor sufre somnolencia mientras conduce mediante una cámara situada enfrente del conductor (figura 4) que detecta el nivel de apertura de los párpados, la velocidad de parpadeo y la dirección de la mirada. Cuando todos estos datos hayan sido recogidos, se aplican a una función que determina si existe riesgo de la pérdida de control del conductor debido a la somnolencia [6].

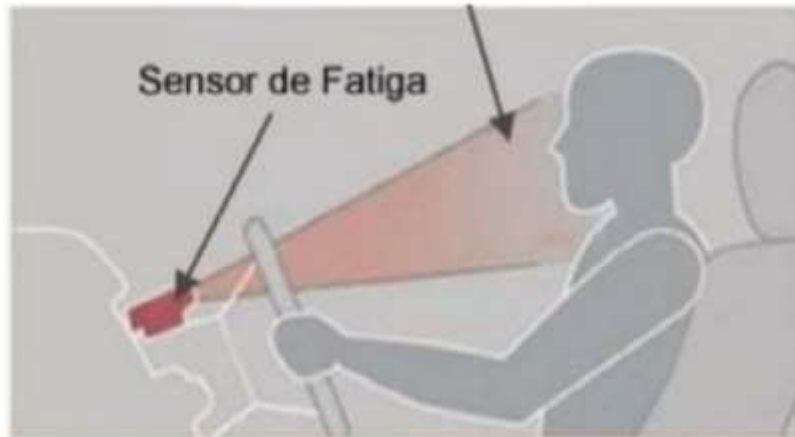


Figura 4: Cámara de detección de fatiga por monitoreo de los párpados

Otra idea innovadora es la que están desarrollando las empresas españolas Ficosa (Barcelona) y Sensin Tex (Barcelona) junto con Borgstena (Nelas, Portugal) y Plux (Lisboa, Portugal), las cuales trabajan en el proyecto HARKEN. En él se ensaya con técnicas donde se utilizan materiales textiles inteligentes capaces de medir la actividad cardíaca y la respiración que mantiene el conductor. Estos materiales trabajan como sensores en el asiento y en el cinturón de seguridad, imperceptibles para el conductor, y el SPU que procesa los datos de dichos sensores en tiempo real [8].

TRABAJO FINAL DE GRADO
INGENIERIA ELECTRONICA INDUSTRIAL Y AUTOMATICA

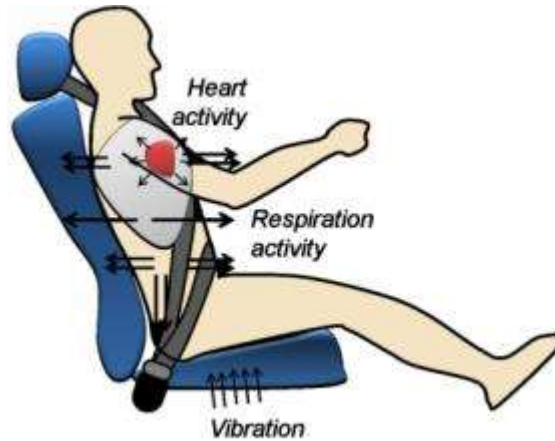


Figura 5: Detectores de somnolencia basados en textiles inteligentes

Iván García Daza, realizó una tesis doctoral en la Escuela Politécnica Superior de la Universidad de Alcalá enfocada a la fatiga del conductor. Esta tesis consiste en la detección mediante una serie de fusión de sistemas ADAS (Advanced Driver Assistance Systems), en la que se propone una técnica basada en el procesamiento de imágenes monoculares consistente en la detección, seguimiento y caracterización de la apertura de los ojos [5].

Todas las anteriores ideas y proyectos son interesantes, sin embargo, son complejas y caras. Esto es un inconveniente muy importante que hay que tener en cuenta, ya que uno de los objetivos de todo producto es obtener ventas con margen de beneficio. Este TFG no solo se presenta como un sistema simple y ligero, sino también resulta muy económico. Al tratarse de seguridad, sería interesante que algún sistema con este fin fuera incorporado en los vehículos lo antes posible, por lo que este producto es un fuerte competidor que resuelve algunas desventajas que presenta el estado del arte. Por ejemplo, es un sistema incorporado, eso evita tener que llevar un móvil con una aplicación, lo cual resulta aparatoso. Además, presenta un diagrama de bloques simple y sencillo, al contrario de lo que podría suponer la compleja tecnología del proyecto HARKEN, la cámara a la altura del parabrisas o los sistemas ADAS.

3. PROPUESTA DE TRABAJO

Como se puede observar en el estado del arte, existen ideas con un objetivo similar en cuanto a seguridad vial enfocado, al igual que este trabajo, en ideas innovadoras que podrían salvar muchas vidas a consecuencia de la somnolencia y la fatiga al conducir.

Como propuesta de trabajo, se realizará un sistema compuesto por un circuito electrónico integrado por varios componentes electrónicos que hagan la función de un pulsioxímetro. Esta función es el monitoreo y procesado de la información captada por un sensor de ritmo cardíaco y saturación de oxígeno en sangre. Con la función de control se conseguirá crear un algoritmo que procese la información y la convierta a una señal de peligro en caso de que los resultados sean anormales. Además, este sistema será diseñado para ser integrado a un volante y monitorear al conductor.

Se plantea una idea de un producto sencillo, ya que consiste en un circuito electrónico de tres componentes y un programa, que será el grueso del sistema. Presenta una responsabilidad social al contribuir con el punto tres de los “Objetivos y metas de Desarrollo Sostenible” (ODS), que se refiere a todo producto o servicio relacionado con la salud y el bienestar (figura 6). Todo ello ocupará un espacio muy reducido, casi imperceptible para el propio conductor. Además, el precio de cada producto sería reducido, de modo que es un producto competente y válido.



Figura 6: Punto tres de los Objetivos y metas de Desarrollo Sostenible

4. INTRODUCCION A LOS PULSIOXÍMETROS

Uno de los puntos clave del TFG es entender qué es, como funciona y para qué puede ser útil un pulsioxímetro. Para seguir avanzando, en este apartado se explicará con detalle los aspectos más relevantes de este aparato de medida.

Un pulsioxímetro es un aparato de medida no invasivo que muestra el ritmo cardiaco (pulsómetro) y el porcentaje de sangre que contiene oxígeno (oxímetro) en un organismo. El primer oxímetro fue creado por Glenn Allan Millikan en la década de 1940 y se componía de un colorímetro de doble longitud de onda para la medición del nivel de oxígeno en sangre. En 1972, el ingeniero Takuo Aoyagi inventó el pulsioxímetro actual, cuyo funcionamiento depende del reflejo de luz de la hemoglobina [17].

La hemoglobina es una proteína que se encarga de aportar oxígeno a los glóbulos rojos. Cuando el corazón bombea, la sangre pasa por el dedo, donde estaría colocado el pulsioxímetro. El aparato contiene dos leds (Rojo e IR), ambos sirven para detectar que tan cargada de oxígeno está la sangre que ha sido bombeada. Para ello, se puede diferenciar entre oxihemoglobina y desoxihemoglobina, que son dos estados de la sangre. La primera aparece cuando la hemoglobina se une a una molécula de oxígeno, presentando un color rojo vivo que favorece al reflejo de la luz roja, mientras que la desoxihemoglobina aparece cuando la hemoglobina no está ligada a oxígeno, presentando un color rojo oscuro que favorece al reflejo de la luz infrarroja (IR). El porcentaje de saturación parcial de oxígeno (Spo2) dependerá del porcentaje de hemoglobina ligada a oxígeno [16].

En la actualidad existen diferentes tipos de pulsioxímetros. Se encuentra en primer lugar el pulsioxímetro de muñeca, cuyo sensor se sitúa en el dedo y la pantalla digital se muestra en la muñeca. Es comúnmente utilizado en centros de control de pacientes con trastornos del sueño, como la apnea del sueño.

TRABAJO FINAL DE GRADO
INGENIERIA ELECTRONICA INDUSTRIAL Y AUTOMATICA



Figura 7: Pulsioxímetro de muñeca

En los hospitales, el pulsioxímetro de mesa es uno de los más utilizados, ya que es más aparatoso que los demás y tiene una pantalla digital que se conecta con una sonda al dedo. Funciona con un bipeo constante y cuando el sensor detecta que hay alteraciones en los valores umbrales de medida, el bipeo suena con más frecuencia.



Figura 8: Pulsioxímetro de sobremesa

El pulsioxímetro de dedo está muy extendido, tanto en el ámbito coloquial como en hospitales. Es muy cómodo por ser poco aparatoso, ya que la pantalla digital esta colocada en el dedo junto el sensor.

TRABAJO FINAL DE GRADO
INGENIERIA ELECTRONICA INDUSTRIAL Y AUTOMATICA



Figura 9: Pulsioxímetro de dedo

También se pueden encontrar pulsioxímetros utilizados por personas (pilotos, atletas de alta montaña, escaladores...) que hacen actividades en alturas elevadas, donde el oxígeno disminuye. Estas personas suelen utilizar pulsioxímetros portátiles. Sin embargo, es cómodo para pacientes que habitualmente miden su Spo2, por lo que es un pulsioxímetro estandarizado para cualquier perfil. Además, presenta una pinza como sensor, adaptable para el dedo o para el lóbulo de la oreja.



Figura 10: Pulsioxímetro portátil

TRABAJO FINAL DE GRADO
INGENIERIA ELECTRONICA INDUSTRIAL Y AUTOMATICA

Por último, el pulsioxímetro pediátrico está diseñado para niños y tiene las mismas prestaciones que un pulsioxímetro de dedo, salvo que está adaptado para dedos muy pequeños.



Figura 11: Pulsioxímetro pediátrico

5. OBJETIVO

El objetivo del TFG es el diseño de un sistema de seguridad integrado en un volante el cual está formado por un sensor conectado a un microcontrolador. El sistema activaría una señal sonora que avisaría al conductor de que sus constantes vitales están fuera del rango normal. Para ello, se han elegido el ritmo cardiaco y la saturación de oxígeno en sangre como parámetros ya que son dos de los indicadores vitales que más relacionados están con la somnolencia. Son capaces de detectar somnolencia y están relacionadas con trastornos vinculados con el sueño como la apnea, el estrés, la ansiedad o la narcolepsia. Dado que no todo el mundo presenta las mismas pulsaciones, ni la misma cantidad de oxígeno en sangre, el sensor vendría predefinido con unos valores estándar para adultos, con condiciones saludables normales.

Este sistema debe ocupar un espacio muy pequeño y debe definirse como un sistema de bloques simple (ver Fig. 12).

TRABAJO FINAL DE GRADO
INGENIERIA ELECTRONICA INDUSTRIAL Y AUTOMATICA

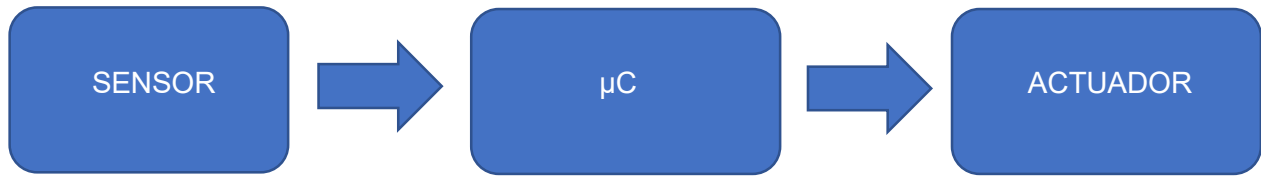


Figura 12: Diagrama de bloques genérico del proceso electrónico del TFG

La figura 12 consiste en un esquema simple de sistema de control y sirve para obtener una primera idea de la composición del sistema a diseñar. Se basa de un sensor capaz de captar algunas constantes vitales básicas para que, un algoritmo las relacione y sea posible determinar la presencia de somnolencia y fatiga al volante. De este algoritmo se encargará el microcontrolador (μC), además de ser el responsable de transmitir la orden para activar el actuador, que será una señal sonora.

El sistema queda reducido a estos componentes simples. Lo más complejo será plantear un programa capaz de procesar estas señales y crear una serie de algoritmos para obtener el fin deseado.

Para validar el funcionamiento, se creará un prototipo utilizando aparatos que logren cumplir el mismo fin.

6. DESCRIPCION DE LA SOLUCION ADOPTADA

Dado que se necesita contar con componentes miniaturizados, un buen aliado para el bloque de monitorización podría ser el sensor MAX30102 [9]. De la empresa Maxim Integrated Products (CA, USA), este sensor tiene dimensiones de 20.6 mm x 15.5 mm y hace la función de pulsioxímetro y monitor de frecuencia cardiaca. Además, aporta un sensor de temperatura como extra, lo que podría ayudar a incorporar otra variable a relacionar con las constantes vitales. Se acoplará sin ningún tipo de problema en el volante y realizará una serie de medidas que recojan los datos de las pulsaciones, la cantidad de oxígeno en sangre y la temperatura del conductor.

TRABAJO FINAL DE GRADO
INGENIERIA ELECTRONICA INDUSTRIAL Y AUTOMATICA

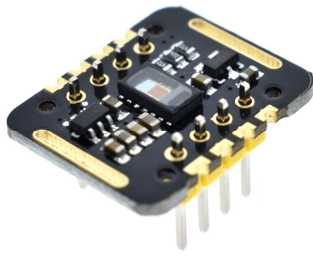


Figura 13: Sensor MAX30102

Como microcontrolador se ha elegido el ESP8266 Mini [10] de la empresa Espressif Systems (Shanghái, China). Será el encargado de realizar el control entre el sensor y el actuador. Estará situado en el clac son y ocupara un espacio de 34.2 mm x 25.6 mm. Además, este es un microcontrolador que tiene señal wifi, esto podría facilitar una futura mejora del producto que ofrezca valor añadido al poder enviar una señal de emergencia a algún familiar, en el caso de que las constantes vitales del conductor estén en valores extremos.



Figura 14: ESP8266 Mini

Para alimentar el circuito, se debe utilizar la batería del coche y aplicar corriente a la salida de 3.3 V del ESP8266. Las baterías de los coches suelen tener voltajes de aproximadamente 12.5 V y se recomienda alimentar el microcontrolador con un voltaje de 5 V aproximadamente [11]. Para reducir los voltios de la batería se acoplará al sistema un regulador de tensión, concretamente el “LM2596 DC to DC”. Este es un regulador fabricado por Yizhet de dimensiones 43 mm x 21 mm x 14 mm. Admite valores de entrada de 3.2 V hasta 40 V y proporciona valores de salida de entre 1.25 V y 35 V.

TRABAJO FINAL DE GRADO
INGENIERIA ELECTRONICA INDUSTRIAL Y AUTOMATICA



Figura 15: Regulador reductor de tensión DC (corriente continua) LM2596

Para conectar la batería con el regulador se debe pasar por un punto intermedio de protección. En los coches se encuentra una caja de fusibles que protegen los circuitos internos del coche. Se pueden encontrar varios fusibles, entre ellos se distinguen por los amperios que resisten, existen de 5 A, 10 A, 20 A o 25 A entre muchos otros, la figura 16 muestra un ejemplo de algunos tipos de fusibles.

Además, también existen fusibles conectados a corriente directa, es decir, están conectados directamente a la batería. Otros se conectan cuando se hace contacto, es decir cuando se arranca el motor del coche (Switch) y existen más tipos de fusibles dependiendo de su conectividad.

Para el TFG, se elegiría el contacto por switch, es decir, el sistema se pondrá en funcionamiento cuando se arranque el coche. El regulador admite una corriente máxima de salida de 3 A, el consumo promedio del microcontrolador es de 70 mA y tiene una corriente de pico de 400 mA [11] así que, teniendo en cuenta estos valores, se elegiría un fusible de 2 A (en su defecto 5 A).

TRABAJO FINAL DE GRADO
INGENIERIA ELECTRONICA INDUSTRIAL Y AUTOMATICA

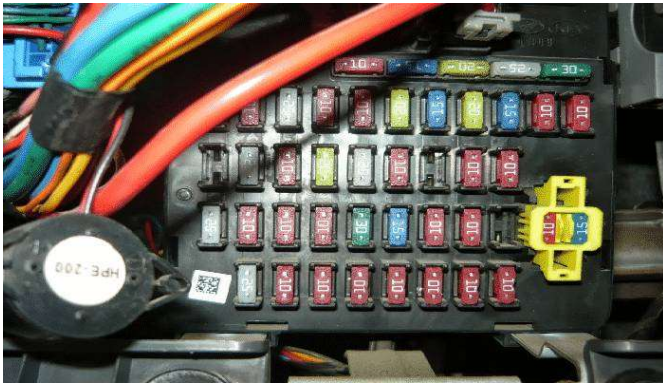


Figura 16: Caja de fusibles de un coche.

El sistema requeriría una instalación desde la caja de fusibles hasta el volante. Se comenzaría preparando nuestra fuente de alimentación que estaría compuesta por un polo positivo y masa. El polo positivo se conectaría a la borna de salida del fusible, ya que, de no ser así, el fusible no jugaría ningún papel y no estaría protegiendo el circuito. Se utilizaría el chasis del coche como masa, esto es debido a que el polo negativo de la batería de 12,5 V del coche está conectada al chasis. Por lo tanto, se elegiría un punto estratégico del chasis cercano al regulador para cablear. Los dos cables que actuarían de fuente deberán ir conectados al regulador para bajar la tensión a 5 V y poder alimentar al microcontrolador. Estos dos últimos componentes estarían integrados en la cubierta de debajo del volante.

Por último, el sensor estaría integrado en el volante en un punto óptimo para que el conductor conduzca de forma correcta mientras tenga colocado el dedo índice en el sensor.

La DGT publicó en 2016 una revista donde explica la posición idónea para conducir. En este artículo [13] se detalla los puntos donde deben ir colocadas las manos en el volante. Si se compara un volante con un reloj, las manos deberían estar situadas a las "10:10", siendo la mano izquierda las manecillas de las horas y la derecha la de los minutos.

TRABAJO FINAL DE GRADO
INGENIERIA ELECTRONICA INDUSTRIAL Y AUTOMATICA



Figura 17: Agarre de volante a las "10:10"

Otros artículos afirman que la postura correcta es una posición de manos modo "9:15" [14]. La razón es porque en postura "10:10" se deja caer el peso en el volante y esto conlleva a una menor precisión a la hora de conducir.

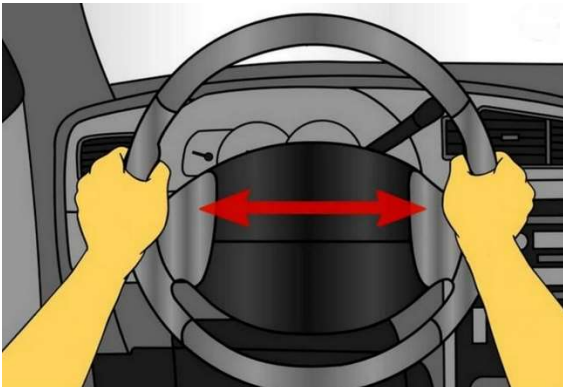


Figura 18: Agarre de volante a las "9:15"

Con estas ideas contrastadas, se ha elegido colocar el sensor en una posición intermedia entre las "10:10" y las "9:15". Como solo estaría integrado por un sensor, se ha elegido la mano izquierda.

Una posición incorrecta de las manos al volante puede tener como consecuencia una sanción de tráfico [15] por conducción negligente o temeraria según el Reglamento General de Circulación. Al colocar el sensor en esta posición con una instrucción en el

TRABAJO FINAL DE GRADO
INGENIERIA ELECTRONICA INDUSTRIAL Y AUTOMATICA

programa que muestre una señal de indicación para colocar el dedo en la posición correcta, se refuerza la idea de seguridad al volante.

El sistema debe estar relacionado con algún aparato que realice la señal de aviso. Lo óptimo sería la una señal sonora por la pantalla del coche, acompañada de un símbolo de emergencia.

5.1 DISEÑO ELECTRONICO

El diseño electrónico debe seguir el diagrama funcional de la figura 19. Se trata de un esquema más desarrollado de la figura 12.

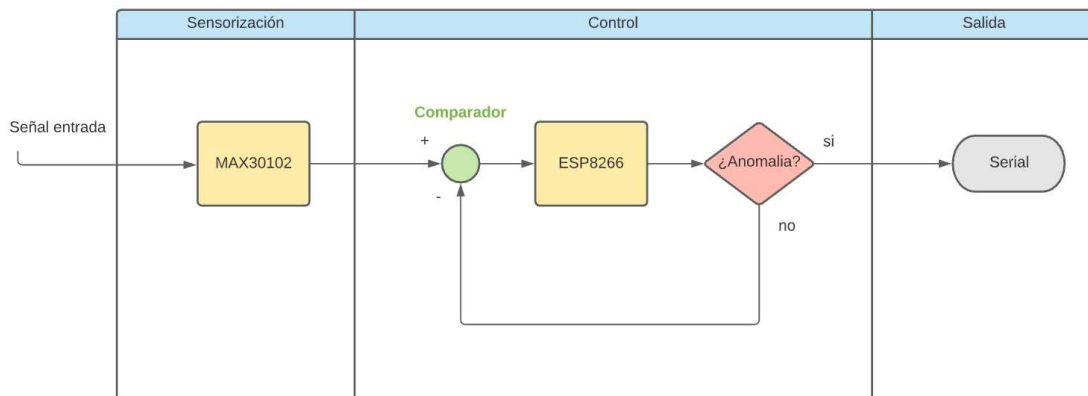


Figura 19: Diagrama de bloques funcional del diseño electrónico del TFG

De la sensorización se encarga el sensor MAX30102 y envía los datos a la ESP8266 que es el motor principal del bloque de control. Dentro del microcontrolador estarán los algoritmos necesarios para comprobar si hay una anomalía en los datos registrados. En caso de que haya una anomalía, los datos se enviarán a la salida, de la cual se ocupa el Serial de Arduino IDE. En caso de que no haya anomalía los datos serán enviados a un comparador situado entre el sensor y el microcontrolador. La finalidad de esta realimentación es comparar pulsaciones, ya que una variación de estas en un corto instante de tiempo puede significar que no se está posicionando bien el dedo en el lugar que se debe, por lo que puede ayudar a mantener una posición ajustada y así funcionar con normalidad en todo momento.

TRABAJO FINAL DE GRADO
INGENIERIA ELECTRONICA INDUSTRIAL Y AUTOMATICA

Para la conexión de los componentes se ha seguido el manual de cada uno de los elementos para poder sincronizarse correctamente. Como punto de partida se ha optado por diseñar las conexiones entre el sensor y el microcontrolador.

El sensor MAX30102 utiliza los pines GND (Ground) y VIN (Voltage de entrada) como alimentación y SCL (System Clock) y SDA (System Data) como pines de transporte de información, concretamente el SCL hace la función de reloj y coordina el transporte de datos del SDA. Los pines del ESP8266 correspondientes a los del sensor son GND como masa, 3V3 para alimentar a VIN con 3.3 V, D1 como pin para SCL y D2 para SDA.

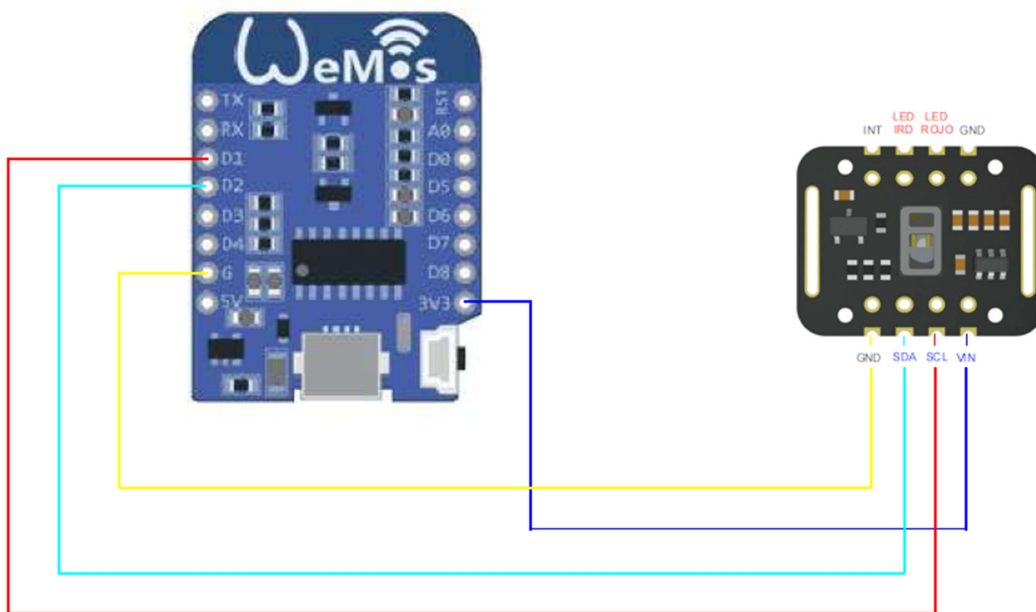


Figura 20: Conexión entre el ESP2866 y el sensor MAX30102

Como salida se realizará una verificación del sistema utilizando un LCD (Liquid Crystal Display) como salida del sistema hacia el receptor. Se utilizará el LCD1602 con un módulo I2C extra para mayor facilidad. El LCD elegido es muy utilizado en electrónica, consta de una pantalla que admite 16 caracteres en cada una de sus 2 filas. Al utilizarse con I2C se debe conectar con los pines D1 y D2, ya que también tiene los pines SDA y SCL. Se conectará el pin GND y el VIN del LCD con el GND y la salida de 5 V del ESP2866.

Para el prototipo se elige otra opción válida, que sería mostrar los datos de salida por el serial de Arduino IDE.

DANIEL SORIANO GUTIÉRREZ

TRABAJO FINAL DE GRADO
INGENIERIA ELECTRONICA INDUSTRIAL Y AUTOMATICA

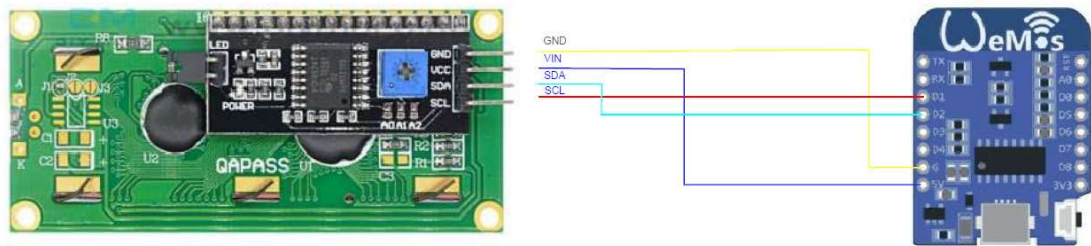


Figura 21: Conexión entre el ESP8266 y el LCD1602

Finalmente, en la interconexión de todos los dispositivos se compartirán los pines D1 y D2 del microcontrolador para los otros dos. Esto se debe a que ambos utilizan tecnología I2C. No compartirán alimentación, ya que el LCD se alimenta a 5 V y el sensor se alimenta a 3.3 V.

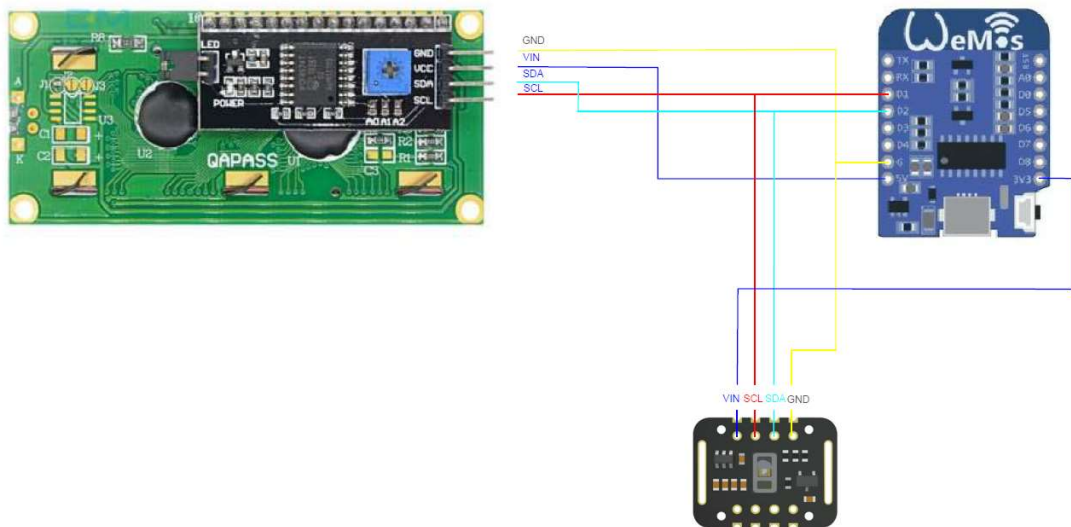


Figura 22: Conexión de todos los componentes del sistema de prevención de somnolencia

Se deberá tener en consideración la alimentación directa al microcontrolador. Esta alimentación será de 3.3V, no pudiendo sobrepasar los 3.6 V según la hoja de especificaciones del ESP8266. Como prototipo se utilizará la entrada por USB conectado al portátil.

5.2 DISEÑO DE SOFTWARE

El programa que se va a diseñar para el sistema deberá corresponder con el funcionamiento que describe el diagrama de bloques funcional de la figura 23.

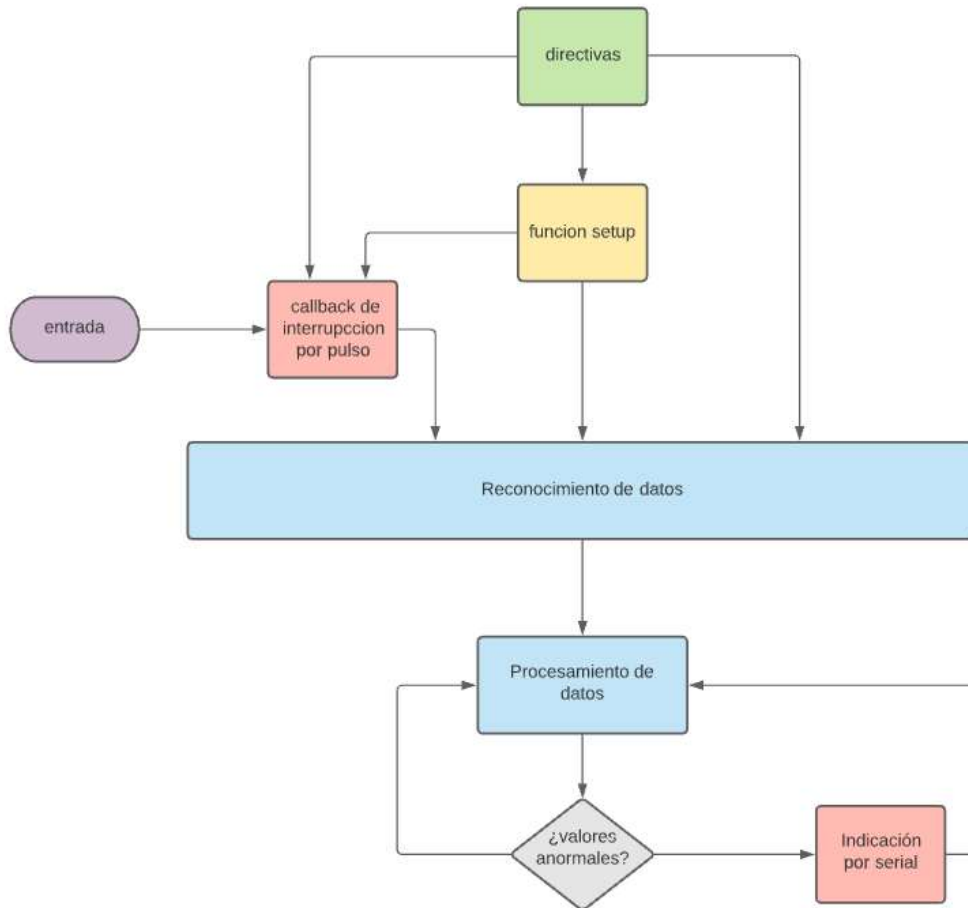


Figura 23: Diagrama de bloques funcional. Diseño de software

Este diagrama muestra como las directivas a utilizar son una parte fundamental del programa, ya que se deben incluir varias librerías para que el programa funcione correctamente. Debe tener una función para inicializar algunas funciones del programa llamada "void setup". Esta función debe poner en marcha la interrupción del programa, que se activara cuando detecte pulso en el dedo. Como toda interrupción, debe estar relacionada con su función de llamada (callback) y sirve para recoger y procesar los datos que la interrupción ha permitido recoger. Una vez obtenidos los datos mediante funciones e interrupciones, se procede a generar el algoritmo encargado de comparar

TRABAJO FINAL DE GRADO

INGENIERIA ELECTRONICA INDUSTRIAL Y AUTOMATICA

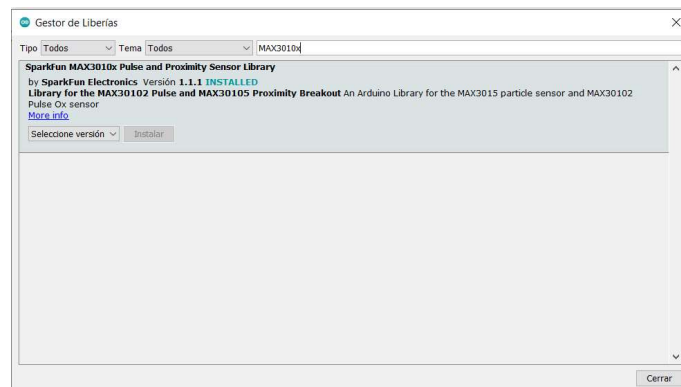
resultados y mostrar los datos deseados por la salida, ya sea el serial de Arduino IDE o el LCD.

5.2.1. HERRAMIENTAS

Para la realización del proyecto, es necesario tener las herramientas virtuales necesarias para conseguir tanto un entorno de programación cómodo como el correcto funcionamiento del programa. Para ello hay que elegir una aplicación que permita programar el sistema y las librerías necesarias para su correcto desarrollo y coordinación.

En este caso, se utilizará el Arduino IDE para programar el microcontrolador en lenguaje C.

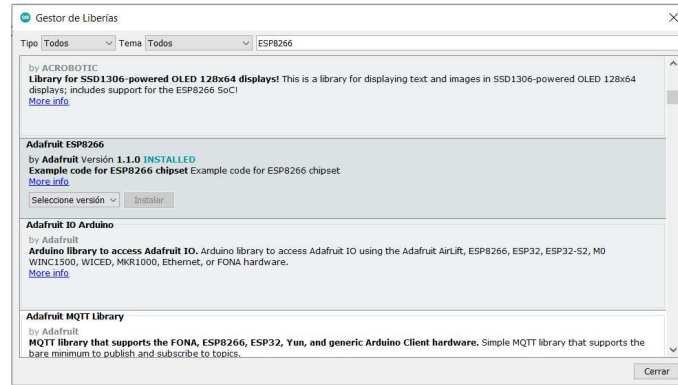
Para que esta aplicación reconozca todos los componentes es necesario incluir las librerías correspondientes para cada uno de ellos. La librería “SparkFunMax3010x” sirve para reconocer los valores que se obtienen en el MAX30102, en este caso el ritmo cardiaco y el oxígeno en sangre.



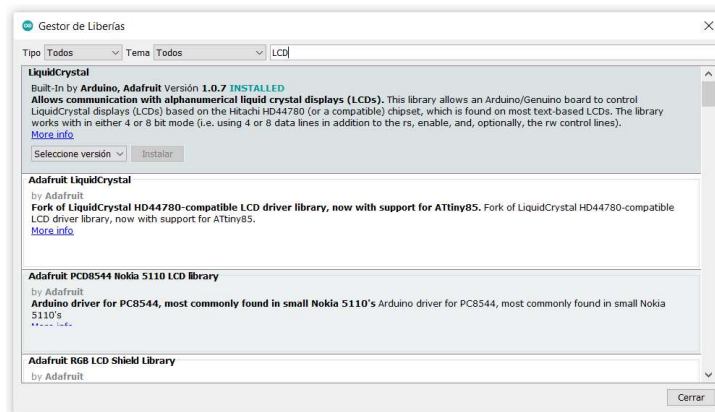
La otra biblioteca que se debe incluir es la del microcontrolador, esta se llama “adafruit ESP8266”.

TRABAJO FINAL DE GRADO

INGENIERIA ELECTRONICA INDUSTRIAL Y AUTOMATICA



Para utilizar el LCD, se deberá utilizar la librería “LiquidCrystal”, sin embargo, para el prototipo bastará con ver las señales por el puerto serie de Arduino IDE.



Con todo instalado, la aplicación esta lista para empezar a programar con todos los componentes electrónicos que se van a utilizar en el sistema.

5.2.2. SISTEMA DE CONTROL

Para comenzar a realizar el programa del pulsioxímetro se debe tener claro varios conceptos. Una persona adulta normal presenta unas pulsaciones en torno a 60 y 100 latidos por minuto. Existen muchas enfermedades relacionadas con la somnolencia

TRABAJO FINAL DE GRADO

INGENIERIA ELECTRONICA INDUSTRIAL Y AUTOMATICA

como son la apnea del sueño o la bradicardia entre otros que tienen como consecuencia un ritmo cardiaco por debajo del valor mínimo. Estos problemas están también relacionados con el nivel de oxígeno en sangre o SPO2, ya que producen que este nivel esté por debajo de su mínimo (95%). El % de oxígeno en sangre en una persona adulta con condiciones físicas normales está entre 95% y 100%. Además de la apnea del sueño y la bradicardia, muchas personas sufren hipoxemia, esto se presenta cuando existe una saturación de oxígeno en sangre por debajo del 90%.

Todos estos problemas forman parte de la somnolencia, y pueden ocasionar daños catastróficos si se junta con la conducción. La apnea del sueño puede hacer que la persona que lo sufre se quede dormido, la bradicardia puede ocasionar desmayos y la hipoxemia produce hiperventilación y mucho estrés.

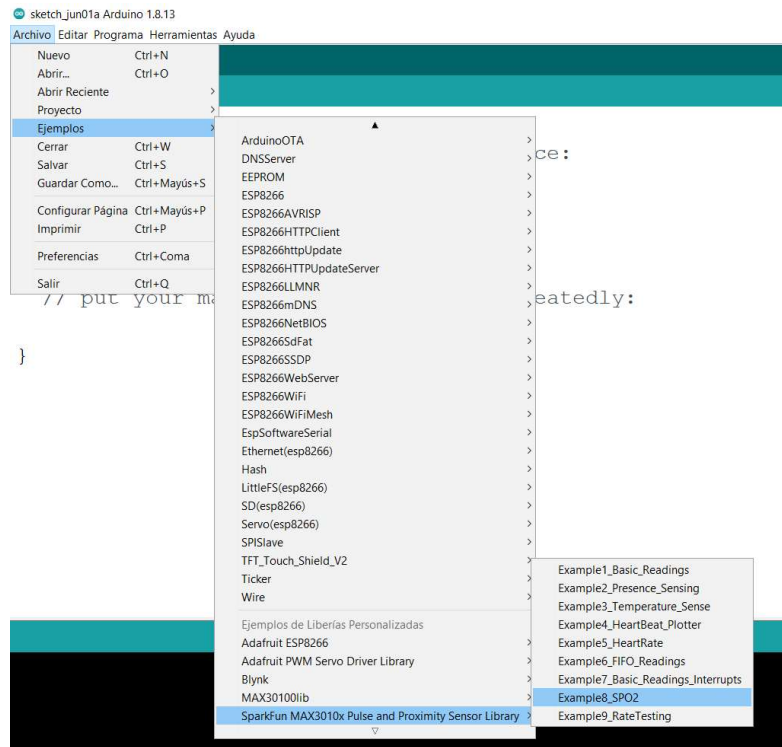
El programa realizado para el TFG tiene un sistema de control que detecta estos problemas, estableciendo como pulsaciones correctas entre 60 y 100 latidos por minuto y como SPO2 correcto entre 90% y 100%. Además, se ha integrado otra función extra que detecta pulsaciones altas para evitar posibles riesgos como infartos, taquicardias o crisis de ansiedad.

5.2.3. PROGRAMA

Al incluir en la aplicación de Arduino IDE la librería del sensor MAX30102, se añaden varios ejemplos de programa para facilitar el trabajo con dicho sensor. Entre todos ellos se ha encontrado un ejemplo que incluye muchas funciones, entre ellas la detección del ritmo cardiaco y la saturación de oxígeno en sangre.

TRABAJO FINAL DE GRADO

INGENIERIA ELECTRONICA INDUSTRIAL Y AUTOMATICA



Al abrir el ejemplo se genera en Arduino IDE un programa que muestra por pantalla varios parámetros, entre ellos el ritmo cardiaco (heartRate) y la saturación de oxígeno en sangre (spo2) que son los importantes para este TFG. Para que sea el programa completo, se debe añadir el algoritmo de control para imprimir por serial cuando estos parámetros presenten alguna anomalía.

El programa comienza incluyendo directorios y librerías y definiendo algunas variables. Comienza con la librería "Wire.h" que es la que permite la comunicación con dispositivos por bus I2C, como es el caso del sensor. Con la librería "MAX30105.h" se habilitan los comandos que incluye la biblioteca "SparkFun MAX3010x".

"particleSensor" es una variable de tipo MAX30105 que sirve para configurar el sensor modificando sus variables internas. También se han creado dos vectores de enteros con la información del LED IR y del LED rojo. Finalmente se han declarado algunas variables con las cuales se trabajará y utilizarán con el fin de guardar información y otras variables tipo byte que sirven para definir los pines del microcontrolador a los que se conectará el sensor.

TRABAJO FINAL DE GRADO
INGENIERIA ELECTRONICA INDUSTRIAL Y AUTOMATICA

```
#include <Wire.h>
#include "MAX30105.h"
#include "spo2_algorithm.h"

MAX30105 particleSensor;

#define MAX_BRIGHTNESS 255

uint32_t irBuffer[100]; //infrared LED sensor data
uint32_t redBuffer[100]; //red LED sensor data

int32_t bufferLength; //data length
int32_t spo2; //SPO2 value
int8_t validSPO2; //indicator to show if the SPO2 calculation is valid
int32_t heartRate; //heart rate value
int8_t validHeartRate; //indicator to show if the heart rate calculation is valid

byte pulseLED = 11; //Must be on PWM pin
byte readLED = 13; //Blinks with each data read
```

En la función "setup()" se inicializarán algunas funciones y se definirán las entradas y salidas de los pines.

Con la función PinMode e definirán las entradas y las salidas, en el caso del programa, los pines "pulseLED" y "readLED" serán salidas (outputs). Se define un algoritmo para avisar al usuario por pantalla en caso de que el sensor MAX30102 no sea detectado. Si el sensor ha sido reconocido, se escribe por pantalla una frase para que el usuario coloque el dedo en el sensor y presione una tecla para continuar.

```
void setup()
{
  Serial.begin(115200); // initialize serial communication at 115200 bits per second:

  pinMode(pulseLED, OUTPUT);
  pinMode(readLED, OUTPUT);

  // Initialize sensor
  if (!particleSensor.begin(Wire, I2C_SPEED_FAST)) //Use default I2C port, 400kHz speed
  {
    Serial.println(F("MAX30105 was not found. Please check wiring/power."));
    while (1);
  }

  Serial.println(F("Attach sensor to finger with rubber band. Press any key to start conversion"));
  while (Serial.available() == 0) ; //wait until user presses a key
  Serial.read();
}
```

TRABAJO FINAL DE GRADO

INGENIERIA ELECTRONICA INDUSTRIAL Y AUTOMATICA

Para finalizar la función setup, se definen los parámetros con los que se configurará el sensor y se implementaran en el MAX30102 con la función `particleSensor.setup()`.

```
byte ledBrightness = 60; //Options: 0=Off to 255=50mA
byte sampleAverage = 4; //Options: 1, 2, 4, 8, 16, 32
byte ledMode = 2; //Options: 1 = Red only, 2 = Red + IR, 3 = Red + IR + Green
byte sampleRate = 100; //Options: 50, 100, 200, 400, 800, 1000, 1600, 3200
int pulseWidth = 411; //Options: 69, 118, 215, 411
int adcRange = 4096; //Options: 2048, 4096, 8192, 16384

particleSensor.setup(ledBrightness, sampleAverage, ledMode, sampleRate, pulseWidth, adcRange);
}
```

El programa continua con el bucle principal “`loop()`”, donde se crea el algoritmo que recoge la información del led rojo y del IR. Consiste en un bucle de tamaño 100 (el tamaño de la variable de tipo entero “`bufferLength`”) el cual recoge la información de los leds en los vectores “`redBuffer`” y “`irBuffer`”. Una vez recogida la información, la muestra por pantalla y vuelve a realizar las instrucciones hasta que el bucle finalice.

```
void loop()
{
  bufferLength = 100; //buffer length of 100 stores 4 seconds of samples running at 25sps

  //read the first 100 samples, and determine the signal range
  for (byte i = 0 ; i < bufferLength ; i++)
  {
    while (particleSensor.available() == false) //do we have new data?
      particleSensor.check(); //Check the sensor for new data

    redBuffer[i] = particleSensor.getRed();
    irBuffer[i] = particleSensor.getIR();
    particleSensor.nextSample(); //We're finished with this sample so move to next sample

    Serial.print(F("red="));
    Serial.print(redBuffer[i], DEC);
    Serial.print(F(", ir="));
    Serial.println(irBuffer[i], DEC);
  }
}
```

Con toda la información recogida anteriormente, el programa de ejemplo proporciona una función que realiza el algoritmo correspondiente para calcular el SPO2 y el ritmo cardiaco. Ahora que ya se tiene una inicialización (medida por el sensor) de las variables, comienza un bucle infinito (“`while(1)`”). Este bucle comienza con dos bucles

TRABAJO FINAL DE GRADO

INGENIERIA ELECTRONICA INDUSTRIAL Y AUTOMATICA

relacionados cuya función es almacenar la información recogida anteriormente, en los 75 primeros números de los vectores “redBuffer” y “irBuffer” y guardar la información actual en los 25 últimos números de dichos vectores.

```
//calculate heart rate and SpO2 after first 100 samples (first 4 seconds of samples)
maxim_heart_rate_and_oxygen_saturation(irBuffer, bufferLength, redBuffer, &spo2, &validSpO2, &heartRate, &validHeartRate);

//Continuously taking samples from MAX30102. Heart rate and SpO2 are calculated every 1 second
while (1)
{
  //dumping the first 25 sets of samples in the memory and shift the last 75 sets of samples to the top
  for (byte i = 25; i < 100; i++)
  {
    redBuffer[i - 25] = redBuffer[i];
    irBuffer[i - 25] = irBuffer[i];
  }
}
```

```
//take 25 sets of samples before calculating the heart rate.
for (byte i = 75; i < 100; i++)
{
  while (particleSensor.available() == false) //do we have new data?
    particleSensor.check(); //Check the sensor for new data

  digitalWrite(readLED, !digitalRead(readLED)); //Blink onboard LED with every data read

  redBuffer[i] = particleSensor.getRed();
  irBuffer[i] = particleSensor.getIR();
  particleSensor.nextSample(); //We're finished with this sample so move to next sample
}
```

La información actual se muestra por pantalla y, cuando el bucle finalice, pasará a ser parte de la información anterior, recorriendo los vectores “redBuffer” y “irBuffer” 25 pasos hacia la izquierda y borrando de la memoria los 25 primeros valores.

TRABAJO FINAL DE GRADO
INGENIERIA ELECTRONICA INDUSTRIAL Y AUTOMATICA

```
//send samples and calculation result to terminal program through UART
Serial.print(F("red="));
Serial.print(redBuffer[i], DEC);
Serial.print(F(", ir="));
Serial.println(irBuffer[i], DEC);

Serial.print(F(", HR="));
Serial.print(heartRate, DEC);

Serial.print(F(", HRvalid="));
Serial.print(validHeartRate, DEC);

Serial.print(F(", SPO2="));
Serial.print(spo2, DEC);

Serial.print(F(", SPO2Valid="));
Serial.println(validSPO2, DEC);
```

En el mismo bucle infinito vendrán indicado el algoritmo de control. Este es un algoritmo sencillo, donde se pregunta al programa si el valor del ritmo cardiaco y del SPO2 están dentro del rango, en el caso de que no lo estén, se enviará un mensaje de peligro por pantalla, y se indicará específicamente cual es la anomalía.

TRABAJO FINAL DE GRADO INGENIERIA ELECTRONICA INDUSTRIAL Y AUTOMATICA

```
if (spo2 < 90 & validSPO2 == 1) {  
  if (spo2 > 80) {  
    ("      Precaucion, niveles de SPO2 bajos");  
  }  
  else {  
    Serial.print("      ¡Peligro! niveles de SPO2 muy bajos");  
  }  
}  
  
if (heartRate < 60) {  
  Serial.print("      ¡Peligro! pulsaciones bajas");  
}  
  
if (heartRate > 140) {  
  Serial.print("      Precaucion, pulsaciones altas");  
}  
}
```

Tras el algoritmo de control se encuentra la última instrucción del bucle infinito y del propio programa. Esta instrucción es la responsable de recalculer los valores de SPO2 y ritmo cardiaco con los nuevos valores de los parámetros. De este modo, el bucle vuelve a empezar con la información renovada.

```
//After gathering 25 new samples recalculate HR and SPO2  
maxim_heart_rate_and_oxygen_saturation(irBuffer, bufferLength, redBuffer, &spo2, &validSPO2, &heartRate, &validHeartRate);  
}
```

El grueso del TFG reside en la programación. Esta es el cerebro del proyecto y sigue las pautas del diagrama de bloques funcional que se muestra en la figura 23. El programa viene facilitado por la biblioteca “SparkFun 30102” y, para el propósito del TFG se ha añadido un algoritmo a parte que representa el control.

7. VERIFICACION

Para la verificación del TFG se ha optado por el montaje de un prototipo sencillo que consta de un microcontrolador ESP8266 y un sensor MAX30102.

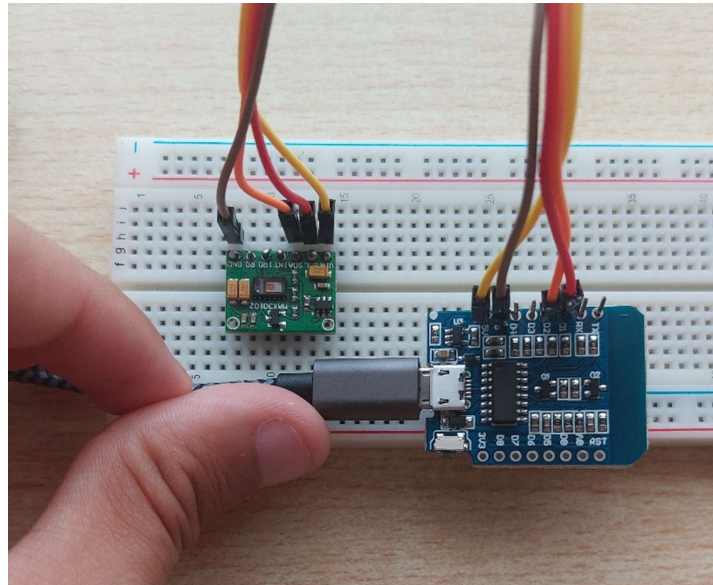


Figura 24: Montaje del prototipo basado en el sensor MAX30102 y el microcontrolador ESP8266

Al microcontrolador se le ha cargado el programa desde Arduino Ide de la misma manera que se define en el apartado de Software y el conexionado es el representado en el Diseño Electrónico.

TRABAJO FINAL DE GRADO

INGENIERIA ELECTRONICA INDUSTRIAL Y AUTOMATICA

Cuando se quiera utilizar, se debe abrir el monitor serie de Arduino Ide para poder ver el ritmo cardiaco que detecta el sensor cuando se mantiene el dedo sobre él.

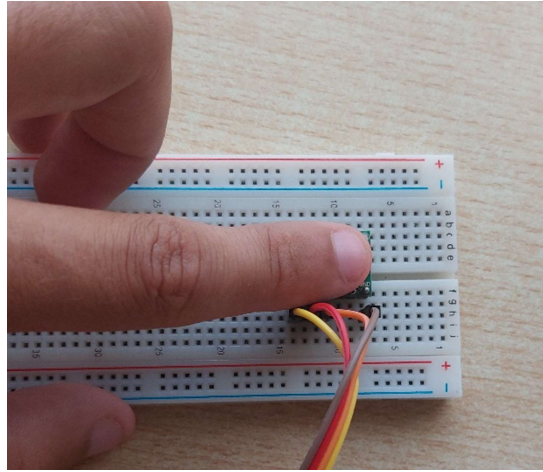


Figura 27: Sensor MAX30102 leyendo ritmo cardiaco

Se realizaron dos pruebas con dos personas diferentes para ver los resultados. La primera persona presentaba unas pulsaciones mayores en relación a la segunda persona, concretamente, el ritmo cardiaco de la primera persona tiene como media 87 BPM mientras que la segunda presenta una media de 64. Esto puede justificarse con que la primera persona es menos activa y realiza menos actividad física que la segunda, por lo que es lógico que su ritmo cardiaco sea más elevado.

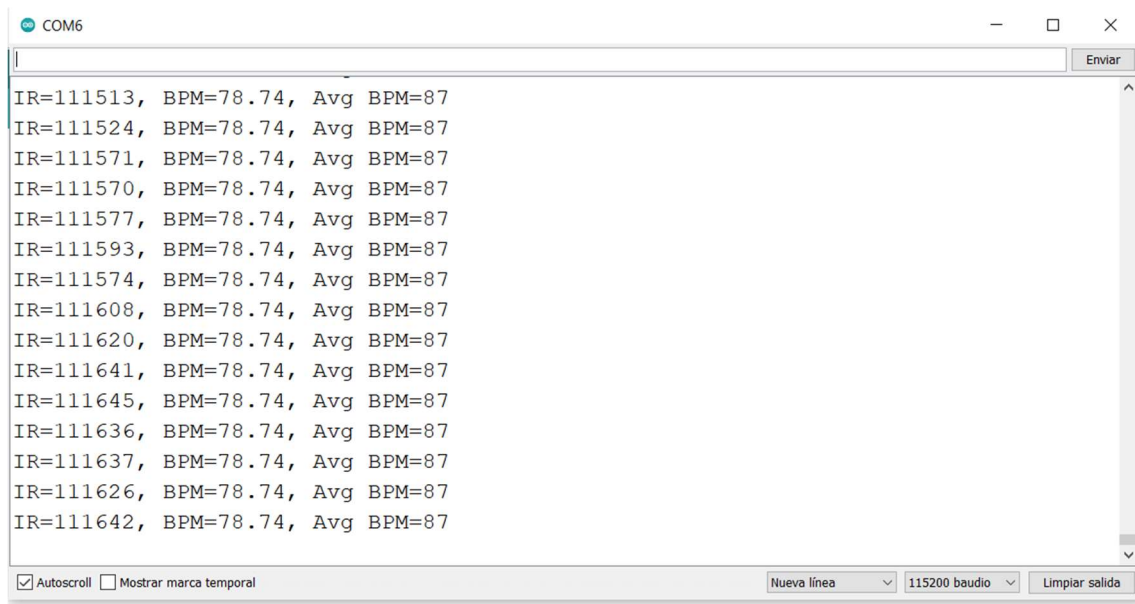


Figura 28: Resultados de ritmo cardiaco de la persona 1

TRABAJO FINAL DE GRADO

INGENIERIA ELECTRONICA INDUSTRIAL Y AUTOMATICA

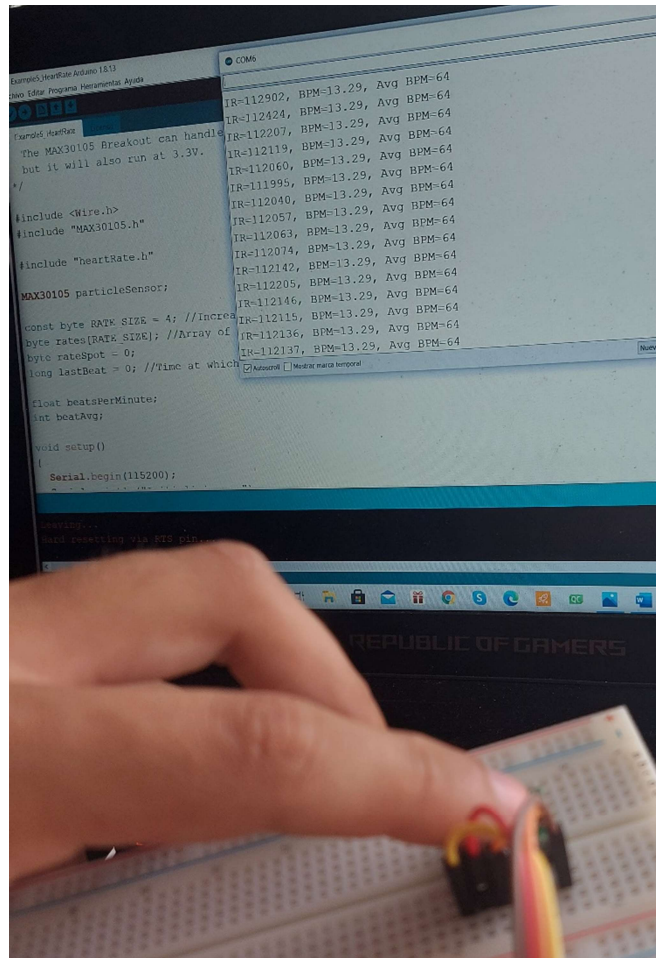


Figura 29: Resultados de ritmo cardiaco de la persona 2

Con este prototipo se ha probado que, con este conjunto de aparatos electrónicos y el software descrito, se puede lograr un sistema capaz de detectar si el usuario que lo utiliza presenta signos de somnolencia. El ultimo paso sería integrarlo a un volante para cumplir el objetivo de un sistema de detección de somnolencia de un conductor.

8. MERCADO

Este producto sería vendido a las marcas populares de automóviles con el fin de contribuir a establecer una medida de protección sólida y fiable contra los accidentes de tráfico.

Para lograrlo, sería necesario un sistema de producción muy elevado, ya que este producto está enfocado a clientes con mucha demanda, por lo tanto, se necesitaría grandes cantidades de este producto para poder incorporarlos en gran parte de sus vehículos.

El hecho de que se necesite lograr tan alto nivel de producción dificulta el comienzo. Ya que se necesitan grandes sumas de dinero para poder construir una cadena de montaje con todas sus máquinas, a la vez que una nave de grandes dimensiones para introducir la cadena de montaje y el almacén.

Es por ello por lo que un objetivo sería atraer a inversores, a los posibles compradores o posibles potentes socios, con un diseño atractivo del sistema, con datos teóricos y prácticos que ofrezcan confianza y con unos precios de producto asequibles para cualquier comprador.

9. CONCLUSIONES

Durante la lectura de este TFG, se ha podido reflexionar una serie de conclusiones. El objetivo de este proyecto era principalmente conseguir un sistema capaz de detectar la somnolencia de un conductor al volante mediante la detección de la saturación en sangre y el ritmo cardiaco, sin embargo, no solo se ha demostrado que es un sistema capaz, sino que ha servido para hacer ver que hay empresas con esta idea desarrollando infinidad de proyectos para conseguir este fin. Esto demuestra que la somnolencia es un problema a tratar muy extendido por ingenieros de todo el mundo.

También se ha llegado a la conclusión de que este proyecto es capaz de detectar enfermedades relacionadas con el sueño e incluso problemas de corazón como un infarto.

10. REFERENCIAS

[1].

<https://revista.dgt.es/es/noticias/nacional/2019/07JULIO/0710Estudio-fatiga.shtml>

[2].

<https://www.diariomotor.com/tecmovia/2012/04/16/detector-de-fatiga-al-volante-bosch-laboratorio-tecmovia/>

[3].

http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1018-130X2009000200002#Tab7

[4].

<https://noticiadelaciencia.com/art/6495/una-aplicacion-movil-detecta-la-somnolencia-al-volante-con-sensores-y-datos-gps>

[5].

<https://ebuah.uah.es/dspace/bitstream/handle/10017/16621/main.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

[6].

<https://www.diariomotor.com/2009/12/30/mas-avances-para-detectar-la-somnolencia-al-volante/>

[7].

https://en.wikipedia.org/wiki/Driver_drowsiness_detection

TRABAJO FINAL DE GRADO
INGENIERIA ELECTRONICA INDUSTRIAL Y AUTOMATICA

[8].

<https://movilidadelectrica.com/proyecto-harken-para-reducir-los-accidentes-de-trafico-por-somnolencia-y-fatiga/>

[9].

https://es.aliexpress.com/item/4000259065400.html?spm=a2g0o.productlist.0.0.1d4c451dZPBlwC&algo_pvid=1b570987-47a5-4b8e-ae9e-502df3aaf63a&algo_expid=1b570987-47a5-4b8e-ae9e-502df3aaf63a-9&btsid=0b0a187916206699528591676e003d&ws_ab_test=searchweb0_0,searchweb201602_,searchweb201603

[10].

https://www.amazon.es/YXPCARS-desarrollo-ESP8266-ESP-12F-Arduino/dp/B08JQKCRL7/ref=sr_1_6?_mk_es_ES=%C3%85M%C3%85%C5%BD%C3%95%C3%91&dchild=1&keywords=esp8266+mini&qid=1623258763&sr=8-6

[11].

<https://naylorlamechatronics.com/espressif-esp/291-wemos-d1-mini-esp8266-wifi.html#:~:text=Posee%20un%20regulador%20de%20voltaje,los%20pines%205V%20y%20GND.>

[12].

<https://neomotor.sport.es/conduccion/estos-son-todos-los-sistemas-de-seguridad-adas-que-puede-equipar-un-coche.html>

TRABAJO FINAL DE GRADO
INGENIERIA ELECTRONICA INDUSTRIAL Y AUTOMATICA

[13].

<https://revista.dgt.es/es/educacion-formacion/conducir-mejor/2016/1212Diez-claves-para-sentarse-correctamente-al-volante.shtml>

[14].

<https://www.neumarket.com.mx/blog/la-forma-correcta-tomar-volante/>

[15].

<https://noticias.coches.com/consejos/coger-bien-el-volante/340522>

[16].

<https://imfes.es/como-funciona-un-pulsioximetro>

[17].

[https://es.wikipedia.org/wiki/Ox%C3%ADmetro_de_pulso_\(pulsiox%C3%ADmetro\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Ox%C3%ADmetro_de_pulso_(pulsiox%C3%ADmetro))

UNIVERSIDAD POLITECNICA DE VALENCIA

ETSID

**GRADO EN INGENIERIA ELECTRONICA INDUSTRIAL Y
AUTOMATICA**

SISTEMA DE DETECCION DE SOMNOLENCIA
INTEGRADO AL VOLANTE BASADO EN LA DETECCION
DE LA SATURACION DE OXIGENO EN SANGRE Y EL
RITMO CARDIACO DEL CONDUCTOR

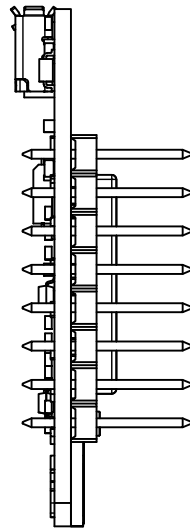
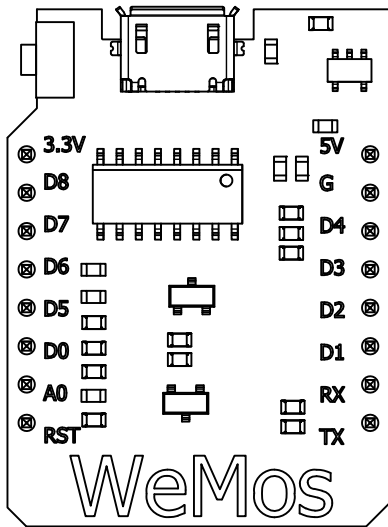
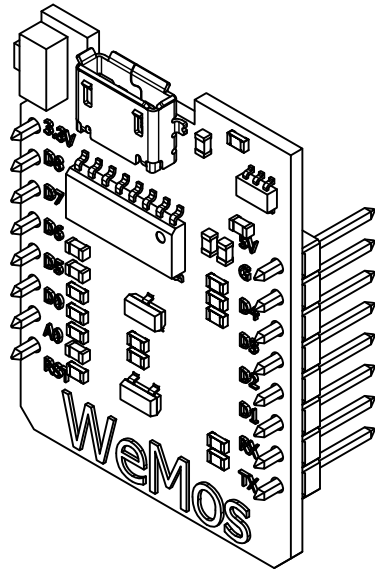
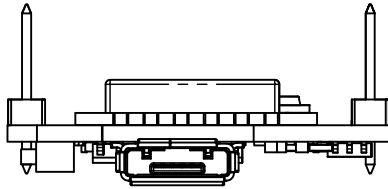
DOCUMENTO:

PLANOS

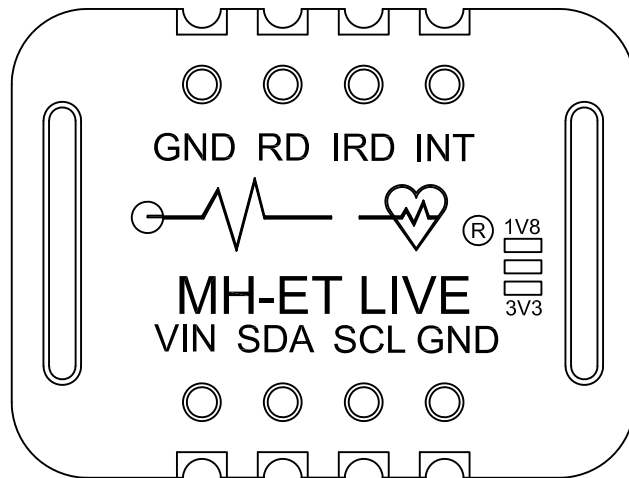
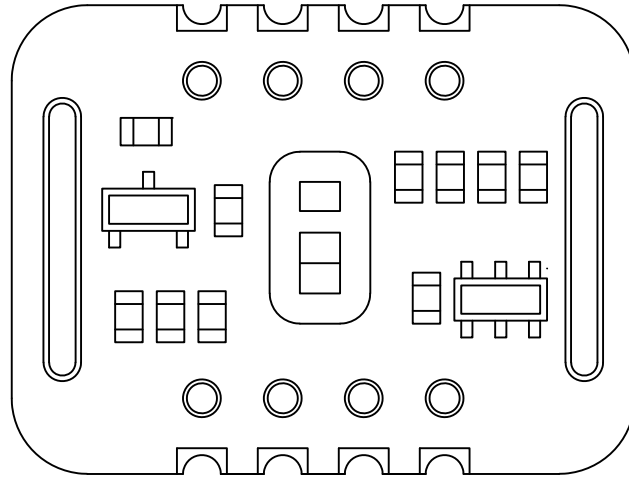
ALUMNO: DANIEL SORIANO GUTIERREZ

TUTOR 1: ENRIQUE BERJANO ZANON

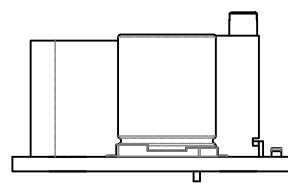
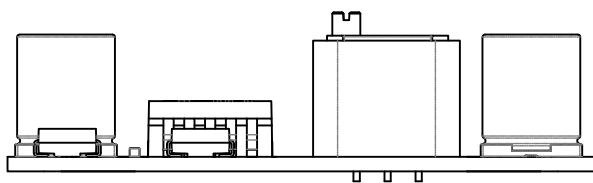
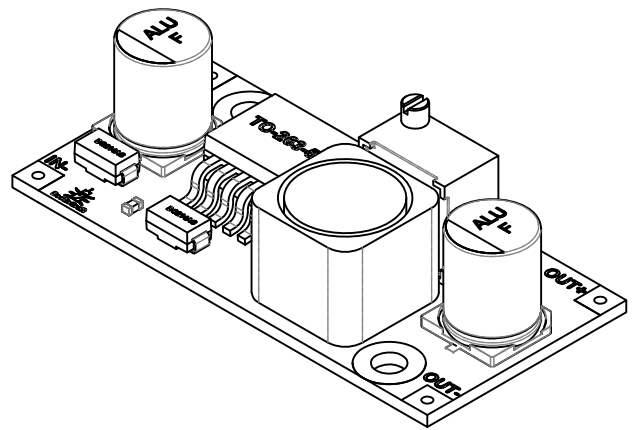
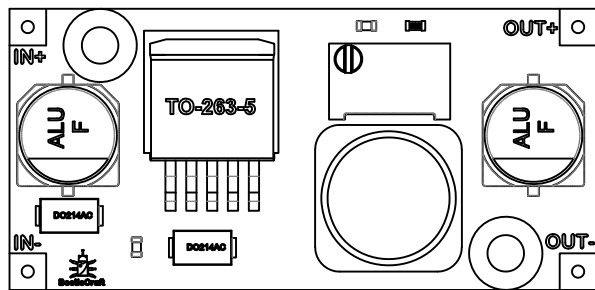
TUTOR 2: JUAN JOSÉ PÉREZ MARTINEZ



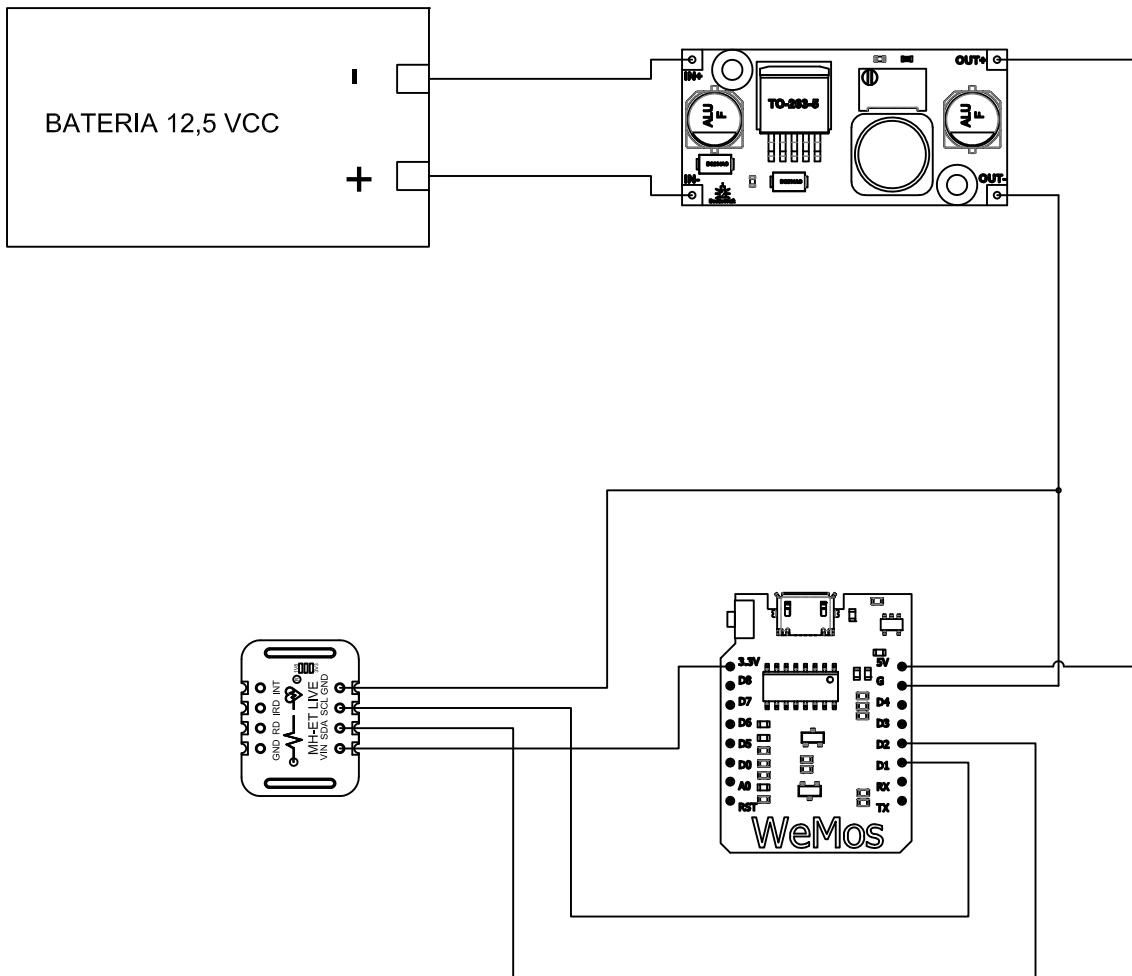
PROYECTO: TRABAJO DE FIN DE GRADO Escuela: Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño		Fecha: 01/07/2021 Escala: 2:1
Autor: Daniel Soriano Gutiérrez	Plano: ESP8266	N° Plano: 1



PROYECTO: TRABAJO DE FIN DE GRADO		Fecha: 01/07/2021
Escuela: Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño		Escala: 2:1
Autor: Daniel Soriano Gutiérrez	Plano: MAX30102	Nº Plano: 2



PROYECTO: TRABAJO DE FIN DE GRADO		Fecha: 01/07/2021
Escuela: Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño		Escala: 2:1
Autor: Daniel Soriano Gutiérrez	Plano: LM2596	Nº Plano: 3



PROYECTO: TRABAJO DE FIN DE GRADO		Fecha: 01/07/2021
Escuela: Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño		Escala: 1:1
Autor: Daniel Soriano Gutiérrez	Plano: MONTAJE	Nº Plano: 4

TRABAJO FINAL DE GRADO
INGENIERIA ELECTRONICA INDUSTRIAL Y AUTOMATICA

UNIVERSIDAD POLITECNICA DE VALENCIA

ETSID

**GRADO EN INGENIERIA ELECTRONICA INDUSTRIAL Y
AUTOMATICA**

SISTEMA DE DETECCION DE SOMNOLENCIA
INTEGRADO AL VOLANTE BASADO EN LA DETECCION
DE LA SATURACION DE OXIGENO EN SANGRE Y EL
RITMO CARDIACO DEL CONDUCTOR

DOCUMENTO:

PLIEGO DE CONDICIONES

ALUMNO: DANIEL SORIANO GUTIERREZ

TUTOR 1: ENRIQUE BERJANO ZANON

TUTOR 2: JUAN JOSÉ PÉREZ MARTINEZ

Índice

1. DEFINICION Y ALCANCE DEL PLIEGO	2
2. CONDICIONES Y NORMAS DE CARÁCTER GENERAL	2
3. CONDICIONES TECNICAS.....	3
3.1. MICROCONTROLADOR ESP8266 MINI	3
3.2. Sensor MAX30102	3
3.3. REGULADOR LM2596.....	4

1. DEFINICION Y ALCANCE DEL PLIEGO

Este documento tiene la finalidad de especificar las condiciones técnicas mínimas de obligado cumplimiento una vez finalizado y legalizado, debiendo ser objeto de aprobación previa todas aquellas modificaciones al mismo durante su ejecución.

Este proyecto regula las obras e instalaciones necesarias para la construcción de un sistema de detección de somnolencia integrado al volante basado en la detección de la saturación de oxígeno en sangre y el ritmo cardiaco en el conductor.

2. CONDICIONES Y NORMAS DE CARÁCTER GENERAL

Este Pliego de Condiciones, con todos sus articulados, estará en vigor durante la ejecución de la instalación y hasta la terminación de la misma, entendiéndose que las partes a que hace referencia éste, se aceptarán en todos sus puntos por el adjudicatario de la instalación. Frente a posibles discrepancias, el orden de prioridad de los documentos básicos del Proyecto será el siguiente:

- 1). - Planos.
- 2). - Pliego de Condiciones.
- 3). - Presupuesto.
- 4). - Memoria.

3. CONDICIONES TECNICAS

Las siguientes condiciones técnicas son referidas al montaje de un sistema de detección de somnolencia integrado al volante basado en la detección de la saturación de oxígeno en sangre y el ritmo cardiaco en el conductor.

3.1. MICROCONTROLADOR ESP8266 MINI

Sus dimensiones son de 34.2 mm x 25.6 mm. Voltaje de alimentación de 5 Vdc, Voltaje de entradas/salidas de 3.3 V (No usar 5), corriente stanby 40 μ A, consumo promedio de corriente de 70mA.

Presenta 11 Pines de entrada/salida digital, todos los pines tienen interrupciones/pwm/I2C (excepto D0) y una conexión Micro USB

CONTROL DE CALIDAD

Timbrado de masas con el multímetro para comprobar que todas dan continuidad y comprobado con el multímetro de la tensión de las salidas de los pines es en todas 3.3 V.

3.2. Sensor MAX30102

Sus dimensiones son de 20.6 mm x 15.5 mm. Voltaje de alimentación de 3.3~5 Vdc, Señal de detección por reflexión de luz roja e infrarroja (IR). Señal de salida por interfaz I2C.

Presenta 8 pines de entrada/Salida, dos de ellos son SDA y SCL que comprenden la interfaz I2C. Otros dos RD y IRD que representa las señales de reflexión roja e IR. Por último, otro pin pwm INT que detecta los pulsos.

CONTROL DE CALIDAD

TRABAJO FINAL DE GRADO
INGENIERIA ELECTRONICA INDUSTRIAL Y AUTOMATICA

Comprobado de funcionamiento del sensor, alimentando a 5 V y viendo encenderse el led rojo del detector de dedo. Puesta en funcionamiento y observar un valor dentro de rangos en el ritmo cardiaco y la saturación de oxígeno en sangre.

3.3. REGULADOR LM2596

Sus dimensiones son de 43 mm x 21 mm. Voltaje de alimentación de 3.2~40 V, Voltaje de salida de 1.25~35 V. Corriente máxima de salida de 3 A.

Presenta 4 pines, dos de entrada (negativo-positivo) y otros dos de salida (negativo-positivo).

CONTROL DE CALIDAD

Se regula el potenciómetro a los valores extremos y se comprueba con el multímetro que son los valores descritos en las especificaciones técnicas. Se regula para una salida de 3.3 V y se comprueba con el multímetro.

TRABAJO FINAL DE GRADO
INGENIERIA ELECTRONICA INDUSTRIAL Y AUTOMATICA

UNIVERSIDAD POLITECNICA DE VALENCIA

ETSID

**GRADO EN INGENIERIA ELECTRONICA INDUSTRIAL Y
AUTOMATICA**

SISTEMA DE DETECCION DE SOMNOLENCIA
INTEGRADO AL VOLANTE BASADO EN LA DETECCION
DE LA SATURACION DE OXIGENO EN SANGRE Y EL
RITMO CARDIACO DEL CONDUCTOR

DOCUMENTO:

PRESUPUESTO

ALUMNO: DANIEL SORIANO GUTIERREZ

TUTOR 1: ENRIQUE BERJANO ZANON

TUTOR 2: JUAN JOSÉ PÉREZ MARTINEZ

Índice

INTRODUCCION.....	3
COSTE MANO DE OBRA.....	3
COSTE ELEMENTOS HARDWARE.....	4
COSTE DE HERRAMIENTAS UTILIZADAS.....	5
COSTE TOTAL.....	6
REFERENCIAS.....	7

Índice de tablas

Tabla 1: Coste de mano de obra para la realización del TFG.....	3
Tabla 2: Coste de hardware del TFG.....	4
Tabla 3: Coste de equipos utilizados para el TFG.....	5
Tabla 4: Presupuesto antes de impuestos del TFG.....	6
Tabla 5: Presupuesto final del TFG aplicando impuestos.....	6

INTRODUCCION

En este documento se elaborará un estudio de los costes que supondría el proyecto del TFG, es decir, cuánto dinero se invertiría en producir el sistema de detección de somnolencia integrado al volante basado en la detección de la saturación de oxígeno en sangre y el ritmo cardiaco del conductor. Con todos los costes recogidos, se realizará un presupuesto general que incluirá los costes totales.

COSTE MANO DE OBRA

La mano de obra se basa en las horas trabajadas de un ingeniero técnico industrial para la realización del TFG. Se ha calculado un promedio de 4 horas diarias trabajadas al día durante 2 meses, sin incluir fines de semana.

Los salarios serían regulados siguiendo algunas pautas de las tablas salariales del convenio colectivo para la industria, la tecnología y los servicios del sector del metal, puestas en vigor desde el 1 de mayo del 2021 [1].

De las tablas salariales se obtiene el salario mensual base del personal técnico, es decir ingenieros y licenciados. Siendo el salario mensual base 1913,51 €, se calcula un sueldo de $10.4 \frac{\text{€}}{\text{h}}$. Considerando un trabajo de dos meses a 4 horas diarias sin contar fines de semana y un total de 184 horas trabajada, el sueldo quedaría en 1913.60 €.

Tabla 1: Coste de mano de obra para la realización del TFG

Categoría	Sueldo total
Ingeniero técnico industrial	$184 \text{ h} \times 10.4 \frac{\text{€}}{\text{h}} = 1913.60$

Se obtiene un total de mil novecientos trece con sesenta euros (1913.60 €) brutos anuales como coste de mano de obra.

COSTE ELEMENTOS HARDWARE

El sistema se únicamente tiene coste de hardware, ya que para el software se utilizará el programa gratuito Arduino IDE. El coste de hardware que supondría la implementación del TFG sería la suma del precio de cada elemento que comprende el sistema de detección de somnolencia integrado al volante.

Como elementos se cuenta con el ESP8266 mini, el sensor MAX30102, el regulador de tensión LM2596 y el cableado de conexión entre las placas. En este TFG se calculará el coste por unidad del sistema. Dichos elementos han sido comprados desde la página aliexpress [2].

Tabla 2: Coste de hardware del TFG

Componente	Precio
MAX30102	1.67 €
ESP8266 mini	3.72 €
LM2596	1.29 €
Cableado	0.50 €

Se obtiene un total de siete con dieciocho euros (7.18 €) por unidad.

COSTE DEL EQUIPO UTILIZADO

Se ha requerido el uso de material específico para el montaje de los materiales, esto se incluye como coste del equipo utilizado. Como herramientas, se ha utilizado un soldador y estaño para los componentes electrónicos, pinzas para la manipulación de las placas y otras herramientas auxiliares como los alicates de corte, cinta aislante.

En este apartado también se incluiría la amortiguación de equipos de medida como multímetros, amperímetros, etc. Sin embargo, para la realización de este TFG no ha sido necesario el uso de ningún equipo de medida.

Tabla 3: Coste de equipos utilizados para el TFG

Equipo	Precio
Soldador + estaño	8.31 €
Pinzas	0.65 €
Alicates de corte	1.73 €
Cinta aislante	1.03 €

Todas las herramientas han sido compradas desde la página aliexpress [2].

La tabla 3 indica todos los costes en herramientas, sin amortización que ha conllevado el TFG. En total, se percibe un coste de once con setenta y dos euros (11.72 €).

COSTE TOTAL

En la tabla 4, se expone el coste total que supone la realización del TFG, utilizando los componentes descritos para el hardware, las herramientas necesarias para el montaje y conexionado electrónico y teniendo en cuenta el trabajo de un ingeniero técnico industrial.

Tabla 4: Presupuesto antes de impuestos del TFG

Coste M.O.	Coste hardware	Coste equipos	Total
1913.60 €	7.18	11.72 €	1932.50 €

El presupuesto final se obtiene aplicando los porcentajes procedentes a los costes totales. En este TFG se aplicarán los gastos generales (13%), el beneficio industrial (6%) y el IVA (21%).

Tabla 5: Presupuesto final del TFG aplicando impuestos

DESCRIPCION	IMPORTE
Presupuesto antes de impuestos	1932.50 €
Gastos generales (13%)	251.25 €
Beneficio industrial (6%)	115.95 €
IVA (21%)	405.82 €
Presupuesto final	2705.52

Finalmente, se obtiene un presupuesto de dos mil setecientos cinco con cincuenta y dos euros (2705,52 €).

TRABAJO FINAL DE GRADO
INGENIERIA ELECTRONICA INDUSTRIAL Y AUTOMATICA

REFERENCIAS

[1].

<https://stics.intersindical.org/web/attachments/article/241/Industria,%20tecnolog%C3%ADa%20y%20servicios%20metal%20de%20la%20provincia%20de%20Val%C3%A8ncia%202021.pdf>

[2].

<https://es.aliexpress.com/?spm=a2g0o.productlist.1000002.1.3bd86861agc88h>