



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN INGENIERÍA
INGENIERÍA ELÉCTRICA – SISTEMAS ELECTRÓNICOS

**Desarrollo de un sistema de monitoreo,
geolocalización y telemetría en vehículos de
servicio bajo el concepto IoT**

TESIS
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
MAESTRO EN SISTEMAS ELECTRÓNICOS

PRESENTA:
Jorge Arturo Rodríguez Sánchez

TUTOR PRINCIPAL
Dr. Saúl de la Rosa Nieves, Facultad de Ingeniería de la UNAM

Ciudad Universitaria, Cd. Mx., ABRIL, 2023



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

JURADO ASIGNADO:

Presidente: Dr. Martynyuk Oleksandr
Secretario: Dr. Rodríguez Cuevas Jorge
1 er. Vocal: Dr. De La Rosa Nieves Saúl
2 do. Vocal: Dr. Peña Cabrera Juan Mario
3 er. Vocal: Dr. Martínez Rodríguez Francisco J.

Ciudad Universitaria, CD. MX, ABRIL, 2023.

TUTOR DE TESIS:

Dr. Saúl De La Rosa Nieves



FIRMA

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por darme las fuerzas para seguir adelante y por darme la sabiduría para terminar esta etapa de mi vida.

Agradezco a mi esposa Vanessa Reyes por su apoyo para seguir luchando a mi lado y enseñarme a no dejarme vencer por nada ni por nadie, también doy gracias por estar a mi lado en los momentos malos y en los buenos.

Agradezco a mis papás Jorge Rodríguez Thompson y Martha Sánchez López por sus consejos, su apoyo y recomendaciones para seguir luchando para cumplir con todas mis metas.

Agradezco a mi hermana Mizraim Sandimar Rodríguez Sánchez por esos consejos y apoyo para terminar otra etapa de mi vida.

Agradezco al Dr. Saul de la Rosa Nieves por darme todos esos buenos consejos y animarme a seguir preparándome en mi educación con la maestría.

Agradezco al Dr. Jorge Rodríguez Cuevas por sus enseñanzas y todos los consejos sobre la vida y la carrera profesional que vamos a ejercer en nuestra vida futura.

Agradezco a CONACYT por todo el apoyo que me brinda a lo largo de mi preparación en la maestría y poder hacer realidad una meta más en mi vida profesional.

Índice

1. Introducción	5
1.1. Descripción del problema	6
1.2. Objetivo general	7
1.2.1. Objetivos específicos	7
1.3. Aportaciones de la tesis	7
1.4. Metodología	8
2. Estado del Arte	8
2.1 Métodos utilizados para la detección de la somnolencia	8
2.1.1 Análisis basado en patrones de conducción	9
2.1.2 Análisis basado en los cambios físicos de los ojos y las expresiones faciales usando procesamiento de imágenes	11
2.1.3 Análisis basado en el cambio de las medidas fisiológicas	13
2.2 Sistemas comerciales	14
2.2.1 Attention Technologies	14
2.2.2 Seeing Machine	15
2.2.3 Grupo Bosch	16
2.2.4 Volvo Cars	16
2.2.5 Mercedes-Benz Anti-Fatigue Driver Alarm	17
2.3 Sistemas avanzados de asistencia al conductor	19
2.3.1 ALVIN	19
2.3.2 GOLD	20
2.3.3 LANA	20
2.3.4 Urban Challenge-MIT	21
2.4 Conclusiones	25
3. Marco Teórico	26
3.1 Visión Artificial	26
3.1.1 Métodos de captación de imágenes	27
3.1.2 Cámaras	28
3.1.3 Visión por computadora	30
3.1.4 Procesamiento de imagen	30

3.1.5 Conversión de una imagen RGB a escala de grises	31
3.1.6 Ecuilización de histograma	31
3.1.7 Segmentación	33
3.1.8 Algoritmo de Viola & Jones	34
3.1.9 Conclusiones	35
4. Diseño	36
4.1 Metodología de diseño	36
4.1.1 Etapas de diseño	37
4.2 Desarrollo de concepto	38
4.2.1 Requerimientos	39
4.3 Diseño a nivel de sistema	41
4.3.1 Bloque 1. "Monitoreo del conductor"	43
4.3.1.1 Cámara para el conductor	45
4.3.1.2 Unidad de control	46
4.3.1.3 Comunicación inalámbrica	48
4.3.2 Bloque 2 "Supervisión del automóvil"	49
4.3.2.1 Comunicación con la computadora del automóvil	51
4.3.2.2 Interruptor de bomba de gasolina	52
4.3.2.3 Comunicación inalámbrica	54
4.3.3 Bloque 3 "Supervisión de conducción del automóvil"	55
4.3.3.1 Unidad de control	57
4.3.3.2 Dispositivo sonoro	58
4.3.3.3 Alertas visuales	59
4.3.3.4 GPS	60
4.3.3.5 Sensor inercial	61
4.3.3.6 Sensor ultrasónico	63
4.3.3.7 Cámara para supervisar líneas de carretera	64
4.3.3.8 Comunicaciones inalámbricas	65
4.3.3.9 Sistema de potencia	66
4.3.4 Bloque 4 "Base de datos"	67
4.4.1 Comunicaciones inalámbricas	70

4.4.4.2 Unidad de control	71
5. Diseño de detalle	72
5.1 Diseño del primer bloque “Detección de fatiga”	72
5.1.1 Extracción de características por medio de técnicas de procesamiento de imagen	72
5.1.2 Detección de rostro	73
5.2 Diseño del segundo bloque “comunicación con la computadora del carro ECU)	78
5.3 Diseño del tercer bloque “patrón de conducción”	81
5.3.1 Detección de línea de carretera	81
5.3.2 Detección de vehículos por medio de sensor ultrasónicos	84
5.3.3 Geolocalización y posicionamiento del vehículo	87
5.3.4 Zumbador y Alertas visuales	91
5.3.5 Sistema de potencia de alta eficiencia	92
6. Prueba del sistema y resultados	106
7. Conclusión y trabajo a futuro	110
7.1 Trabajo a futuro	111
8. Bibliografía	112
9. Anexo	115
9.1 Código de detección de rostro	115
9.2 Código de zumbador y led indicador	116
9.3 Código para enviar la información a la nube	117
9.4 Código para la activación del GPS y GPRS	119

1. Introducción

En la actualidad existen muchas empresas de transporte que utilizan la telemetría para el monitoreo de sus vehículos, la telemetría se basa en instrumentación electrónica que mide los parámetros de desempeño de distintas partes de los vehículos, lo que permite diagnosticar su funcionamiento. Por ejemplo, en un vehículo personal o un vehículo de una empresa se pueden obtener parámetros como la temperatura del motor, el consumo de gasolina, el estado de la batería, ver la ruta que toma y la ubicación del vehículo y también sirve para evitar robos o ataques.

Procederemos a definir el concepto de seguridad, según el diccionario de la real academia española le da diferentes significados, el que nos interesa lo definen como: *“seguridad activa. Seguridad que proporciona un conjunto de mecanismos, características o presentaciones de un vehículo cuya función es evitar o prevenir accidentes.”*

Por otra parte, esta tecnología también se utiliza para prevenir los accidentes provocados por el cansancio del conductor de un vehículo, para esto se realiza un monitoreo del estado del conductor midiendo sus constantes fisiológicas de tal manera que cuando se encuentren alteraciones se mande un mensaje de alerta tanto al conductor como a un centro de control con el fin de generar los protocolos de protección correspondientes, también, en conjunto con la supervisión del vehículo para detectar alteraciones en la conducción y o el estado del vehículo.

En este contexto, en el presente trabajo de tesis se propone un sistema para prevenir los accidentes provocados por el cansancio del conductor de un vehículo el cual también incluirá un sistema de geolocalización y telemetría del vehículo para poder tener parámetros importantes como la temperatura del motor, la velocidad, su localización, el consumo de combustible, de tal manera que se pueda dar un seguimiento al vehículo en todo momento para la prevención de robo o ataques a la unidad.

En específico, se implementará un sistema de detección de cansancio por medio de una cámara utilizando técnicas de procesamiento de imagen e Inteligencia Artificial, de tal manera que se detecte el rostro del conductor y se supervise si pestañea demasiado y/o bosteza inusualmente, cuando esto ocurra se llevará un análisis interno en donde se enviarán alertas al centro de control y también se accionará alertas sonoras para prevenir accidentes.

1.1. Descripción del problema

De acuerdo con estudios de organismos internacionales en materia de vialidad, México ocupa el séptimo lugar a nivel mundial en muertes por accidentes de tránsito, aseguró Roy Rojas, asesor de la Organización Panamericana de la Salud (1). Cada año mueren cerca de 1.3 millones de personas en las carreteras del mundo, y entre 20 y 50 millones padecen traumatismos no mortales. Los accidentes de tránsito son una de las principales causas de muerte, la edad que se encuentra en el primer lugar de muertes se encuentra de entre 15 y 29 años.

En esta ficha se presentan datos de las últimas estadísticas sanitarias mundiales (Global health estimates) de la Organización Mundial de la Salud y el Informe sobre la situación mundial de la seguridad vial, publicado en 2015. En los informes se indica que los traumatismos por accidente de tránsito siguen representando un importante problema de la salud pública. Para reducir la cantidad de muertes y traumatismos por accidente de tránsito, es necesario adoptar un marco holístico como el enfoque de sistemas de seguridad con el objetivo de garantizar un sistema de transporte seguro para todos los usuarios de las carreteras (1).

Un estudio exhaustivo acerca de la fatiga en operadores de vehículos pesados fue coordinado por el Departamento del Transporte de EUA (Driver Fatigue and Alertness Study). Duró siete años, e involucró a varias instituciones de Estados Unidos y Canadá (Federal Highway Administration, Transport Canada), como respuesta a una orden del Congreso Norteamericano. Comprendió una gran cantidad de pruebas del comportamiento de los operadores, incluyendo enfoques relacionados con aspectos fisiológicos y mentales. Como elementos de monitoreo de la fisiología del conductor se consideraron los siguientes:

- Expresión facial
- Caída de los párpados
- Tono muscular de la cara
- Flujo respiratorio
- Saturación de oxígeno en el flujo sanguíneo arterial
- Temperatura corporal
- Electrocardiografía durante el manejo y el descanso

A partir de los estudios referidos arriba se muestra la necesidad de desarrollar un sistema de geolocalización y telemetría de vehículos.

1.2. Objetivo general

Desarrollar un sistema de supervisión del cansancio del conductor de un vehículo, geolocalización y telemetría para diagnosticar situaciones de emergencia y notificar a un centro de auxilio.

1.2.1. Objetivos específicos

Diseño de un sistema de supervisión del cansancio del conductor y telemetría del vehículo bajo el concepto de Internet de las Cosas.

1.3. Aportaciones de la tesis

El presente proyecto de tesis aportará la información necesaria para realizar un dispositivo electrónico que se encargará de supervisar el cansancio del conductor, el sistema utilizará diferentes técnicas como la obtención de la imagen junto con un procesamiento digital de imagen, con esta técnica podremos tener un seguimiento del movimiento de los ojos, los parpados, la cabeza y la boca, con esto se puede analizar si el conductor está cansado, también se realizará otro dispositivo electrónico que se encargue de obtener el estado de vehículo como el nivel de gasolina, la batería, las rpm del carro y la detección de las líneas de carretera, con estos datos podremos complementar la detección de cansancio del conductor; también se utilizará la información de la detección de la línea de carreta para definir patrones de conducción que nos ayudara a alertar al conductor cuando se quede dormido, estas alertas serán sonoras y visuales; contará también con un sistema de corta corriente en donde si se detecta que el conductor se sube al carro y quiere manejar cansado se cortara el suministro de gasolina previniendo que maneje cansado y evitar accidentes mayores.

1.4. Metodología

Para la parte de la metodología seguiremos los siguientes pasos:

1. Se hará una investigación de campo sobre los problemas que existen con los accidentes de automóviles relacionado al cansancio de los pasajeros
2. Se realizará una investigación de campo de los parámetros para obtener el estado del automóvil como su velocidad, si el carro este encendido, entre otros parámetros.
3. A partir de los resultados de la investigación sobre los problemas que existen, se determinarán los requerimientos para hacer un sistema de prevención de riesgos tanto para el conductor como para mostrar las alteraciones en los automóviles y evitar incidentes graves.
4. Se realizará la investigación del estado del arte de los dispositivos electrónicos que existen actualmente.
5. Se realizará la investigación del marco teórico requerido para el desarrollo del sistema IoT que se aplicará
6. Diseño del sistema
7. Pruebas, resultados y conclusiones

2. Estado del Arte

2.1 Métodos utilizados para la detección de la somnolencia

En estos capítulos se mostrarán algunos métodos y propuestas que involucran el uso de distintas tecnologías para enfrentar el problema de la fatiga del conductor. Estos métodos, según (Chang et al. [12] y Ji et al. [115]) pueden ser clasificados en tres categorías.

- Categoría 1: Análisis basados en patrones de conducción
- Categoría 2: Análisis basados en los cambios físicos de los ojos y las expresiones faciales usando procesamiento de imágenes.
- Categoría 3: Análisis basados en el cambio de las medidas fisiológicas

En la figura 1 se muestra la clasificación de los sistemas de detección de la somnolencia del conductor, en la imagen se muestran cómo está conformado el sistema de detección de fatiga.

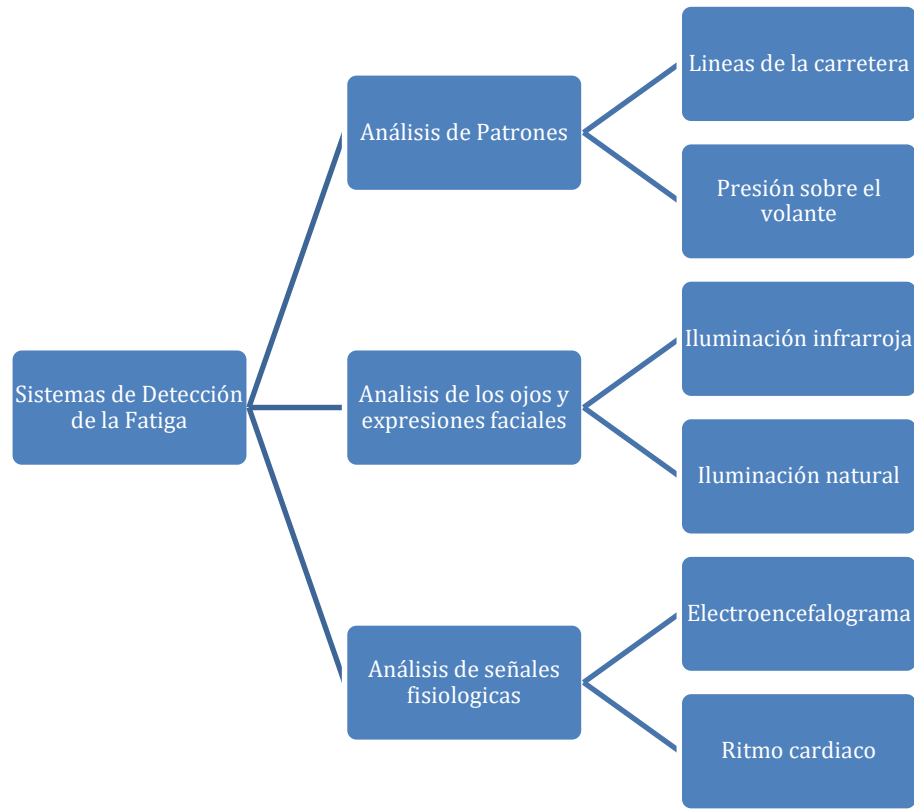


Figura 1 Clasificación de los sistemas de detección de la somnolencia del conductor

2.1.1 Análisis basado en patrones de conducción

Para el análisis basado en patrones de conducción es necesario de diferentes sensores que nos ayude a supervisar el estado de conducción. Los patrones de conducción se generan a partir de parámetros medibles tanto sobre el conductor y/o sobre el vehículo con su entorno, por ejemplo, la presión de las manos que ejerce el conductor sobre el volante es un patrón de conducción, este método no es fácil de modelar, y en muchos casos puede ser necesario diseñar un modelo distinto dependiendo de las características de vehículo y/o conductor. Otros parámetros, tomados sobre el vehículo que se incluyen en esta clasificación, son la velocidad, la posición lateral, el ángulo de desviación, etc. que han demostrado ser buenos indicadores del nivel de vigilia del conductor, dentro de sus limitaciones [95]. La empresa AssistWare Technology [145] utiliza esta técnica en su propuesta, al igual que el trabajo de Mattsson [77] que construye un patrón basado en la posición del vehículo sobre la carretera, un ejemplo se observa en la figura 2.

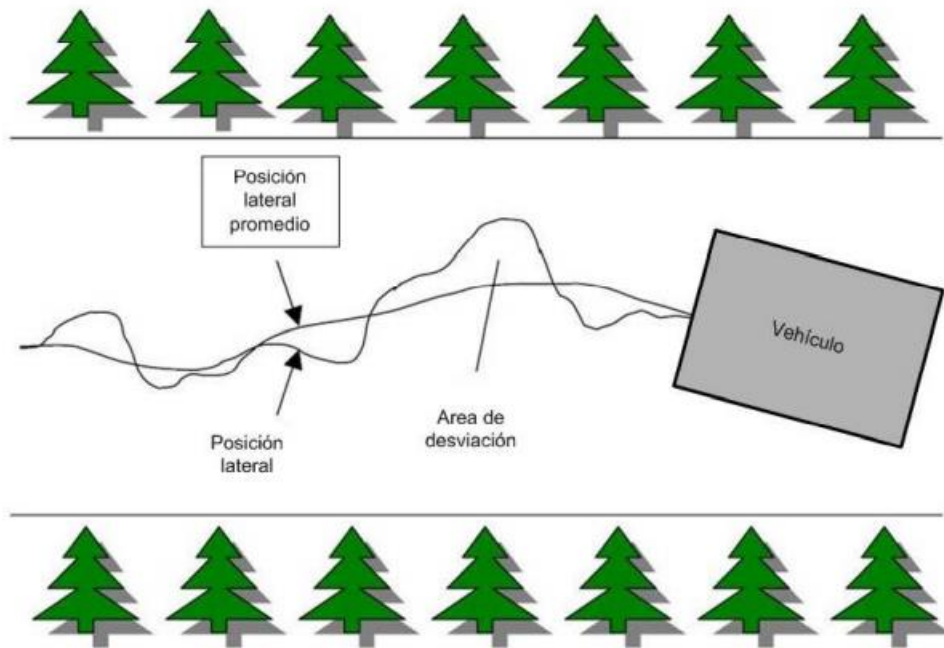


Figura 2 Patrón de conducción a partir de la posición del vehículo en la carretera [145]

A continuación, se muestran algunos de los servicios que se utilizan en el mercado para solucionar el problema que está relacionado con el cansancio del conductor y la conducción del vehículo.

- En algunos carros de la marca Ford, se basan en las imágenes obtenidas por una cámara frontal mediante las que se compara el comportamiento actual del conductor con el mostrado en un lapso de 6 minutos; en caso de encontrar signos de fatiga o falta de atención se activan alarmas visuales y auditivas cuya intensidad crece si el usuario no las desactiva manualmente, aunque no se define claramente los parámetros que considera [43].
- Nissan ofrece un sistema de detección de fatiga basado en el patrón de movimientos del volante [44]
- Volkswagen añade a su algoritmo factores tales como el tiempo que ha durado el trayecto, así como la hora de día en que este ocurre [45]
- Mercedes-Benz, monitorea aún más factores, como la aceleración longitudinal y lateral y las acciones de control que haya realizado el conductor en un intervalo de tiempo de entre 15 y 20 minutos [46]

Como se puede ver para la realización de un patrón de conducción es indispensable contar con diferentes tipos de sensores para poder realizar este patrón, estos sensores nos deberían de proporcionar información del vehículo como su posición, si está en el carril, la velocidad del carro, entre otros factores.

2.1.2 Análisis basado en los cambios físicos de los ojos y las expresiones faciales usando procesamiento de imágenes

En el segundo caso se utilizan técnicas de procesamiento de imágenes para detectar los cambios físicos generados sobre los ojos y el rostro del conductor durante el proceso de conducción, ver figura 3. Los métodos basados en el procesamiento de imágenes son altamente fiables con la principal característica de ser no invasivos por lo que no generan molestias ni incomodidad al conductor; sin embargo, también presentan varios inconvenientes; los mismos que serán analizados más adelante como parte de esta investigación.



Figura 3 Procesamiento de imágenes[icc.fcen.uba.ar]

Algunos de los métodos que se ha utilizado para la detección de los cambios de los ojos y las expresiones se muestran en los siguientes puntos.

- Índice de porcentaje de Cierre de Ojos: el índice de porcentaje de cierre de ojo (PERCLOS por sus siglas en inglés). Este índice mide el porcentaje de cierre de los ojos sobre un intervalo de tiempo, excluyendo el tiempo gastado en el cierre normal. En varias investigaciones desarrolladas por la National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA) [35,36] se ha demostrado que es el más adecuado para caracterizar la somnolencia del conductor a través del análisis de los ojos.
- Velocidad promedio de cierre/apertura de parpados: la velocidad promedio del cierre/apertura de los parpados (AECS por sus siglas en inglés) se calcula como la media aritmética de la velocidad a la que se cerraron o abrieron los ojos durante un periodo de tiempo, en el documento de (Xiaojie,

2001), Zhang et al. (2014) [35] indica que la AECS en una persona despierta puede ser hasta 8 veces mayor que la medida en una persona somnolienta

- Porcentaje de apertura vertical de la boca: el porcentaje de apertura vertical de la boca durante un tiempo determinado (PERLVO por sus siglas en inglés) se emplea para detectar bostezos, y aun cuando puede ocurrir que una persona somnolienta no bostece, se considera que este parámetro debe incluirse el modelo de detección de fatiga si se espera obtener un sistema más robusto [36].
- Proporción del tiempo que el individuo mantiene la cabeza inclinada: la proporción del tiempo que el individuo mantiene la cabeza inclinada (PERTITL por sus siglas en inglés) se emplea para contabilizar el tiempo en que el sujeto mantiene su cara en dirección hacia abajo o hacia arriba. Se emplea como medida para determinar la existencia de cabeceo debido a la fatiga [37]

Los métodos mencionados anteriormente han demostrado que son la más adecuada para caracterizar la fatiga del conductor. La ventaja de utilizar alguno de estos métodos es que son métodos no invasivos. A pesar de ser métodos eficaces se han encontrado con algunos problemas para realizar la captura de la imagen como por ejemplo la iluminación y los ambientes oscuros afectan el resultado de la detección del cansancio.

2.1.3 Análisis basado en el cambio de las medidas fisiológicas

A diferencia de las mediciones basadas en la observación del vehículo y el reconocimiento del rostro al conductor, las mediciones fisiológicas pueden llevarse a cabo desde las etapas tempranas de la fatiga, teniendo plena certeza de que sus resultados serán aún más confiables. Para este tipo de mediciones son ampliamente usadas las siguientes señales electrofisiológicas:

- **Electrocardiograma (ECG):** El ECG registra la actividad eléctrica del corazón y es la más usada de las técnicas para la medición de fatiga que se basan en condiciones fisiológicas. Mediante el empleo de esta técnica, se puede definir el estado de fatiga de una persona de forma bastante precisa; esto se logra a partir de la observación de los cambios generados en el comportamiento de su corazón, es decir, en las variaciones del ritmo cardíaco. Tales variaciones son comparadas mediante la medición de la Variabilidad del Ritmo Cardíaco (HRV por sus siglas en inglés). La escala de HRV describe ambos límites; las frecuencias baja y alta a las que late el corazón a lo largo de dicha variabilidad: Si se encuentra una frecuencia de latido muy cercana a LF este será un indicio claro de somnolencia, mientras que un individuo con nula o escasa fatiga presentará un ritmo cardíaco con frecuencia muy parecida a la HF. La detección de fatiga, mediante este método, puede realizarse de forma progresiva y constante tan pronto como se presenten los cambios en el mesurando [47].
- **Electroencefalograma (EEG):** esta técnica registra la actividad eléctrica del cerebro. Al respecto, Sahayadhas et al. (2012) [51] especifica lo siguiente: Si las señales registradas mediante el EEG poseen una frecuencia de entre 0.5 Hz a 4 Hz recibirán el nombre de ondas Delta, las cuales están asociadas a la actividad de dormir; las ondas Theta, por su parte, serán aquellas cuya frecuencia se encuentre entre los 4 Hz y los 8 Hz y se relacionan con la somnolencia; las ondas Alfa indican relajación y creatividad, y su frecuencia puede ir de los 8 Hz a los 13 Hz; por último, se tienen las ondas Beta, cuya frecuencia puede ir de los 13 Hz a los 25 Hz e indicarán un estado de alerta.
- **Electrooculograma (EOG):** Registra la diferencia de potencial eléctrico entre la córnea y la retina del ojo humano. Para llevarse a cabo, es necesario colocar un electrodo en la esquina exterior de cada ojo y uno más en el centro de la frente para tomarlo como referencia; a partir de dichos electrodos se monitorea el parpadeo, si se detecta un movimiento más lento de lo habitual se podrá concluir que el individuo está sintiéndose somnoliento. Aun cuando este método es muy preciso, tiene la desventaja de ser bastante invasivo, por lo que no es considerado como un método práctico de detección de fatiga [47].

Como se estudió en este capítulo, la medición de la fatiga mediante características fisiológicas complementa las técnicas de Visión por Computadora, es importante mencionar que existen métodos

invasivos como el Electrooculograma, por tal motivo se requiere valorar los métodos que se podrían utilizar para detectar que el conductor este cansado y que no sea invasivo.

2.2 Sistemas comerciales

Las principales empresas vinculadas al sector automotriz están trabajando o participando, directamente a través de sus empresas fabricantes de componentes, en la construcción de sistemas de ayuda a la conducción. Entre los sistemas que destacan se encuentran los sistemas de vigilancia del conductor; es así, que en las siguientes secciones se describirán varias empresas que utilizan las distintas estrategias planteadas:

- Técnicas del análisis de los ojos y expresiones faciales
- Análisis de la carretera
- Información de las señales fisiológicas

2.2.1 Attention Technologies

La empresa Attention Technologies Inc. [68] presenta y comercializa un sistema para la detección de la somnolencia. En la actualidad se registran dos versiones: Copilot, figura 4, y Driver Fatigue Monitoring DD850, figura 5. Copilot y DD885 han sido desarrollados y construidos por Grace et al. [16], bajo un proyecto conjunto desarrollado por la Universidad Carnegie Mellow y la NHTSA [29]. Los dos sistemas están diseñados para trabajar en vehículos de carga pesada (camiones) y calculan el índice de somnolencia PERCLOS, en tiempo real. La base fundamental de los dos sistemas lo constituye el sistema de visión con iluminación infrarroja.



Figura 4 Copilot: (a) vista general del sistema, (b) entorno virtual de implementación sobre un camión [29].



Figura 5 Driver Fatigue Monitoring: DD850.[29]

2.2.2 Seeing Machine

Seeing Machine [102] es una empresa dedicada a desarrollar y proveer productos de alta tecnología para el análisis y seguimiento del rostro y los ojos utilizando técnicas basadas en Visión por Computadora.



Figura 6 Sistema propuesto por Seeing machine [102]

Como parte del proyecto TREV (Transport Research Experimental Vehicle) [80], su principal producto es el denominado faceLab que se muestra en la figura 6. El sistema consiste en un sistema de visión estéreo que utiliza iluminación infrarroja. faceLab es un sistema que está siendo utilizado en varias aplicaciones,

entre ellas: biometría, estudios de psicología, y por supuesto, sistemas de vigilancia del conductor, por ejemplo, Kutila [28] utilizó este sistema para elaborar su tesis doctoral, donde construye patrones de conducción.

2.2.3 Grupo Bosch

La empresa Bosch [48] se encuentra trabajando en el diseño y construcción de sistemas de interface humano-maquina (HMI); entre los cuales, se encuentra el análisis del conductor. Su sistema de detección de la somnolencia consiste en un simulador construido para desarrollar varios experimentos. En la figura 7 se observa el simulador propuesto por esta empresa.



Figura 7 Simulador utilizado por Bosh para estudiar al conductor [48]

2.2.4 Volvo Cars

La empresa automotriz Volvo ha empezado a incluir en sus versiones de lujo un sistema de seguridad preventiva que da apoyo al conductor y lo alerta cuando comienza a presentar síntomas de cansancio o desconcentración [23].

Mediante una cámara y un sensor de radar instalados en la parte frontal del vehículo, extrae información para calcular la dirección de la carretera, se muestra en la figura 8 (a), y junto con los datos del volante genera un patrón de conducción que es comparado con uno en conducción normal. El sistema le avisa al conductor cuando éste pierde el control mediante una señal acústica, al mismo tiempo, en el panel de instrumentos aparece un mensaje de alerta, se muestra en figura 8 (b).



Figura 8 Control de alerta para el análisis del conductor [23]

2.2.5 Mercedes-Benz Anti-Fatigue Driver Alarm

El sistema experimental de Mercedes-Benz recurre a un sistema de visión infrarrojo que monitoriza los ojos del conductor, evaluando su nivel de somnolencia. Además, a través de un sistema de sensores colocados en la cabeza, también evalúan la actividad cerebral del conductor mediante un encefalograma, de manera que combinando toda esta información de manera adecuada predice el estado de somnolencia del conductor. En la figura 9 se muestra el sistema que pretende comercializar en el futuro cercano, como parte de un sistema de prevención de accidentes.



Figura 9 Sistema experimental para la detección de la somnolencia de Mercedes-Benz [48]

Se realizó una tabla con la información de los trabajos investigados, en el cual se puede ver qué tipo de categorías utilizan para solucionar la detección de la fatiga del conductor; las diferentes columnas muestran el nombre del fabricante, la categoría que usan, esas pueden ser la categoría 1 patrón de conducción, categoría 2 monitoreo de cansancio y la categoría 3 monitoreo de constantes fisiológicas del conductor y por último la columna de imagen del proyecto. Con esta información se puede ver que la mayoría de los proyectos o los dispositivos electrónicos para la detección de la fatiga utilizan la categoría 1 y 2 para tener una información más precisa en la detección de fatiga.

Tabla 1 Comparación de los sistemas

Fabricante	Categorías que utiliza	Imagen del proyecto
Attention technologies	Categoría 1 patrón de conducción Categoría 2 monitoreo de cansancio	
Seeing Machine	Categoría 2 monitoreo de cansancio	
Bosch	Categoría 1 patrón de conducción Categoría 2 monitoreo de cansancio	

Volvo Cars	Categoría 1 patrón de conducción	
Seeing Machine	Categoría 1 patrón de conducción Categoría 2 monitoreo de fatiga Categoría 3 constantes fisiológicas	

2.3 Sistemas avanzados de asistencia al conductor

En este subcapítulo se realizó la investigación de los dispositivos que se encargan de la detección de la fatiga, también se encontró con el sistema avanzado de asistencia al conductor (ADAS por sus siglas en ingles), el cual su función principal de este sistema es prevenir al conductor de posibles accidentes, para esto interactúan diferentes sensores y actuadores que están detectando el entorno del carro. A continuación, se mostrarán algunos trabajos relevantes aplicados en los sistemas ADAS.

2.3.1 ALVIN

Uno de los trabajos investigados se encontró en el campo de la navegación autónoma fue ALVIN [52], se trata de una red neuronal de 3 capas con topología back-propagation. Las neuronas de entrada se encuentran conectadas a 3 fuentes de información: una matriz bidimensional de 30X32 píxeles que detecta el nivel de intensidad del canal azul en una imagen RGB de video, cuya función es capturar la carretera; la segunda fuente de información es una matriz bidimensional de 8X32 puntos provenientes de un sensor láser que mide la distancia entre punto y fuente; finalmente, la tercera fuente de información es la realimentación de una neurona en la capa de salida hacia la capa de entrada, ésta salida es entrenada con información de si la zona, correspondiente en la escena a la región de no carretera, es más clara o más oscura que la zona tipo carretera. Esta mezcla de fuentes de información es uno de los primeros intentos reportados de fusión sensorial.

2.3.2 GOLD

El algoritmo GOLD (Generic Obstacle an Lane Detection) [53], para detección simultanea de obstáculos y carriles fue desarrollado en el marco del proyecto Prometheus y probado en el vehículo de pruebas MOB-LAB. Se basa en el procesamiento paralelo de información visual estero y el análisis de la carretera en perspectiva inversa. Para detectar los carriles presentes en la imagen en perspectiva inversa, primero se realiza un realzado de las marcas viales, y luego, se aplica un filtro morfológico denominado dilatación geodésico para lograr contornos de línea continuos y bien definidos. Una vez detectados los contornos de carril, se identifica la carretera según la posición de su línea central y del ancho predominante, obtenidos a través de un histograma construido del análisis línea a línea de la imagen. La detección de obstáculos, por su parte, se efectúa en modo estéreo sobre las imágenes calibradas y en perspectiva inversa. Una vez, las proyecciones de la carretera vistas por cada cámara, izquierda y derecha, son alineadas en orientación y desplazamiento, se obtiene la misma información de la escena. Entonces, al restar ambas imágenes, las diferencias que aparecen se deben a las zonas que no son observadas por ambas cámaras a la vez, efecto de la oclusión resultante, consecuencia de capturas desde diferentes lugares físicos. Por otro lado, basados en el principio de que dos líneas perpendiculares al plano de la carretera se transforman en dos líneas convergentes en perspectiva inversa, la parte trasera de los vehículos que se puede observar en la zona cercana de la carretera, cumplen el principio anterior, y, por lo tanto, los obstáculos observados se transforman en un par de triángulos. Para estandarizar el patrón de búsqueda en la imagen, los triángulos se unifican en un solo triangulo envolvente con vértice inferior en el promedio de los vértices individuales de cada triangulo. Ahora el paso a seguir es caracterizar la presencia de triangulo tipo obstáculo a través de un histograma polar o firma del objeto. Un obstáculo en su representación de firma normalizada se presenta como una señal de dos picos, la forma, magnitud y posición depende de múltiples factores como punto de vista, posición y condiciones de iluminación entre otros.

2.3.3 LANA

El Algoritmo LANA (Lane-finding in ANother domAin, por sus siglas en inglés), presentado en [54], es un detector de carriles que utiliza como característica de marcas viales, información del dominio de la frecuencia. Esta representación junto con un patrón de carril permite calcular una inferencia de tipo Bayesiano. Donde el modelo de carril sirve como información a priori, mientras que del conjunto de características se extrae la probabilidad de ajustar el modelo correctamente. La detección de carril consiste en encontrar un máximo global en la función de probabilidad a posteriori, a través de un algoritmo de búsqueda. El algoritmo comienza por calcular las características en el dominio de la frecuencia que corresponden a la sumatoria de un subgrupo de descomposiciones ortogonales del tipo coseno discreto, DTC, para un bloque de tamaño 8×8 . El modelo utilizado es una parábola cuya definición

se deduce a partir de la descomposición de la ecuación de una circunferencia por series de Taylor, proyectan sus primeros términos sobre el plano de la imagen. El artículo propone aplicar la regla de Bayes para obtener el modelo de carretera, H (la hipótesis del razonamiento), que mejor explique las características extraídas de la imagen de la carretera, E (la evidencia u observación del modelo). El modelo se extrae de maximizar su probabilidad a posteriori $P(H | E)$ en un espacio paramétrico.

2.3.4 Urban Challenge-MIT

A continuación, se hace una síntesis del trabajo presentado en [55] por el equipo Talos, representante de MIT (Massachusetts Institute of Technology) en el Urban Challenge, cuarto finalista de los 6 que terminaron la competición, y cuya estrategia de percepción geométrica de la carretera se basó en visión por computador. A grandes rasgos, el esquema utilizado para la estimación de carriles múltiples, adoptado por Talos, se muestra en la figura 10. Existen varios algoritmos para la detección del modelo de la carretera se ejecutan paralelamente, 2 basados en imágenes y uno basado en información laser. Cada algoritmo genera polilíneas (Polylines), que son fusionadas en un sistema de referencia común, antes de realizar el seguimiento de parámetros del conjunto de carriles.

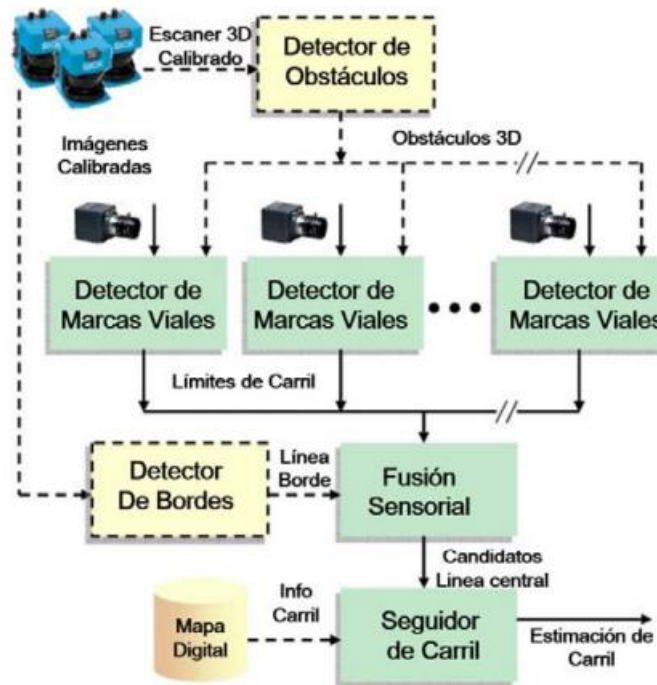


Figura 10 Detección de objetos por visión por computadora [55]

Para disminuir el número de falsas detecciones de carril, se emplea un detector de obstáculos basado en sensores de distancia, velodyne y láser, con el fin de enmascarar en la imagen, las zonas donde se ubican los obstáculos, dado que se conoce la calibración espacial de los sensores.

Los métodos para detección del modelo de la carretera basados en imágenes son los siguientes:

- **Detección de marcas viales por filtros unidimensional**

El primer método para la detección de marcas viales consiste en la aplicación de dos filtros unidimensionales (matched filter), de tamaño variable. El filtro es aplicado por convolución sobre filas y columnas independientes, con el núcleo mostrado en la figura 11, su objetivo es realzar las marcas viales.

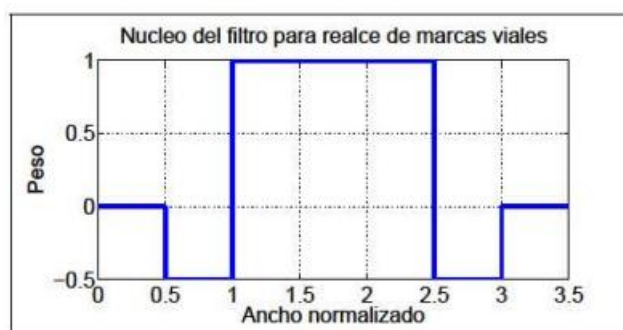


Figura 11 Núcleo del filtro direccional propuesto por Huang et al [55]

A continuación, se extraen los máximos locales por fila sobre la imagen filtrada horizontalmente y los máximos locales por columna sobre la imagen filtrada verticalmente, para crear una lista de posiciones, candidatos a ser parte de las marcas viales. Para cada característica se calcula la orientación de la línea subyacente encontrando la dirección de curvatura principal. Esta dirección se obtiene de la perpendicularidad del vector propio asociado al valor propio de mayor magnitud, extraído de la matriz hessiana valorada en el punto de la característica.

El siguiente paso es obtener la transformación de distancia en relación con el conjunto de características de línea haladas. El objetivo final de la propuesta es obtener la definición por parámetros de un conjunto de splines hermitianas cúbicas, que describan los bordes de carril presentes en la imagen, las curvas tipo spline se define a través de un conjunto de puntos de control y las direcciones de la curva en dichos puntos. El resultado de cada una de las distintas fases del algoritmo se puede apreciar en la figura 12.

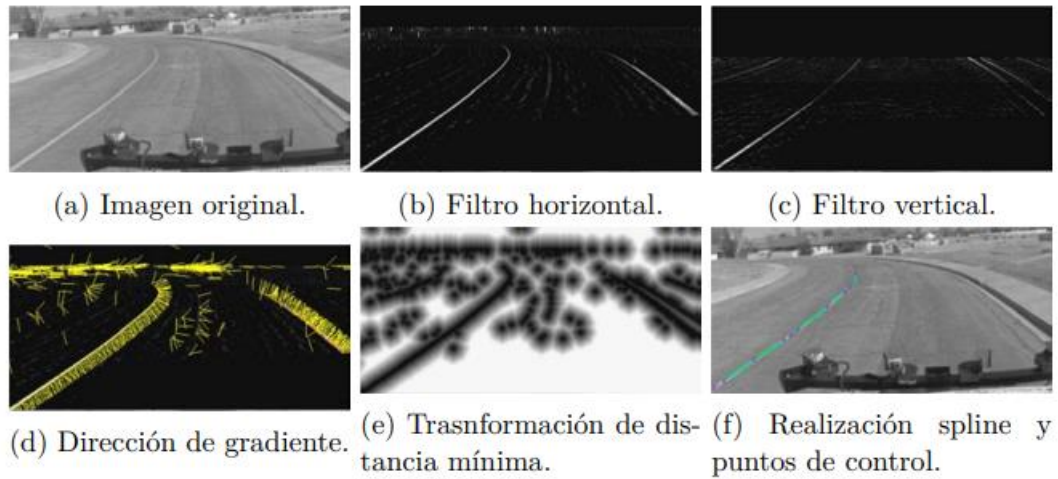


Figura 12 algoritmo para la detección de marcas viales Huang et al [55].

- Detección de marcas viales por contornos simétricos

La hipótesis de partida es que las características que se encuentran pintadas en carretera son líneas bien definidas que contrastan con el fondo donde se encuentran. La estrategia detecta en primer lugar bordes potenciales de la zona pintada en la carretera usando operaciones en el espacio del gradiente, luego se estima los centros de línea deseados, buscando por límites que encierren una región brillante, es decir, pares de borde paralelos y muy cercanos en el espacio de la imagen real y cuyos gradientes locales apunten entre sí. Cada centro, entra a formar parte de un contorno de curva. Finalmente, en una etapa de post procesamiento de los contornos hallados, primero se unen fragmentos con curvatura coherente, luego se ajustan parábolas a dichos fragmentos, dividiéndolos en puntos de alta desviación y, por último, se eliminan los fragmentos que no superen una longitud mínima.

Tabla 2 Comparación de los sistemas

Proyectos de patrón de conducción	Técnicas	Sensores
Advertencia de salida de carril (LDW por sus siglas en ingles)	Visión por computadora	<ul style="list-style-type: none"> • Cámaras
Control adaptativo de velocidad (ACC por sus siglas en ingles)	Controlador PID	<ul style="list-style-type: none"> • Sensor de radar • Odómetro • Limitador de velocidad
Navegación ALVIN	Redes neuronales	<ul style="list-style-type: none"> • Cámara • Sensor laser
GOLD	Visión por computadora	<ul style="list-style-type: none"> • Cámaras • Sensor de proximidad • GPS
VioLET	Visión por computadora	<ul style="list-style-type: none"> • Cámaras • Sensor inercial • GPS
Urban Challenge-MIT	Visión por computadora	<ul style="list-style-type: none"> • Cámaras • Sensor inercial • GPS

2.4 Conclusiones

La conducción semiautónoma y completamente autónoma aun no es posible a bajo costo y con la confiabilidad suficiente. Demostraciones como the Urban Challenge en 2006 [56] y the VisLab Intercontinental Autonomous Challenge en 2010 [57], en donde el estado de la técnica fue probado, evidenciaron problemas como la dificultad para obtener una calibración de instrumentos óptima, interferencias en las comunicaciones, dificultad para tratar con gran diversidad de escenarios y ausencia de mapas digitales en algunas zonas, entre otros aspectos, problemas que en el presente siguen solucionándose. Por tal razón, el desarrollo progresivo de los dispositivos avanzados de asistencia a la conducción, ADAS, será el camino para seguir hacia la conducción autónoma en las próximas décadas. La detección de carriles es el núcleo de la mayoría de los dispositivos ADAS comerciales. El uso de visión por computador en conjunto con posicionamiento GPS y reconstrucción tridimensional del entorno es una estrategia de percepción fiable. Así, por ejemplo, cuando se cuenta con mapas digitales, la localización precisa del vehículo es posible a través de la lectura del GPS y las mediciones tomadas con una IMU (Inertial Measurement Unit). En los casos donde no se conoce información digital del entorno, el uso de un láser permite la detección del plano de la carretera y zona transitable de manera rápida y confiable. Así mismo, de la información visual derivada de la visión estéreo, se puede inferir el movimiento del vehículo (ego-motion), la ubicación del plano de la carretera y zona transitable, al igual que de otros objetos importantes para el entendimiento de la escena, tales como las marcas viales, vehículos, peatones, etc. Por lo tanto, la suma de fuentes de información del entorno permitirá el entendimiento de la carretera del mismo modo que los seres humanos lo hacen, facilitando la tarea de planificación de trayectorias. Los algoritmos para detección de carriles incluyen cuatro etapas estándar, preprocesamiento, extracción de características de marcas viales, ajuste del modelo de los carriles e integración temporal o seguimiento de carriles, de allí el paso más importante es la extracción de características de forma robusta para detectar marcas viales en medio de sombras, cambios de iluminación y en condiciones de degradación y desvanecimiento de las líneas. En esta dirección son pocos y recientes los esfuerzos por mejorar el rendimiento de los detectores de carriles aun en este tipo de condiciones, por ejemplo, el trabajo de [58] propone el uso de filtros direccionales anisotrópicos para mejorar el rendimiento en marcas de carril de bajo contraste. En el presente trabajo se aborda el problema de detección de líneas degradadas a través de aprendizaje de máquina haciendo uso de descriptores hechos a medida y seleccionados a través de pruebas de rendimiento sobre secuencias de carretera tomadas sobre la plataforma IVVI 2.0 [59], así como también tomadas del repositorio KITTI (Karlsruhe Institute of Technology and Toyota Technological Institute at Chicago) [60]. Así mismo, recientemente las redes neuronales convolucionales o CNN (Convolutional Neural Networks), algoritmos representativos del campo de investigación denominado Deep Learning, han hecho su aparición para solucionar el problema de segmentación de objetos de forma contextual [61]. Estas arquitecturas para clasificación no solo permiten segmentar cada zona de la imagen según un patrón de referencia, sino que, tanto las características con que describe las subregiones de la imagen, como las relaciones entre cada subregión con el entorno a nivel global de la imagen, se auto configuran de forma óptima a través de un proceso de entrenamiento. Esta robustez hace posible

segmentar carreteras con líneas degradadas sin tener que diseñar descriptores únicos para cada tipo de carretera o condición de la imagen. Sin embargo, el desafío que queda por superar, es lograr que este tipo de algoritmo de clasificación sea lo suficientemente rápido sin pérdida de robustez como para que pueda ser usado en tiempo de aplicación ADAS, alrededor de 50ms o menos, tiempo suficiente como para procesar toda la información visual de una cámara estándar, 20 fps (frames per second) sin la necesidad de utilizar GPUs (graphics processing units) de última generación con los consecuentes altos costos derivados que imposibiliten llevar esta tecnología a nivel comercial en vehículos de gama media.

3. Marco Teórico

En este capítulo se realizó la investigación necesaria para implementar los algoritmos que componen el sistema de detección de la fatiga en el conductor.

3.1 Visión Artificial

Según la Asociación de Imágenes Automatizadas (AIA), “la visión artificial incluye todas aquellas aplicaciones industriales y no industriales donde una combinación de hardware y software brindan una guía operativa a dispositivos en la ejecución de sus funciones en base a la captura y el procesamiento de imágenes. A pesar de que la visión industrial por computadora utiliza muchos de los mismos algoritmos y enfoques que las aplicaciones académicas educativas y gubernamentales-militares, sus limitaciones son diferentes.” (Ambo, 2019)

En otras palabras, la visión artificial es uno de los campos que forman la inteligencia artificial que, mediante ciertas técnicas, permite la obtención y el procesamiento de cualquier tipo de información que proceda de imágenes digitales.

La visión artificial está compuesta por diversas técnicas y procesos, los cuales tiene como finalidad analizar las imágenes. Estos procesos se pueden resumir en: captación de imágenes, memorización de la información, procesamiento e interpretación de los resultados.

Actualmente, con lo desarrollada que está esta tecnología hoy en día se suele utilizar para tareas de inspección que sean repetitivas, y que hasta la fecha las habían realizado personas. También pueden desarrollar otras tareas como realizar inspecciones de objetos sin necesidad de contacto, inspeccionar la producción en su totalidad, dada su velocidad de procesamiento. Reducir el tiempo de procesos automatizados y realizar otro tipo de inspecciones son otras de los miles de tareas que podrían realizarse utilizando la visión artificial.

En la actualidad, en la industria, que es donde hay una mayor expansión de estos sistemas de visión artificial, se utilizan principalmente para:

- Inspección de objetos, como se ha remarcado anteriormente.
- Guiado de robots dada su visión de relación espacial entre los diversos objetos que encuentren.
- Determinación de coordenadas de un objeto, que va muy ligado a la aplicación interior.
- Mediciones tanto angulares como tridimensionales.

Gracias a esta tecnología se puede dar paso a otras todavía más avanzadas como puede ser el reconocimiento facial.

Podemos distinguir dos tipos de sistemas de visión artificial, la industrial y la no industrial. La diferencia principal entre estos es que en los sistemas de visión artificial industrial se requiere cierto grado de robustez, fiabilidad y estabilidad, que en los sistemas de visión artificial no industriales no se requiere. Por otro lado, se encuentra el tema económico, los sistemas de visión artificial industriales son utilizados por empresas, cuerpos militares y gobiernos y siempre tienen un precio superior a los no industriales por las diferencias mencionadas anteriormente.

Los sistemas de visión artificial dependen de sensores digitales que se encuentran protegidos dentro de cámaras industriales. Estas cámaras poseen ópticas especiales para la adquisición de imágenes en alta definición para que el ordenador pueda procesar, analizar y medir diversas características de lo que capta dicha cámara. (ETI, 2018)

3.1.1 Métodos de captación de imágenes

Todo tipo de imágenes captadas se realizan mediante técnicas digitales, hay distintos tipos de captación. Originalmente se podían encontrar diversos tipos como los siguientes:

El píxel es el primero y más básico de ellos, donde se toma una imagen y se trata como si fuera una cuadrícula. Esta cuadrícula, está compuesta por cuadros, conocidos como píxeles, y la resolución habitual para este tipo de imágenes solía ser de 512x484 píxeles, actualmente se utilizan resoluciones mucho mayores.

Otro de los tipos de captación es utilizando escala de grises, es decir, utilizando la intensidad del brillo de cada trozo de la imagen capturada cuantificándola numéricamente como tonalidad de gris, o “nivel de gris”. Por otro lado, existe también la imagen binaria, que se basa en el mismo concepto que la escala de grises, pero esta vez lo que se hace es establecer un valor umbral, donde cuando el brillo sea mayor al valor umbral se marcará como un 1, y si está por debajo se asignará el valor 0.

Otro tipo de captación es utilizar las escenas, es decir una zona de memoria donde se guardan los parámetros base, aquellos que no cambian, y que el sistema que lo analice omitirá para una mejor

inspección de los objetos en particular. Como decimos, para este método se necesita un sistema capaz de analizar la imagen que no cambia, como si fuera un patrón base.

El último tipo de captación es utilizar el método de ventana, se basa en captar únicamente el área a inspeccionar.

Para realizar el proceso de captación se sigue una secuencia de diversos pasos:

Primero de todo se realiza la captación de la imagen visual del objeto que se tiene que inspeccionar, utilizando alguno de los tipos mencionados anteriormente. Una vez hecho esto se procede a tratar las imágenes mediante un conjunto de instrucciones previamente programadas en el elemento encargado de analizar la imagen. Finalmente, y tras haber terminado el análisis de la imagen, se realiza la aplicación, o actuación, sobre el aparato, o la pieza en función del resultado obtenido.

Cabe remarcar que actualmente, y tras todos los avances de este campo, se captan las imágenes en alta definición, como por ejemplo en el algoritmo ALPR, el algoritmo que se utiliza en cámaras de vigilancia, para hospitales, empresas privadas, centros educativos o en las ciudades.

3.1.2 Cámaras

Las cámaras son el elemento principal de los métodos de captación de imágenes, su función es capturar la imagen actual, y utilizando las ópticas transferirla a un sistema electrónico.

A nivel industrial, no cualquier cámara es apta para ser utilizada en sistemas de visión artificial, estas normalmente necesitan unos requisitos mínimos como puede ser el disparo de la cámara en el instante exacto en el que visualiza la pieza en una posición determinada y prefijada. Son algo más complejas que las cámaras convencionales dado que necesitan controlar a la perfección las variables como pueden ser el tiempo, algunas señales, sensibilidad, velocidad de obturación, etc.

Podemos clasificar las cámaras en función de la disposición física, o en función de la tecnología del elemento sensor. Dependiendo de la disposición física pueden ser cámaras lineales, que son aquellas basadas en un sensor CCD (dispositivo de carga acoplada) lineal, o cámaras matriciales, que se basan en un sensor CCD matricial, permitiendo así un mejor análisis de imágenes. Un poco más adelante se hablará más detenidamente de cada tipo de cámara.

En función de la tecnología del elemento sensor pueden ser cámaras de tubo, que son las que se basan en utilizar un material fotosensible que capta la imagen, siendo leída por un haz de electrones. Por otro lado, nos encontramos las cámaras de estado sólido CCD, que son las que se basan en materiales semiconductores fotosensibles para la cual no se necesita un barrido electrónico.

En lo que a aplicaciones industriales se refiere se utiliza siempre una cámara específica para la aplicación que se esté realizando, dado que puede ser necesario que tenga una alta definición, velocidad,

sensibilidad, u otras muchas características. Por ello en función de la aplicación que se esté realizando se utilizarán unas cámaras u otras. Las cámaras lineales, construyen una imagen realizando barridos en línea, sobre el objeto, siempre desplazándose longitudinalmente sobre el mismo. Normalmente este tipo de cámaras suelen tener una calidad altísima combinada con una longitud corta, para poder realizar imágenes de una gran calidad a base de muchos recorridos lineales sobre el objeto. Para ello requiere tener una gran precisión, por lo que el hecho de que el sistema esté correctamente alineado y sincronizado es vital, dado que si no fuese así la imagen obtenida no sería tan precisa como debiera o incluso se conseguiría una representación del objeto distinta a la real.

Este tipo de cámaras están muy expandidas en las industrias donde se utilizan, o fabrican, objetos de una longitud elevada o indeterminada. La característica principal de estas cámaras es la velocidad, también conocida como tasa de captura, es decir, los píxeles que se pueden leer por unidad de tiempo. Este tipo de cámaras son las que poseen un factor de velocidad mayor que las demás, en las de última generación se ha llegado a alcanzar velocidades de 200 MHz. Otro de los tipos de cámaras extendidos a nivel industrial son las cámaras matriciales, como se ha comentado anteriormente. Estas funcionan de forma distinta a las anteriores, en este caso tenemos un sensor cubriendo un área. Esta está formada por una matriz de píxeles, y hoy tienen una alta precisión gracias a estar formadas por miles de diodos fotosensibles correctamente posicionados. Este tipo de sensores se caracterizan por tener distintos tipos de transferencia de información. Nos encontramos con tres tipos de transferencia, la interlínea, la de cuadro y la de cuadro entero. La transferencia de interlínea es la más común y se basa en registrar el desplazamiento entre líneas de un píxel para almacenarlas y finalmente transferirlas a una gran imagen. La transferencia de cuadro almacena la luz a parte del área activa, con esto se pierde velocidad de obturación, pero a su vez tiene un mejor factor de relleno. Por último, la transferencia de cuadro entero, son los más simples y básicamente emplean un registro paralelo. Con este tipo se puede alcanzar el factor de relleno deseado, es decir un porcentaje del área de pixel sensible a la luz del 100%. Finalmente nos encontramos con el último tipo de cámara, la cámara a color. Obviamente con este tipo de cámara obtenemos mucha más información que utilizando las demás cámaras que son monocromo, pero por otro lado la obtención de imágenes resulta mucho más compleja. Distinguimos dos tipos de cámaras a color en función del número de dispositivos de carga acoplada (CCD) que posean, las cámaras con 1CCD y las que tienen 3CCD. Cámara 1CCD, incorpora un sensor con filtro Bayer, es decir un filtro RGB en forma de mosaico. Gracias a este filtro, ya sea en la cámara, en un ordenador, o en cualquier otra máquina que pueda analizar la imagen, se realizaran los cálculos necesarios para obtener una señal analógica o digital en RGB a tiempo real. Por otro lado, nos encontramos con las cámaras 3CCD que incorporan tres sensores y un prisma central que hace que la luz se refleje en los tres. La luz procedente del objeto pasa por la óptica, rebota en el prisma y se divide en tres direcciones, una para cada sensor. Estos sensores funcionan como el RGB del anterior, nos encontramos con un sensor azul, uno rojo y uno verde que como ya se ha mencionado están situados en puntos precisos para que, al rebotar y dividirse la luz en el prisma, impacte en los tres formando un filtro de color. Internamente la cámara combina los colores y genera una señal RGB prácticamente idéntica a la que ve el ojo humano. Obviamente cada uno de los tipos anteriores tiene ventajas y desventajas, las cámaras 3CCD tienen una calidad de imagen muy superior, pero tienen dos

grandes desventajas, se necesita una buena iluminación para compensar el efecto de refracción de la luz producido por el prisma y el efecto de aberración cromática que se crea por la propia estructura del sistema. Todas estas desventajas se pueden resolver utilizando una óptica adecuada y de calidad e iluminando adecuadamente la zona donde la cámara tenga que trabajar. Dejando a un lado las cámaras existen otros tipos de sistemas de captura para visión artificial que se distinguen ligeramente de estas por ejemplo utilizar un sensor de visión en lugar de una cámara con un sensor fotoeléctrico, aunque tiene unas mayores limitaciones y se suele utilizar únicamente en ciertas aplicaciones como puede ser en paso-pasa. (ETI, 2018)

3.1.3 Visión por computadora

El propósito de la visión artificial es programar una computadora para que entienda una escena o las características de una imagen [62]. Con este proceso se puede obtener alguna de las siguientes aplicaciones:

- La detección, segmentación, localización y reconocimiento de ciertos objetos en imágenes (caras humanas).
- La evaluación de los resultados (segmentación, registro).
- Registro de diferentes imágenes de una misma escena u objeto, es decir, hacer concordar un mismo objeto en diversas imágenes.
- Seguimiento de un objeto en una secuencia de imágenes.
- Mapeo de una escena para generar un modelo tridimensional de la escena. (Este modelo podría ser usado por un robot para navegar por la escena)

3.1.4 Procesamiento de imagen

Consiste en la transformación de la imagen original en otra imagen en la cual hayan sido eliminados los efectos de degradación (ruido), que afectan a la fidelidad y definición de la imagen [19]. La parte de preprocesamiento se realiza con el objetivo mejorar o destacar algún elemento de las imágenes, de manera que sea posible realizar las etapas posteriores de segmentación y clasificación. En los siguientes subcapítulos se verá algunos métodos de procesamiento que se han utilizado en la visión por computadora.

3.1.5 Conversión de una imagen RGB a escala de grises

La conversión de una imagen en color a escala de grises es semejante a la luminancia de la imagen. Como sabemos el ojo percibe distintas intensidades de luz en función del color que se observe, esto es debido a la respuesta del ojo al espectro visible, por esa razón el cálculo de la escala de grises o luminancia de la imagen debe realizarse como una media ponderada de las distintas componentes de color de cada pixel. La ecuación de la luminancia (E_y) es la expresión matemática de ese fenómeno, y los factores de ponderación de cada componente de color nos indican la sensibilidad del ojo humano a las frecuencias del espectro cercanas al rojo, verde y azul [64].

$$E_y = (0.3 * R) + (0.5 * G) + (0.11 * B)$$

En donde:

R=color rojo

G=color verde

B= color azul

3.1.6 Ecualización de histograma

Esta técnica es la más utilizada para realizar las primeras aproximaciones a la resolución del problema del realce. El histograma es una representación gráfica de la distribución de los diferentes tonos de una imagen.

254	143	203	176	109	228	177	220	192	9	228	142	138	64	0	63	28	8	88	82
27	68	231	75	141	107	149	210	13	239	141	35	68	242	110	208	244	0	33	88
54	42	17	215	230	254	47	41	98	180	55	233	235	47	122	200	78	110	152	100
9	188	192	71	104	193	89	171	37	233	18	147	174	1	143	211	176	188	192	68
179	20	238	192	190	132	41	248	22	134	83	133	110	254	176	238	188	234	51	204
232	25	0	103	174	129	61	30	110	189	0	173	197	183	103	43	22	87	68	118
235	35	151	165	129	81	239	170	195	94	38	21	67	101	58	37	196	149	52	154
153	242	54	0	104	109	189	47	138	254	225	156	31	181	121	15	128	35	252	205
223	114	79	129	147	6	201	68	89	107	58	44	253	84	36	1	62	5	231	218
55	188	237	180	80	101	131	241	66	133	124	151	111	28	190	4	240	78	117	145
152	155	229	78	90	217	219	105	116	77	36	49	2	9	214	181	205	118	135	33
182	94	178	199	20	149	57	223	232	115	32	45	177	15	31	179	100	119	208	81
224	118	124	172	75	29	69	180	187	195	41	44	8	170	158	101	131	31	28	112
238	83	38	7	83	69	173	183	98	237	67	227	18	218	248	237	75	192	201	146
88	195	224	207	140	22	31	118	234	34	182	118	23	47	68	242	169	152	116	248
140	37	101	230	246	145	122	64	27	58	229	1	225	143	91	100	98	90	40	195
251	4	178	139	121	95	97	174	249	182	77	115	223	186	182	82	65	252	83	196
179	180	223	230	87	182	148	78	176	19	17	4	184	178	183	102	83	81	132	206
173	137	185	242	181	181	214	49	74	238	197	37	98	102	15	217	148	8	102	188
85	9	17	222	18	210	70	21	78	241	184	216	93	93	208	102	153	212	119	47

Figura 13 Tonos en una imagen



Figura 14 Histogramas de una imagen

La ecualización del histograma trata de repartir los píxeles, de forma que la luminancia de éstos esté más distribuida, consiguiendo, de esta forma, aumentar el contraste y distinguir mejor los distintos objetos que forman la imagen. Como defecto fundamental, la ecualización del histograma tiende a aumentar el ruido. Para exponer el ecualizado del histograma se modifica ligeramente la representación del histograma para asimilarla a la de una función de densidad de probabilidad. Para ello se precisa normalizar el histograma, de manera que los niveles de intensidad pasen a ser una variable aleatoria r que varíe entre 0 y 1, y el área del histograma normalizado sea igual a la unidad. Para conseguir esto, se normaliza el número de intensidades a valores entre 0 y 1 para normalizar se divide cada elemento del histograma por el número de píxeles de la imagen (para que su suma sea 1).

El histograma normalizado se tiene que $PR(r)$, la probabilidad de que un píxel tenga la intensidad r , se expresa como:

$$PR(r) = \frac{nr}{n}$$

Donde n es el número total de píxeles en la imagen y nr el número de píxeles con nivel de intensidad r .

La ecualización del histograma tiene como objetivo obtener un histograma uniforme, es decir, que la probabilidad de cualquier nivel de gris en la imagen sea la misma

$$S_k = T(r_k) = \sum_{j=0}^k P_R(r_j) = \sum_{j=0}^k \frac{n_j}{n}$$

La función de transformación cumple la siguiente condición

$$0 \leq T(r) \leq 1 \text{ para } 0 \leq r \leq 1$$

3.1.7 Segmentación

Segmentar una imagen digital consiste en dividirla en regiones homogéneas con respecto a una o más características. Es decir, consiste en diferenciar los diferentes objetos y donde se encuentran del fondo, que puede ser tan sencillo como complejo con el fin de facilitar un posterior análisis o reconocimiento automático. Localizar la cara de una persona dentro de la imagen de una fotografía o encontrar los límites de una palabra dentro de una imagen de un texto, constituyen ejemplos de problemas de segmentación. A pesar de que existen diferentes enfoques para realizar la segmentación en la práctica se demuestra que la segmentación no tiene reglas estrictas a seguir, y dependiendo del problema en cuestión, puede ser necesario idear técnicas a medida [65]. El resultado de la segmentación produce otra imagen en la que cada pixel tiene asociada una etiqueta distintiva del objeto al que pertenece. Los diferentes objetos que aparecen en una imagen pueden ser localizados atendiendo a aspectos como: sus contornos o su textura, como se muestra en la figura 15.

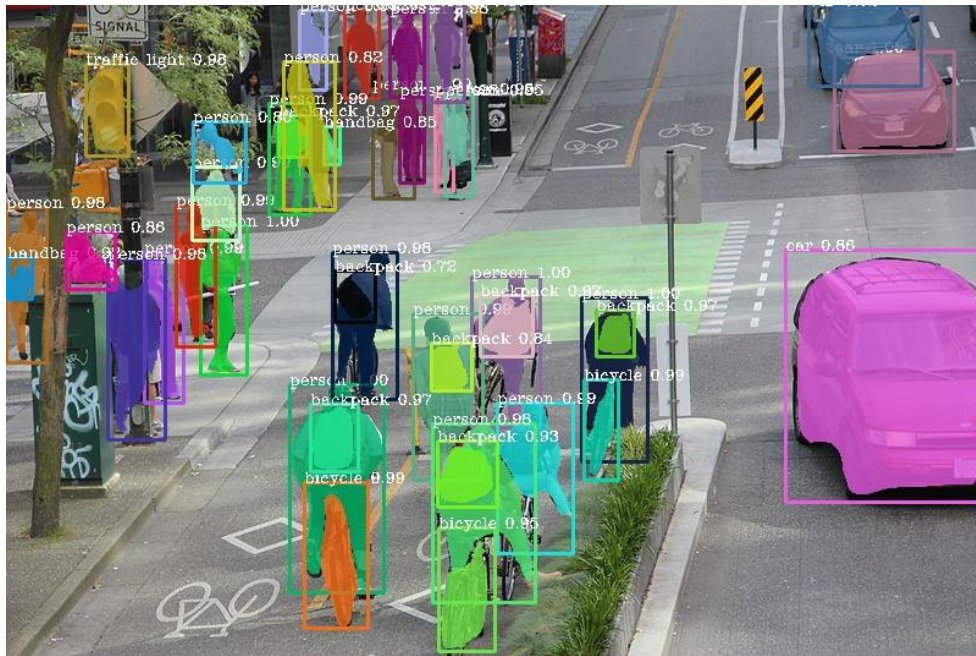


Figura 15 Segmentación de una imagen utilizando diferentes colores [Image Segmentation With 5 Lines Of Code / by Ayoola Olafenwa (she/her) | Towards Data Science]

3.1.8 Algoritmo de Viola & Jones

Paúl Viola y Michael J. Jones desarrollaron un algoritmo que tiene un bajo costo computacional, permite que sea empleado en tiempo real. Su desarrollo fue motivado por el problema de la detección de rostros, este método se sigue utilizando ampliamente, pero puede aplicarse a otras clases de objeto que, como los rostros, estén caracterizados por patrones típico de iluminación. El algoritmo se basa en la comparación entre las intensidades luminosas de regiones rectangulares de las imágenes denominadas características HAAR-LIKE, el cual se ve en el siguiente subcapítulo.

Estas características tipo Haar se definen sobre regiones rectangulares de una imagen en escala de grises, como se muestra en la figura 16. Una característica está formada por un número finito de rectángulos y su valor escalar consistirá la sumar de los píxeles de cada rectángulo sumados aplicando un cierto factor de peso[56].

$$característica = \sum_{i=1}^N w_i \cdot suma_rectangul(r_i)$$

Donde {r1, ..., rN} son los rectángulos que forman la característica y wi el peso de cada uno.

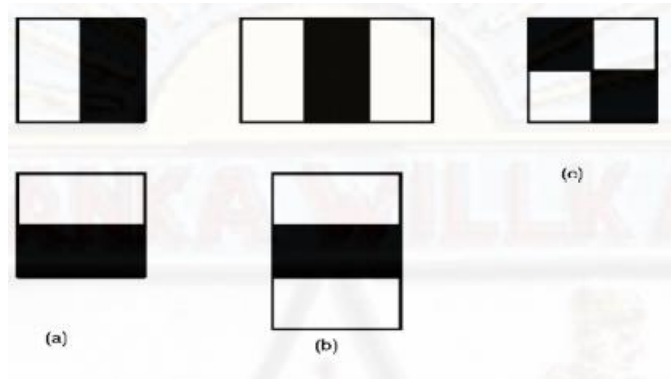


Figura 16 Características tipo Haar. (a) Las de Bordes, (b) las de líneas, (c) las de forma X

El valor de una característica se obtiene sumando todos los píxeles del rectángulo blanco y restándose todos los píxeles del rectángulo negro. Por ejemplo, la característica central de 3 rectángulos trataría de representar que en general la región de los ojos es más oscura que las regiones de alrededor. Como se ve en la figura 17 [56].

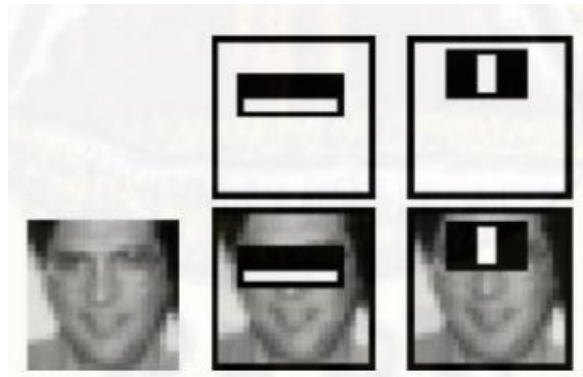


Figura 17 Cascada de detectores de Viola & Jones[56]

3.1.9 Conclusiones

En este capítulo se han descrito algunas técnicas que se han utilizado para analizar la fatiga del conductor, se ha dividido en tres grupos: el primero es un método basado en patrones de conducción, el segundo grupo es el análisis de los ojos y expresiones faciales utilizando la Visión por computadora y por último el análisis de las señales fisiológicas. Cada uno de estos grupos utilizan diferentes tecnologías para atacar el mismo problema que es la fatiga del conductor y se complementan para obtener el resultado deseado. En base a el estado del arte investigado propondremos en la sección de “Diseño” el sistema para la realización del problema de la detección de fatiga del conductor y evitar accidentes.

4. Diseño

En este capítulo, se presenta la metodología utilizada en el proceso de diseño del sistema, se explica detalladamente cada uno de los pasos que se siguieron para su realización , incluye también la relación con las partes que conforman el documento de la tesis. Por lo tanto, en este capítulo se incluye el concepto de diseño, el diseño de sistema y el diseño a detalle.

4.1 Metodología de diseño

Definido el objetivo de este capítulo procederemos a realizar el proceso de diseño, el cual está estructurado en una serie de 10 pasos que se enumeran a continuación:

1. Definición del problema
2. Identificación de necesidades
3. Estado del arte y marco teórico
4. Requerimientos y restricciones de diseño
5. Desarrollo de concepto
6. Diseño a nivel sistema
7. Diseño a detalle
8. Pruebas y verificación
9. Resultados

El proceso se inicia con los puntos 1 y 2 en donde se estableció el problema a resolver y a identificar las necesidades generales y particulares de este. Posteriormente, pasaremos a el paso 3 en donde se realizó una investigación preliminar con el fin de obtener información requerida que define y permite comprender por completo el problema a resolver.

El paso 4 consistió en recopilar los requerimientos y especificaciones de funcionamiento, las cuales delimitaron el problema y el alcance; estas especificaciones están divididas en dos tipos: especificaciones objetivo y especificaciones finales. En el paso 5, se realiza la selección del concepto, en el cual se sintetizaron y analizaron todos los enfoques de diseño alternativos para solucionar el problema y así seleccionar una solución viable. Siguiendo con el paso 6, se realizó el diseño a nivel de sistema, en donde el sistema técnico fue analizado mediante bloques funcionales. Posteriormente, se pasó a la realización de cada una de las partes que conforman el sistema y fueron desarrolladas en detalle en el paso 7. El proceso de diseño termina con las pruebas y simulaciones en el paso 8. Por último, en el paso 9, se realizará las conclusiones de la tesis.

En el presente trabajo se han realizado diferentes capítulos, en la tabla 3 se presenta en forma clara la división del proceso de diseño completo.

Tabla 3 División del proceso de diseño

Número	Fases	Etapas
1	Definición del problema	Etapa de definición
2	Identificación de necesidades	
3	Estado del arte y marco teórico	
4	Metas	
5	Requerimientos	Etapa de diseño preliminar
6	Desarrollo de concepto	
7	Análisis y Síntesis	
8	Diseño a nivel sistema	
9	Especificaciones	
10	Modelos Matemáticos	Etapa de diseño detallado
11	Diagramas de bloques	
12	Programación	
13	Simulaciones	
14	Pruebas	
15	Verificación	
16	Elaboración de diagramas	
17	Resultados	Etapa de documentación

4.1.1 Etapas de diseño

Las etapas que conforman la metodología de diseño también conforman el esqueleto de este trabajo, el cual está dividido en cuatro partes; en los siguientes puntos se explica a detalle las etapas de diseño que conforman las partes del trabajo.

Etapa de definición: Esta etapa contiene la parte de introducción, definición del problema, necesidades, estado del arte, marco teoría y las metas.

Etapa de diseño preliminar: Esta etapa contiene las partes de Requerimientos, desarrollo de concepto, análisis y síntesis, diseño a nivel sistema y especificaciones.

Etapa de diseño detallado: Esta etapa contiene las partes de diagrama de bloques, programación, simulaciones, pruebas y verificación.

Etapa de documentación: Esta etapa contiene las partes de elaboración de diagramas y resultado. También se incluyen las partes de anexo y apéndices que contiene diagramas y hojas de datos.

4.2 Desarrollo de concepto

El concepto del sistema parte del planteamiento de la meta del trabajo que fue el diseño y desarrollo de un dispositivo de geolocalización, telemetría y monitoreo de fatiga del conductor.

El sistema consiste en estar monitoreando al conductor, de tal manera que si se detecta que el conductor empieza con síntomas de fatiga se le mandará una señal sonora y visual para intentar que reponga su concentración y prevenir accidentes, si en dado caso el conductor no hace caso a las señales de alertas, se procederá al corte de gasolina del carro, de tal motivo no podrá utilizar el carro hasta que se encuentra en un estado de alerta nuevamente, para realizar la detección de cansancio es necesario de una cámara con una unidad de control, este conjunto nos ayudará a capturar el rostro del conductor por medio de una fotografía o video, posteriormente se necesita pasar por un procesamiento de imagen por computadora que se encargue de realizar la detección de la fatiga por medio de diferentes algoritmos, algunos de estos algoritmos se mostraron en el estado del arte y en el marco teórico de este proyecto de investigación. Una vez obtenida la información requerida se mandará un sistema que se encargue de mostrar señales visuales y sonoras para que el conductor se despierta, en el subcapítulo 4.3 se mostrará las características técnicas del sistema y en el capítulo 5 se mostrara el diseño a detalle del sistema. subcapítulo 4.1.

También el sistema contará de un sistema de supervisión de conducción con el fin de complementar el diagnóstico de la fatiga del conductor, este sistema está conformado por varios elementos como sensores inerciales para verificar si el carro sigue una trayectoria recta o se va moviendo de forma caótica y dispositivos de geolocalización , se utiliza una cámara para hacer un seguimiento de la línea del camino, cuando se detecta que el automóvil invade el carril de modo inusual, se mandará una alerta avisándole al conductor que está invadiendo el carril, si en caso que el chofer no responde se procederá a desactivar la bomba de gasolina de tal manera el automóvil se detendrá poco a poco.

En la última parte del sistema se tendrá una supervisión del automóvil en todo momento el cual proporcionará su estado en tiempo real para poder tener una base de datos y tener un registro de conducción.

4.2.1 Requerimientos

En este capítulo se presentan los requerimientos y restricciones para el diseño del sistema de detección de la fatiga del conductor y supervisión del carro aplicando el Internet de las Cosas (SDFSLOT), estos fueron establecidos a partir de una lista general de necesidades conforme en base en la meta del proyecto. El final de este capítulo termina con la tabla de especificaciones de objetivos para diseñar el sistema.

Como primer paso pasaremos a las necesidades a cumplir en nuestro sistema, el cual tiene que cumplir con los siguientes puntos:

1. Capacidad de detectar las líneas de la carretera
2. Capacidad para detectar si el carro se sale de la línea
3. Detectar el cansancio del conductor de una forma no invasiva
4. Mostrar alertas sonoras y visuales para avisarle al conductor que está cansado
5. Proporcionar alertas al conductor y al centro de auxilio en tiempo real

Requerimientos de diseño

Los requerimientos son clasificados en tres campos: requerimientos generales, funcionales y requerimiento de desempeño. Los requerimientos se muestran en las tablas 4,5,6 y 7.

Tabla 4 Necesidades

# de necesidad	Módulo	Necesidad	Importancia
1	SDFSLOT	Pequeño y compacto	4
2	SDFSLOT	Ligero	4
3	SDFSLOT	Mantener monitoreado al conductor el mayor tiempo posible	5
4	SDFSLOT	Mandar alertas cuando detecte que el conductor esté cansado	5
5	SDFSLOT	Detectar líneas de la carretera	5
6	SDFSLOT	contar con sistemas para rastrear el carro	5
7	SDFSLOT	Proporcionar alertas sonoras al conductor	5

Tabla 5 Requerimientos generales

Código	Descripción
SDFSLOT.R.01	Alto desempeño
SDFSLOT.R.02	Protección de sobrecargas eléctricas
SDFSLOT.R.03	Bajo consumo de energía
SDFSLOT.R.04	Tecnología de última generación
SDFSLOT.R.05	Tiene que ser escalable

Tabla 6 Requerimientos funcionales

Código	Descripción
SDFSLOT.F.01	Alto desempeño
SDFSLOT.F.02	Protección de sobrecargas
SDFSLOT.F.03	Tecnología de última generación
SDFSLOT.F.04	Baja demanda de corriente
SDFSLOT.F.05	Dispositivos para mostrar alertas visuales o sonoras

Tabla 7 Requerimientos de desempeño

Código	Descripción
SDFSLOT.D.01	Alta eficiencia
SDFSLOT.D.02	Bajo ruido
SDFSLOT.D.03	Comunicación inalámbrica
SDFSLOT.D.04	Alta eficiencia

Conforme a los requerimientos y necesidades del sistema se procederá a la realización del diseño a nivel sistema en el cual tendrá los diagramas, diseños de conceptos, arquitecturas y todo lo necesario para realizar con éxito la implementación del sistema SDFSLOT.

4.3 Diseño a nivel de sistema

En este capítulo se presentará el diseño a nivel sistema del SDFSLOT. A partir del objetivo de nuestro proyecto, y fundamentado en la investigación del estado del arte realizada se presenta el diagrama funcional a bloques del sistema en la Figura 18.

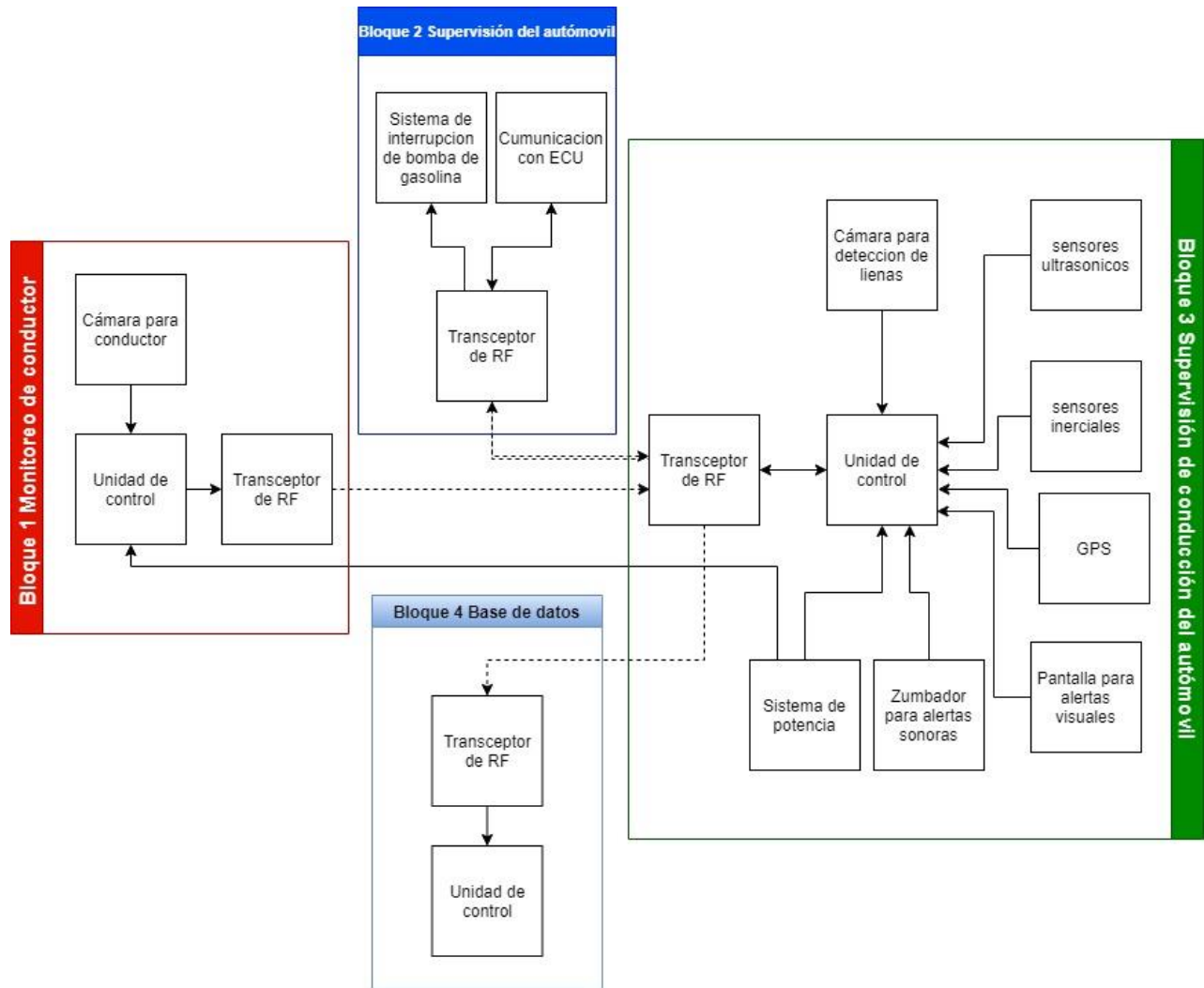


Figura 18 Diagrama de bloques del sistema

Explicación de cada bloque

Bloque 1. Monitoreo del conductor: Este primer bloque se encarga del monitoreo y supervisión de la fatiga del conductor, para esto se utilizará una cámara que se colocará enfrente del conductor y por medio de procesamiento digital de imagen se procederá a realizar el reconocimiento por medio de algoritmos que se enfocaran a la detección del cansancio, posteriormente llevará un conteo de cuantas veces a parpadeado y bostezado, de esta manera cuando se encuentre alguna alteración se enviara un mensaje de alerta al bloque 3 que se describirá más adelante. El funcionamiento, algoritmos y parámetros técnicos se mostraron en el capítulo 3.1.

Bloque 2. Supervisión del auto: En este bloque se encargará de realizar la comunicación con la computadora del vehículo, de tal manera se obtendrán valores como el estado de la batería, las revoluciones por minutos, si está encendido o no el vehículo y cuando se apague, la información proporcionada por la computadora del carro (ECU) se enviara por medio de Bluetooth Low Energy al bloque 3, también se contara con un dispositivo que se encargara de recibir comandos por medio de Bluetooth Low Energy para activar y desactivar la bomba de gasolina en caso de que el conductor no haga caso a las señales sonora y visuales. Las especificaciones técnicas y parámetros se vieron en el capítulo 3.2.

Bloque 3. Supervisión de conducción del carro: En este bloque se realizara todo el proceso de recepción de información de los bloques 1 y 2, y se encargará de la supervisión del estado de la conducción, el cual estará utilizando una cámara frontal que se encargara de analizar las líneas d la carretera y cuidar que no se salga de la línea, también tendrá sensores ultrasónicos que se encargaran de medir la distancia de los carros y en caso que se encuentren que el vehículo pase la distancia de seguridad se procederá a mandar una señal para desactivar la bomba de gasolina que se encuentra en ubicado en el bloque 2, también contara con un sensor inercial con la finalidad de dar mayor precisión a la determinación de la posición y velocidad del vehículo; se complementara la información del posicionamiento por medio de un módulo GPS, de esta manera se tendrá la ubicación del vehículo para dar un resultado más preciso, por último se tendrá de unos dispositivos electrónicos que se encargaran de alertar al conductor para que despierte, estos dispositivos son un zumbador o una bocina y de una pantalla para mostrarle que está cansado y tiene que detenerse, de esta manera se pretende evitar accidente en las carreteras. Las especificaciones técnicas y parámetros se vieron en el capítulo 3.3.

Bloque 4. Base de datos: En este último bloque se encargará de recibir toda la información de los bloques anteriores, de igual manera se tendrá un registro de cuantas vece se ha quedado el conductor dormido o con fatiga y también las veces que el conductor se sale del camino.

4.3.1 Bloque 1. “Monitoreo del conductor”

En este punto se analizarán los requerimientos y necesidades del primer bloque, que es el correspondiente al monitoreo del conductor, como se mencionó anteriormente, el funcionamiento principal de este bloque es la detección del parpadeo y el monitoreo de los bostezos del conductor, para realizar esto es necesario contar con un dispositivo que pueda capturar una imagen, después de haber realizado la captura de imagen se hará un procesamiento digital con la imagen obtenida, para enfocarnos a la detección de los ojos, cara y la inclinación del rostro, es necesario utilizar algunos algoritmos de procesamiento digital, con base en el estado del arte se destaca el algoritmo de *Haar Like*, el algoritmo que se utiliza es el más utilizado para la detección de regiones en específico en una imagen obtenida por medio de visión por computadora, el algoritmo se utilizará en esta investigación para detectar los ojos, la boca y la inclinación de la cabeza, una vez realizado la detección del área en interés se realizará un conteo para detectar cuantas veces bosteza el conductor, también cuantas veces pestañea y por ultimo las veces que cabecea, cuando se detecte que el conductor presenta alguna alteración en el porcentaje de apertura vertical de la boca(PERLVO), velocidad promedio del cierre y apertura de los parpados(AECS) y/o la proporción del tiempo que el individuo mantiene la cabeza inclinada(PERTITL) se procederá a mandar la alertas al bloque 3 que se encargará de la parte de alertas visuales y sonoras.

Pasaremos a los requerimientos de este primer bloque.

1. Deberá de tener una cámara con una capacidad para obtener la imagen del conductor
2. Deberá de contar con la capacidad de realizar procesamiento de imagen utilizando el método de Viola Jones
3. Debe tener conectividad bluetooth 4.2
4. Deberá de tener dispositivos de comunicación inalámbricas para enviar información y recibir información
5. Deberá tener un sistema de potencia de alta eficiencia para alimentar el módulo
6. El tamaño de este bloque no tiene que pasar más de los 15 x 15 x 15 cm.

En la figura 19 se muestra como está dividido el primer bloque, a partir dl diagrama se definirán las especificaciones de entrada-salida y desempeño de cada división.

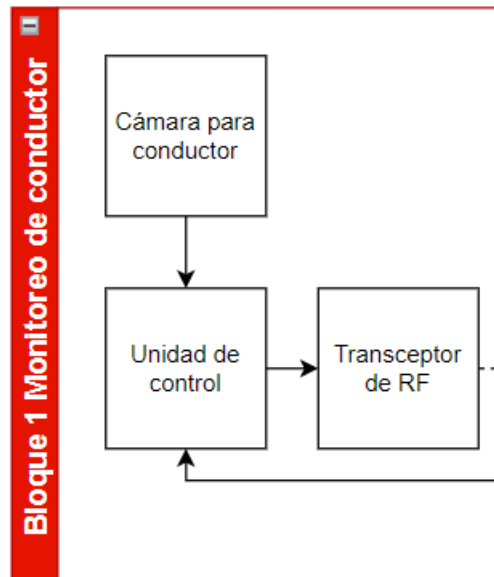


Figura 19 Subsistemas del bloque 1

Como se puede observar el primer bloque está conformado por una cámara, una unidad de control y un transceptor de RF. Posteriormente de haber analizado la composición del bloque procederemos a realizar una serie de tablas en las cuales nos proporcionará las especificaciones de este primer bloque, requerimientos funcionales y requerimientos de desempeño, posteriormente se hará una tabla de requerimientos de objetivo de cada elemento que cuenta este bloque 1.

Con toda la información obtenida en este subcapítulo se procederá a la determinación de especificaciones en los subsistemas del bloque 1.

4.3.1.1 Cámara para el conductor

En este subcapítulo se mostrará toda la información requerida para la determinación de las especificaciones de la interfaz de la cámara que se encargará de monitorear el estado del conductor. La información que mostrará a continuación se basa en el estado del arte presentada en el capítulo 2, con esa investigación se plantean las características del subsistema y se procede a realizar una tabla de especificaciones objetivo.

La cámara que se encargará del monitoreo del cansancio del conductor debe de cumplir con las siguientes características de acuerdo con las especificaciones del algoritmo Haar Like.

1. Tiene que proporcionar las imágenes en calidad de 2 Mpixeles como mínimo
2. Debe de ser de bajo consumo
3. Capacidad de capturar videos
4. Debe de tener un microcontrolador embebido
5. Tamaño de imágenes de salida UXGA, SXGA,S
6. Formatos que se pueden guardar la imagen son JPEG, BMP, GRAYSCALE

Después de haber realizado la lista de especificaciones del subsistema pasaremos a realizar una tabla de especificaciones de este módulo ver tabla 8.

Tabla 8 Especificaciones objetivo

Núm.	Núm. de necesi.	Métrica	Unid	Valor Marginal	Valor Ideal
1	4	Voltaje de operación	[V]	+/- 0.5	3
2	5	Potencia	[W]	+/- 5	140
3	5	Imagen de transferencia	[fps]	15	60
4	5	Temperatura	[°C]	>0, <50	40
5	5	Corriente de espera	[uA]	*/- 100	600
6	5	Tamaño	[um]	+/- 1	2.2
7	5	Resolución de UXGA	[Mega Pixeles]	>2	2
8	5	Full-frame	[bits]	>8 y <10	10

Con toda la información obtenida en este subcapítulo podremos seleccionar la cámara para el desarrollo del proyecto de tesis, la parte de implementación y desarrollo se mostrará en capítulos más adelante.

4.3.1.2 Unidad de control

la unidad de control debe tener una capacidad de realizar operaciones de procesamiento de imagen, en específico tiene que ser capaz de soportar algoritmos de procesamiento de imagen como el de Haar Like (Viola Jones), tiene que tener la capacidad para almacenar las imágenes capturadas de la cámara en una memoria SD, debe tener la capacidad para soportar redes de comunicación inalámbricas, pueden ser Wifi, Bluetooth o ambas tecnologías, debe contar con puertos UARTS para comunicarse con dispositivos BLE y tienen que ser de bajo consumo. La información que mostrará a continuación se basa en el estado del arte que se vio en capítulos anteriores, con esa investigación se plantean las características del subsistema y se procede a realizar una tabla de especificaciones objetivo.

La unidad de control deberá cubrir las siguientes necesidades:

1. Debe de tener la capacidad de obtener las imágenes ocupando el método de Haar like
2. Utilizar un microprocesador que sea capaz de realizar múltiples tareas
3. El tamaño de palabra del procesador recomendado en el estado del arte debe ser mínimo de 32 bits
4. Debe de ser de bajo consumo
5. Debe de ser escalable
6. Debe tener la capacidad de conectarse con redes inalámbricas como bluetooth y wifi
7. Debe ser compatible con cámaras OV2640 y OV7670

Pasaremos a las especificaciones objetivo, en esta parte se mostrarán todas las métricas que se requieren para la parte de la unidad de control, en la tabla 9 se muestra todos los valores.

Tabla 9 Especificaciones objetivo

Núm.	Núm. de necesi.	Métrica	Unid	Valor Marginal	Valor Ideal
1	5	Tamaño de palabra de la unidad de control	[bits]		32
2	5	Memoria RAM	[KB]	>520	520
3	5	Velocidad de procesamiento	[MHz]	>504	504
4	5	Memoria ROM	[KB]	>448	448
5	5	Osciladores de cristal externo	[MHz]	>2, <60	2, 60
6	5	Voltaje de entrada	[V]	+/-1	5
7	5	Temperatura de operación	[°C]	>-20, <85	0-50

Con toda la información obtenida en este subcapítulo se procederá a la realización de la selección de los componentes electrónicos que cumpla con estas características y se procederá a la realización del diseño a detalle.

4.3.1.3 Comunicación inalámbrica

En este capítulo se realizará el diseño del módulo de transmisión inalámbrica de acuerdo con los requerimientos del sistema, se necesita un módulo inalámbrico que sea de bajo consumo, que tenga comunicación UART y que cumpla con el estándar 802.11 b/g/n, con estos requerimientos procedemos a determinar las especificaciones de un módulo.

El subsistema de comunicaciones debe cubrir las siguientes necesidades:

1. Realizar un sistema que no afecte el rendimiento eléctrico y el funcionamiento electrónico del automóvil.
2. Contar con el estándar de comunicación 802.11 b/g/n
3. Debe de tener protección de corto circuito
4. El dispositivo deberá ser escalable
5. Contar con comunicación bluetooth de bajo consumo
6. contar con aislamiento electromagnético

Pasaremos a las especificaciones objetivo, en esta parte se mostrarán todas las métricas que se requieren para la parte de comunicaciones inalámbricas, en la Tabla 10 se muestra todos los valores.

Tabla 10 Especificaciones de objetivo

Núm.	Núm. de necesi.	Métrica	Unid	Valor Marginal	Valor Ideal
1	4	Voltaje de entrada	[V]	+/- 0.5	5
2	5	Potencia de consumo	[W]	+/- 5	1.55
3	5	Banda de transmisión	[GHz]	>2.5	2.5
4	5	Velocidad de transferencia WiFi	[Mbps]	>150	150
5	5	Temperatura	[°C]	+/- 10	-20 a 85
6	5	Ganancia Wifi	[dBm]	<-90	-90
7	5	Velocidad de transferencia del Bluetooth	[Mbps }]	>4	4

Con toda la información obtenida en este subcapítulo se procederá a la realización de la selección de los componentes electrónicos que cumpla con estas características y se procederá a la realización del diseño a detalle.

4.3.2 Bloque 2 “Supervisión del automóvil”

En este punto se analizarán los requerimientos y necesidades del segundo bloque correspondiente al sistema de supervisión del automóvil, este sistema se encargará de supervisar el estado del automóvil.

A partir de investigación del estado del arte es evidente que para la realización de este bloque se deben utilizar los protocolos de comunicación OBDII, mediante los cuales podremos obtener valores de telemetría del automóvil tales como la temperatura del motor, las revoluciones por minuto, el voltaje de la batería, verificar si este encendido o no el motor. Con esta información podremos ver cuando si el automóvil está acelerando de más y complementado con la detección de la fatiga podremos a realizar el corte de la bomba de gasolina, al realizar este proceso el automóvil ya no recibirá gasolina a su motor , al no recibir gasolina el motor ya no realizará el proceso de combustión que hace que los pistones se muevan y que el automóvil se mueva, al realizar esto el automóvil bajará la velocidad inercialmente hasta que su velocidad llegue a 0 km/h, también se puede utilizar este método para evitar que el carro lo roben o que lo usen si el conductor está cansado antes de manejar, esta acción solo se efectuará cuando el conductor no haga caso de las alertas sonoras y visuales que se realizaran en el bloque 3.

A continuación, se muestra la lista de necesidades que debe cubrir el bloque 2:

1. Tener comunicación OBDII (ISO 15765-4, ISO 9141-2, ISO 14230-4)
2. Tener comunicación RS232
3. Tener comunicación J1850
4. Mandar la información obtenida por medio de Bluetooth
5. Tiene que ser de bajo consumo
6. Portable
7. Escalable
8. Eficiente
9. Deberá de tener un sistema para interrumpir la bomba de gasolina.
10. Debe tener conexión bluetooth Low Energy.
11. Deberá tener un relevador para cortar la corriente.

En la Figura 20 se muestra la división del bloque dos, a partir de este diagrama determinaremos sus especificaciones de diseño.

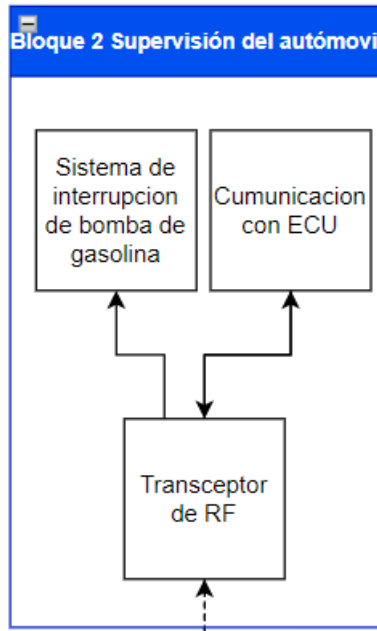


Figura 20 Subsistemas del Bloque 2

También se procede a realizar una serie de tablas en las cuales nos proporcionará las necesidades que debe tener en el bloque 2 como también los requerimientos generales, requerimientos funcionales y requerimientos de desempeño, posteriormente se hará una tabla de requerimientos de objetivo de cada elemento que cuenta este bloque.

En la tabla 11 se muestra las necesidades que debe cubrir el Bloque 2.

Tabla 11 Tabla de necesidades

Número	Área	Necesidad	Imp.
1	Electrónica	Supervisión el estado del automóvil	5
2	Software	Mandar la información por medio de Bluetooth	5
3	Software	Guardar y enviar la información por medio de BLE	5
4	Electrónica	Debe de tener una unidad de control	5
5	Electrónica	Bajo consumo	5
6	Electrónica	Alimentación de voltaje 5 V	5
7	Electrónica	Escalable	5
8	Electrónica	Interrumpir el paso de corriente	5
9	Electrónica	Mandar la información por medio de Bluetooth	5
10	Software	Guardar y enviar la información por medio de BLE	5

En los siguientes puntos se determinan las especificaciones de cada bloque que conforma el sistema de comunicación con el automóvil.

4.3.2.1 Comunicación con la computadora del automóvil

En este capítulo se mostrarán las características principales del sistema de comunicación con la computadora del automóvil, este sistema se encargará de obtener la información necesaria del automóvil como las revoluciones por minuto, la temperatura del motor, el voltaje de la batería, la corriente y el estado del automóvil si está encendido o apagado, para la realización de la comunicación se utilizará un dispositivo electrónico que pueda comunicarse a la computadora del automóvil por medio del protocolo OBDII. En el capítulo anterior se dio una lista de necesidades del bloque dos por lo que pasaremos a realizar una tabla con las necesidades de esta etapa. La información que mostrará a continuación se basa en el estado del arte que se vio en el estado del arte, con esa investigación se plantean las características del subsistema y se procede a realizar una tabla de especificaciones objetivo.

En la tabla 12 se muestran las especificaciones objetivo del sistema, están descritos algunos parámetros como el voltaje, la corriente, entre otras características importantes para la selección de los componentes del subsistema.

Tabla 12 Especificaciones del sistema

Núm.	Núm. de necesi.	Métrica	Unid	Valor Marginal	Valor Ideal
1	4	Corriente	[mA]	+/- 5	12
2	5	Velocidad de transmisión	[Kbps]	>250	500
3	5	Transmisión de datos	[bit]	+/- 29	29
4	5	Voltaje de entrada	[V]	+/- 0.5	5
5	5	Temperatura	[°C]	>-40, >85	-10 hasta 40

Con toda la información obtenida en este subcapítulo se procederá a la realización de la selección de los componentes electrónicos que cumpla con estas características y se procederá a la realización del diseño a detalle.

4.3.2.2 Interruptor de bomba de gasolina

En este capítulo se mencionará las características principales del sistema de interrupción de bomba de gasolina, este sistema nos permitirá interrumpir el paso de gasolina al motor de tal manera podremos tener un control cuando se detecte alteraciones en el conductor, si se encuentra alguna alteración y el carro está en movimiento, se puede desconectar la bomba de gasolina haciendo que el auto vaya disminuyendo su velocidad de forma inercial, la lista de necesidades se mostraron al inicio de este capítulo

porque procederemos a realizar una serie de tablas para describir las necesidades de este sistema. La información que mostrará a continuación se basa en el estado del arte que se vio en capítulos anteriores, con esa investigación se plantean las características del subsistema y se procede a realizar una tabla de especificaciones objetivo.

Se enlistará las necesidades que debe cubrir el sistema

1. Interrumpir el paso de corriente
2. Mandar la información por medio de bluetooth de bajo consumo
3. Guardar y enviar en memoria
4. Debe tener una unidad de control
5. Debe ser de bajo consumo
6. Deberá de alimentarse con un voltaje de 5 V
7. Debe ser escalable

En la tabla 13 se muestran las especificaciones objetivo del subsistema, están descritos algunos parámetros como el voltaje, la corriente, entre otras características importantes para la selección de los componentes del sistema del automóvil.

Tabla 13 Especificaciones objetivo

Núm.	Núm. de necesi.	Métrica	Unid	Valor Marginal	Valor Ideal
1	4	Entradas digitales	-	-	I/O
2	5	Voltaje relevador	[V]	>30, <250	30-250
3	5	Corriente del relevador	[A]	+/- 5	10
4	5	Voltaje de entrada	[V]	+/- 0.5	5
5	5	Temperatura	[°C]	>-40, >85	-10 hasta 40
6	5	Corriente de entrada	[mA]	>70, <90	90
7	5	Palabra de microcontrolador	[bits]	-	32

Con toda la información obtenida en este subcapítulo se procederá a la realización de la selección de los componentes electrónicos que cumpla con estas características y se procederá a la realización del diseño a detalle.

4.3.2.3 Comunicación inalámbrica

Para la parte de comunicación inalámbrica se necesita enviar información obtenida de cámara cada 5ms por medio de WiFi, la cantidad de datos que debe de transmitir por lo menos debe de ser de 1472 bytes, esto dependerá de la resolución de las imágenes, deberá trabajar en una banda de 2.4 GHz, debe tener comunicación bluetooth de bajo consumo, deberá de cumplir con el estándar 802.11 b/g/n. La información que mostrará a continuación se basa en la investigación del estado del arte y se procede a realizar una tabla de especificaciones objetivo. El sistema de comunicación inalámbrica debe tener las siguientes características

1. Debe mandar información por medio de un dispositivo *Bluetooth Low Energy*
2. EL voltaje de entrada debe ser de 5 V
3. La corriente debe ser de bajo consumo
4. La temperatura debe de estar entre los -20°C y 85°C

Por último, pasaremos a las especificaciones objetivo, en esta parte se mostrarán todas las métricas que se requieren para la parte de comunicaciones inalámbricas, en la tabla 14 se muestra todos los valores.

Tabla 14 Especificaciones de objetivo

Núm.	Núm. de necesi.	Métrica	Imp	Unid	Valor Marginal	Valor Ideal
1	4	Voltaje de entrada		[V]	+/- 0.5	5
2	5	Potencia		[W]	+/- 5	1.55
3	5	Temperatura		[°C]	+/- 10	-20 a 85
4	5	Velocidad de transferencia del Bluetooth		[Mbps]	>4	4

Con toda la información obtenida en este subcapítulo se procederá a la realización de la selección de los componentes electrónicos que cumpla con estas características y se procederá a la realización del diseño a detalle.

4.3.3 Bloque 3 “Supervisión de conducción del automóvil”

En este subcapítulo se mostrará toda la información requerida para la planeación, desarrollo, diseño e implementación del sistema de supervisión conducción del automóvil, este sistema se encargará de supervisar el estado de conducción del carro utilizando diferentes dispositivos electrónicos que nos brindarán información del estado del conducción del vehículo, se utilizará un sensor inercial para detectar si el automóvil va en línea recta o en zigzag, esto nos ayudará a verificar si el conductor está manejando cansado, también contara con un dispositivo de geolocalización para determinar la trayectoria del automóvil y dar su posición en dado caso que se presente alguna alteración en el recorrido del automóvil, el sistema debe contar con alertas visuales y sonoras las cuales tendrán que avisar al conductor cuando se encentren que el conductor esté cansado, también deberá tener una cámara que se encargue de la supervisión de las líneas de carreteras, deberá tener un sensor ultrasónico el cual nos permitirá detectar si un automóvil se encuentra de 1.5 m o menos, si se detecta que está en esta distancia se procederá a mandar alertas al conductor, deberá tener un microprocesador que sea capaz de realizar un procesamiento de visión por computadoras para la detección de líneas, también debe ser capaz de mandar, procesar y mandar información de los datos obtenidos, cada uno de los dispositivos que se utilizarán para este proyecto se mencionarán en los siguientes subcapítulos, en cada uno de los subcapítulos se mostrarán las especificaciones objetivos de cada subsistema del bloque 3. En la Figura 21 se muestra como está conformado el Bloque 3.

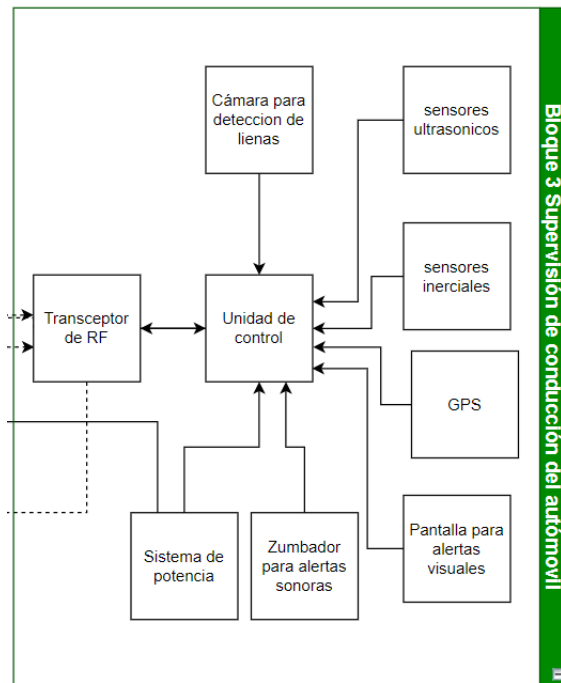


Figura 21 subsistemas del bloque 3

Se presenta una tabla con las necesidades que cubrirá el bloque 3. En la tabla 15 se muestra las necesidades que cubrirá el bloque.

Tabla 15 Tabla de necesidades

Número	Área	Necesidad	Imp.
1	Electrónica	Escalable	5
2	Electrónica	Bajo consumo	5
3	Electrónica	Unidad de control	5
4	Electrónica	Eficiente	5
5	Electrónica	Capacidad para procesar las imágenes por computadora	5
7	Electrónica	Debe de tener la capacidad de transmitir información por medio de comunicaciones inalámbricas	5
8	Electrónica	Debe tener una pantalla para mostrar alertas visuales	5

En los siguientes puntos subcapítulos posteriores se determinan mencionarán las especificaciones características principales de cada bloque que conforma el sistema

4.3.3.1 Unidad de control

Para la unidad de control debe ser capaz de realizar procesamiento de imagen utilizando el *método Haar Like(Viola Jhones)*, tiene que tener la capacidad para almacenar las imágenes capturadas de la cámara, debe tener la capacidad para soportar redes de comunicación inalámbricas, debe de ser de bajo consumo, tiene que tener puertos de entrada y salida digitales, debe tener la capacidad de obtener y procesar información de dispositivos GPS, debe de tener la capacidad conectarse con diversos dispositivos electrónicos. La información que mostrará a continuación se basa en el estado del arte que se presentó en el capítulo 2, con esa investigación se plantean las características del subsistema y se procede a realizar una tabla de especificaciones objetivo.

La unidad de control deberá de cubrir las siguientes necesidades:

1. Debe de tener la capacidad de obtener las imágenes ocupando el método de Haar like
2. Utilizar un microprocesador que sea capaz de realizar múltiples tareas
3. Debe tener la capacidad de realizar procesamiento de imágenes
4. Debe de ser de bajo consumo
5. Debe tener la capacidad de conectarse con redes inalámbricas como bluetooth y wifi
6. Debe tener puertos de comunicación UARTs

Por último, pasaremos a las especificaciones objetivo, en esta parte se mostrarán todas las métricas que se requieren para la unidad de control, en la tabla 16 se muestra todos los valores.

Tabla 16 Especificaciones objetivo

Núm.	Núm. de necesi.	Métrica	Unid	Valor Marginal	Valor Ideal
1	5	Tamaño de palabra de la unidad de control	[bits]	-	32
2	5	Memoria RAM de la unidad de control	[KB]	>520	520
3	5	Velocidad de procesamiento	[MHz]	>504	504
4	5	Memoria ROM	[KB]	>448	448
5	5	Voltaje de entrada	[V]	+/-1	5
6	5	Temperatura de operación	[°C]	>-20, <85	0-50

Con toda la información obtenida en este subcapítulo se procederá a la realización de la selección de los componentes electrónicos que cumpla con estas características y se procederá a la realización del diseño a detalle.

4.3.3.2 Dispositivo sonoro

Para el sistema de alertas del conductor es necesario de un dispositivo sonoro, su función es alertar al conductor que se está quedando dormido por medio del sonido, de acuerdo con el estado de arte los sistemas de alerta por sonido requieren que el nivel de presión de sonido tiene que ser de 95 dB, una frecuencia de oscilación de por lo menos 3.7 KHz, debe tener un tono constante, de bajo consumo y tiene que ser compatible con las unidades de control.

El dispositivo sonoro debe cubrir las siguientes necesidades:

1. Tono fuerte
2. Debe de ser de bajo consumo
3. Nivele de presión de sonido 95dB
4. Debe ser compatible con la unidad de control
5. Frecuencia de oscilación 3.7 kHz

Por último, pasaremos a las especificaciones objetivo, de este módulo, en el cual tendrá la información necesaria de operación técnica para funcionar este módulo. Toda esta información se encontrará en la tabla 45.

Tabla 17 Especificaciones objetivo

Núm.	Núm. de necesi.	Métrica	Unid	Valor Marginal	Valor Ideal
1	4	Voltaje de operación	[V]	+/- 0.5	5
2	5	Frecuencia de oscilación	[KHz]	+/- 5	3.7
3	5	Nivel de presión de sonido	[dB]	+/- 15	95
4	5	Temperatura	[°C]	>0, <50	40

4.3.3.3 Alertas visuales

En este subcapítulo se determinará las especificaciones del subsistema de alertas visuales, este sistema nos ayudará a informarle al conductor cuando se detecte que está cansado, A continuación, se mostrará una lista de necesidades que debe cubrir el sistema fundamentada en la investigación del estado del arte que se presentó en el capítulo 2.

El subsistema de alerta visual debe cubrir las siguientes necesidades:

1. Debe tener una buena resolución de pantalla
2. Debe de ser de bajo consumo
3. Tamaño de pantalla de un tamaño considerado para mostrar las alertas visuales
4. Debe de ser pantalla de color para mostrar alertas

Por último, pasaremos a las especificaciones objetivo de este módulo, en el cual tendrá la información necesaria de operación técnica para funcionar este módulo. Toda esta información se encontrará en la tabla 18.

Tabla 18 Especificaciones objetivo

Núm.	Núm. de necesi.	Métrica	Unid	Valor Marginal	Valor Ideal
1	4	Voltaje de operación	[V]	3.3	5
2	5	Resolución de visualización	[Mp]	-	128 x160
3	5	Temperatura	[°C]	>0, <50	40
6	5	Tamaño	[mm]	-	58 x 38

4.3.3.4 GPS

En este subcapítulo se verán las necesidades del Sistema de Posicionamiento Global (GPS por sus siglas en ingles). Este sistema nos proporcionara la ubicación del vehículo en todo momento, con este sistema podremos analizar los patrones de conducción, de esta manera se pretende dar un diagnóstico más certero en la predicción de la fatiga del conductor. Para esto se enlistará las necesidades que tiene que cumplir el GPS. La información que mostrará a continuación se basa en la investigación del estado del arte presentada en el punto 2.

Lista de necesidades

1. Ligero y compacto.
2. Fácil implementación
3. Respuesta Rápida.
4. Posicionamiento en tiempo real.
5. Procesamiento veloz.
6. Fácil adquisición comercial.

Por último, pasaremos a las especificaciones objetivo, en esta parte se mostrarán todas las métricas que se requieren para la parte de comunicaciones inalámbricas, en la tabla 19 se muestran los valores.

Tabla 19 Especificaciones objetivo

Núm.	Núm. de necesi.	Métrica	Imp	Unid	Valor Marginal	Valor Ideal
1	4	Tasa de actualización		[Hz]	1	> 5
2	5	Tensión		[V]	5	$3.3 < x < 5$
3	5	Corriente		[mA]	30	<300
4	4	Tamaño		[cm]	>10	<7
5	5	Velocidad de transmisión		[bps]	9600	=>57600
6	4	Canales		-	12	14>
7	4	Precisión		[m]	+/- 10	<+/- 5
8	4	Ganancia		[dB]	3	5

Con toda la información obtenida en este subcapítulo se procederá a la realización de la selección de los componentes electrónicos que cumpla con estas características y se procederá a la realización del diseño a detalle.

4.3.3.5 Sensor inercial

El sensor inercial como se mencionó en el punto 2 de este subcapítulo se utilizará para realizar el seguimiento del automóvil, este sensor se encargará de verificar si el conductor va manejando en línea recta o en zigzag, nos proporcionará información adicional que complementará la detección de fatiga del conductor, el dispositivo tiene que manejar 3 grados de libertad como mínimo, tiene que ser de bajo consumo y de alta eficiencia. El sensor inercial de cumplir con una serie de requerimientos los cuales se mencionarán más adelante. La información que mostrará a continuación se basa en la investigación del estado del arte que se presentó o en el punto 2.

Necesidades que debe cubrir el sensor inercial:

1. Debe tener 3 grados de libertad
2. Debe tener acelerómetro
3. Debe de detectar velocidades que se encuentren entre los -2g y los 2g
4. Debe de ser de alta eficiencia
5. Bajo consumo

Pasaremos a realizar una tabla de especificaciones de este módulo, en el cual tendrá la información necesaria de operación técnica para funcionar este módulo. Toda esta información se encontrará en la tabla 20.

Tabla 20 Especificaciones objetivo

Núm.	Núm. De necesi.	Métrica	Unid	Valor Marginal	Valor Ideal
1	4	Voltaje de operación	[V]	+/- 0.5	5
2	5	Aceleración	[g]	-2	2
3	5	Temperatura	[°C]	>0, <50	40

Con toda la información obtenida en este subcapítulo podremos seleccionar el mejor dispositivo para el sensor inercial para el desarrollo de la tesis, la parte de implementación y desarrollo se mostrará en capítulos más adelante.

4.3.3.6 Sensor ultrasónico

En este subcapítulo se mostrará toda la información requerida para la planeación, selección y desarrollo, para la selección del sensor ultrasónico, este dispositivo nos ayudará a detectar la distancia entre los vehículos, con esta información podremos alertar al conductor cuando se encuentre a una distancia de 1.5 m del otro automóvil, al detectar esto podremos enviar alertas que avisen al conductor que se está acercando al otro automóvil, el sensor deberá detectar objetos que se encuentren entre los 2 los 450 cm, también debe de ser de bajo consumo, con un voltaje de alimentación de 5 V, comuna frecuencia del ultrasonido de 450 KHz, con una dimensión de 45mm x 20mm x 15mm. La información que mostrará a continuación se basa en la investigación del estado del arte que se vio en el capítulo 2. Pasaremos a la lista de necesidades para un correcto funcionamiento del sensor.

1. Voltaje de operación de 5 V
2. Debe de ser de bajo consumo
3. Corriente de trabajo 15 mA
4. Corriente de reposo 2mA
5. Frecuencia del ultrasonido 40 KHz
6. Precisión de 3 mm
7. Dimensiones de 45 mm x 20 mm x 15 mm

Pasaremos a realizar una tabla de especificaciones de este módulo, en el cual tendrá la información necesaria de operación técnica para funcionar este módulo. Toda esta información se encontrará en la tabla 21.

Tabla 21 Especificaciones objetivo

Núm.	Núm. de necesi.	Métrica	Unid	Valor Marginal	Valor Ideal
1	4	Voltaje de operación	[V]	+/- 0.5	3
2	5	Potencia	[W]	+/- 5	140
3	5	Imagen de transferencia	[fps]	15	60
4	5	Temperatura	[°C]	>0, <50	40
5	5	Corriente de espera	[uA]	*/- 100	600
6	5	Tamaño	[um]	+/- 1	2.2

7	5	Resolución de UXGA	[Mega Pixeles]	>2	2
8	5	Full-frame	[bits]	>8 y 10<	10

Con toda la información obtenida en este subcapítulo podremos seleccionar la cámara para el desarrollo del proyecto de tesis, la parte de implementación y desarrollo se mostrará en capítulos más adelante.

4.3.3.7 Cámara para supervisar líneas de carretera

En este subcapítulo se mostrará toda la información requerida para la planeación, selección y desarrollo, para la selección de la cámara que se encargará de monitorear las líneas de carretera, la cámara deberá de cumplir con una serie de requerimientos los cuales se mencionarán más adelante. La información que mostrará a continuación se basa en el estado del arte que se vio en capítulos anteriores

El cámara que se encargará al monitoreo del cansancio debe de cumplir con las siguientes características

1. Tiene que proporcionar las imágenes en calidad de 2 Mpixeles como mínimo
2. Debe de ser de bajo consumo
3. Capacidad de capturar videos
4. Debe de tener un microcontrolador embebido
5. Tamaño de imágenes de salida UXGA, SXGA,S
6. Formatos que se pueden guardar la imagen son JPEG, BMP, GRAYSCALE

Pasaremos a realizar una tabla de especificaciones de este módulo, en el cual tendrá la información necesaria de operación técnica para funcionar este módulo. Toda esta información se encontrará en la tabla 22.

Tabla 22 Especificaciones objetivo

Núm.	Núm. de necesi.	Métrica	Unid	Valor Marginal	Valor Ideal
1	4	Voltaje de operación	[V]	+/- 0.5	3
2	5	Potencia	[W]	+/- 5	140
3	5	Imagen de transferencia	[fps]	15	60
4	5	Temperatura	[°C]	>0, <50	40

5	5	Corriente de espera	[uA]	*/- 100	600
6	5	Tamaño	[um]	+/- 1	2.2
7	5	Resolución de UXGA	[Mega Pixeles]	>2	2
8	5	Full-frame	[bits]	>8 y 10<	10

Con toda la información obtenida en este subcapítulo podremos seleccionar la cámara para el desarrollo del proyecto de tesis, la parte de implementación y desarrollo se mostrará en capítulos más adelante.

4.3.3.8 Comunicaciones inalámbricas

En este capítulo se realizará el diseño del módulo de transmisión inalámbrica de acuerdo con los requerimientos del sistema, se necesita un módulo inalámbrico que sea de bajo consumo, que tenga comunicación UART y que cumpla con el estándar 802.11 b/g/n, con estos requerimientos procedemos a seleccionar un módulo que cumpla con lo anterior. La información que mostrará a continuación se basa en el estado del arte que se vio en capítulos anteriores

El sistema de potencia debe tener las siguientes características

1. Debe tener Bluetooth Low Energy
2. EL voltaje de entrada debe ser de 5 V
3. La corriente mínima debe ser 6 mA
4. La temperatura debe de estar entre los -20°C y 85 °C

Por último, pasaremos a las especificaciones objetivo, en esta parte se mostrarán todas las métricas que se requieren para la parte del sistema, en la tabla 23 se muestra todos los valores.

Tabla 23 Especificaciones de objetivo

Núm.	Núm. de necesi.	Métrica	Imp	Unid	Valor Marginal	Valor Ideal
1	4	Voltaje de entrada		[V]	+/- 0.5	5
2	5	Potencia		[W]	+/- 5	1.55
3	5	Temperatura		[°C]	+/- 10	-20 a 85

4	5	Velocidad de transferencia del Bluetooth	[Mbps]	>4	4
---	---	--	--------	----	---

Con toda la información obtenida en este subcapítulo se procederá a la realización de la selección de los componentes electrónicos que cumpla con estas características y se procederá a la realización del diseño a detalle.

4.3.3.9 Sistema de potencia

En este subcapítulo se mostrará toda la información requerida para la planeación, desarrollo, diseño e implementación de un sistema de potencia que sea capaz de alimentar a los subsistemas del bloque 1 y del bloque 3, algunos de estos subsistemas que se tiene que alimentar son las unidades de control, las cámaras, los sistemas de comunicaciones inalámbricas. El sistema de potencia deberá tener un administrador de carga, tiene que proporcionar un voltaje por lo menos de 24 hrs, deberá de contar con una batería de respaldo por si se queda sin la fuente de alimentación del carro, deberá contar con protección de corto circuito, deberá ser de alta eficiencia, deberá tener un sistema de monitoreo de la batería de respaldo y un regulador de carga si se utiliza baterías de ion litio. La información que mostrará a continuación se basa en el estado del arte que se vio en capítulos anteriores

Se mostrará una lista de requerimientos del sistema de potencia:

1. Realizar un sistema que no afecte el rendimiento eléctrico y el funcionamiento electrónico del automóvil.
2. Monitoreo de la batería para mostrar el nivel de carga
3. Debe de tener protección de corto circuito
4. Debe tener un sistema de monitoreo de baterías
5. Deberá de contener con una batería de respaldo
6. Deberá de proporcionar un voltaje constante a los diferentes subsistemas
7. Deberá de medir la temperatura de la batería del respaldo
8. Deberá tener un sistema de aislamiento para proteger el sistema de posibles picos de voltaje
9. Un convertidor de voltaje DC a DC de alta eficiencia
10. Un sistema de monitoreo de temperatura y voltajes

Pasaremos a las especificaciones objetivo, en esta parte se mostrarán todas las métricas que se requieren para la parte del sistema, en la tabla 24 se muestra todos los valores.

Tabla 24 Especificaciones objetivo

Núm.	Núm. de necesi.	Métrica	Imp	Unid	Valor Marginal	Valor Ideal
1	4	Voltaje de salida		[V]	+/- 0.5	5
2	5	Potencia		[W]	+/- 5	15
3	5	Eficiencia		[%]	>90	98
4	5	Frecuencia de trabajo de la fuente conmutada		[Hz]	>300	400
5	5	Corriente de entrada		[A]	>3	4
6	5	Temperatura		[°C]	+/- 10	-40 a +85
7	5	Voltaje de entrada		[V]	>5	12

Con toda la información obtenida en este subcapítulo se procederá a la realización de la selección de los componentes electrónicos que cumpla con estas características y se procederá a la realización del diseño a detalle.

4.3.4 Bloque 4 “Base de datos”

En este subcapítulo se mostrará toda la información requerida para la planeación, desarrollo, diseño e implementación del bloque 4 base de datos, este sistema se encargará de recopilar toda la información proporcionada del bloque 3, esta información será almacenada en un servidor que se encontrará en la base de operaciones, toda la información se almacenará en un conjunto de archivos que se almacenarán electrónicamente, estos pueden ser en la nube o en el servidor local.

A continuación, se mostrará la lista de necesidades del bloque 4:

1. Tener comunicación Bluetooth LE
2. Tener comunicación WiFi
3. Tiene que ser de bajo consumo
4. Portable
5. Escalable
6. Eficiente
7. Deberá tener una memoria para almacenar los datos.

En los subcapítulos posteriores se mencionarán las características principales de cada bloque que conforma el bloque 4. En la figura 22 se muestra como está conformado la base de datos.

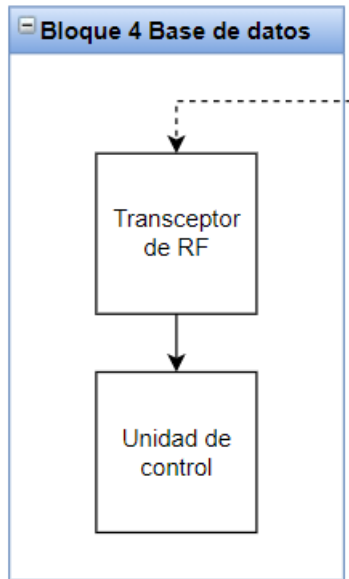


Figura 22 Subsistemas del bloque 4

En la tabla 25 se muestran el Área en donde se enfoca, las necesidades y por último la importancia que tiene para este proyecto.

Tabla 25 Tabla de necesidades

Número	Área	Necesidad	Imp.
1	Electrónica	Comunicación inalámbrica	5
2	Electrónica	Portable	5
3	Electrónica	Bajo consumo	5
4	Electrónica	Temperatura entre -20 °C y 85 °C	5
5	Electrónica	Filtros para eliminar ruido	5
6	Electrónica	Capacidad para almacenar información en la nube y localmente	5

Para la parte de requerimientos del sistema se procederá a realizar 3 tablas en las cuales en la tabla 26 se muestran los requerimientos generales del sistema.

Tabla 26 Requerimientos generales

Código	Descripción
P.G.01	Versatilidad y compatibilidad para programar
P.G.02	De alta eficiencia
P.G.02	Escalable
P.G.03	Comercial

En la tabla 27 se muestra los requerimientos funcionales del sistema el cual se tendrá que cumplir para obtener un buen funcionamiento del sistema.

Tabla 27 Requerimientos Funcionales

Código	Descripción
P.F.01	Baja demanda de corriente
P.F.02	Protección de sobrecargas
P.F.03	Tecnología de última generación

Por último, tendremos los requerimientos de desempeño el cual también tendremos que tomar en cuenta para tener una buena eficiencia del sistema, en la tabla 28 se muestra los requerimientos de desempeño.

Tabla 28 Requerimientos de desempeño

Código	Descripción
P.D.01	Alta eficiencia
P.D.02	Bajo ruido
P.D.03	Protección de corto circuito

Con toda la información obtenida en este subcapítulo se procederá a la realización de la selección de los componentes electrónicos que cumpla con estas características y se procederá a la realización del diseño a detalle.

4.4.4.1 Comunicaciones inalámbricas

En este capítulo se realizará el diseño del módulo de transmisión inalámbrica de acuerdo con los requerimientos del sistema, se necesita un módulo inalámbrico que sea de bajo consumo, que tenga comunicación UART y que cumpla con el estándar 802.11 b/g/n, con estos requerimientos procedemos a seleccionar un módulo que cumpla con lo anterior. La información que mostrará a continuación se basa en el estado del arte que se vio en capítulos anteriores

El sistema de potencia debe tener las siguientes características

1. Debe tener Bluetooth Low Energy
2. EL voltaje de entrada debe ser de 5 V
3. La corriente mínima debe ser 6 mA
4. La temperatura debe de estar entre los -20°C y 85 °C

Por último, pasaremos a las especificaciones objetivo, en esta parte se mostrarán todas las métricas que se requieren para la parte del sistema, en la tabla 29 se muestra todos los valores.

Tabla 29 Especificaciones de objetivo

Núm.	Núm. de necesi.	Métrica	Imp	Unid	Valor Marginal	Valor Ideal
1	4	Voltaje de entrada		[V]	+/- 0.5	5
2	5	Potencia		[W]	+/- 5	1.55
3	5	Temperatura		[°C]	+/- 10	-20 a 85
4	5	Velocidad de transferencia del Bluetooth		[Mbps]	>4	4

Con toda la información obtenida en este subcapítulo se procederá a la realización de la selección de los componentes electrónicos que cumpla con estas características y se procederá a la realización del diseño a detalle

4.4.4.2 Unidad de control

Para la unidad de control debe ser capaz de realizar procesamiento, recibir y almacenar la información obtenida del bloque 3, en este bloque se realizará una base de datos de todo lo que se detecte del bloque 3, debe tener la capacidad para almacenar la información obtenida y guardarla, debe tener la capacidad para soportar redes de comunicación inalámbricas, debe de ser de bajo consumo, debe tener puertos de entrada y salida digitales. La información que mostrará a continuación se basa en el estado del arte que se vio en capítulos anteriores

La unidad de control deberá de contar con las siguientes necesidades:

1. Debe de tener la capacidad de guardar información
2. Utilizar un microprocesador que sea capaz de realizar múltiples tareas
3. Debe de ser de bajo consumo
4. Debe tener la capacidad de conectarse con redes inalámbricas como bluetooth y wifi
5. Debe tener puertos de comunicación UARTs

Pasaremos a las especificaciones objetivo, en esta parte se mostrarán todas las métricas que se requieren para la unidad de control, en la tabla 30 se muestra todos los valores.

Tabla 30 Especificaciones objetivo

Núm.	Núm. de necesi.	Métrica	Unid	Valor Marginal	Valor Ideal
1	5	Tamaño de palabra de la unidad de control	[bits]	-	32
2	5	Memoria RAM de la unidad de control	[KB]	>520	520
3	5	Velocidad de procesamiento	[MHz]	>504	504
4	5	Memoria ROM	[KB]	>448	448
5	5	Voltaje de entrada	[V]	+/-1	5
6	5	Temperatura de operación	[°C]	>-20, <85	0-50

Con toda la información obtenida en este subcapítulo se procederá a la realización de la selección de los componentes electrónicos que cumpla con estas características y se procederá a la realización del diseño a detalle.

5. Diseño de detalle

En este capítulo se realizará el diseño de detalle del sistema, el cual está conformado con el diseño de los sensores para la supervisión y monitoreo de la fatiga, diseño de la unidad de control, la alimentación de la unidad de control y por último el sistema de potencia el cual se encargará de proporcionar el voltaje y la corriente necesaria para la alimentación de todo el sistema.

5.1 Diseño del primer bloque “Detección de fatiga”

En este capítulo se mostrará la información requerida para la detección de la fatiga, se mostrarán los algoritmos para detección de los ojos, la boca y la inclinación de la cabeza, con estas variables podremos detectar el estado del conductor, se requiere de otros factores para hacer una detección más acertada, los factores restantes se verán en el capítulo 5.2.

5.1.1 Extracción de características por medio de técnicas de procesamiento de imagen

En los capítulos anteriores se mostraron los factores que pueden ayudar a la detección de la fatiga del conductor, para esto debemos de realizar un análisis del rostro en función de la apertura y cierre de los ojos, el bostezo y la detección de cabeceo. Para esto se utiliza una cámara de video como sensor para capturar la escena en donde se encuentra el conductor, se puede extraer pequeños fragmentos de una parte de cada secuencia de video de nominados *frame* y por medio de técnicas de procesamiento que nos ayudara a la detección de la apertura y cierre de ojo, cabeceo y bostezos. Para que el proceso sea eficiente

se debe realizar el proceso de reducción de la calidad de la imagen, la resolución recomendada para trabajar es de 320 x 240 píxeles.

Debido a que la reducción del número de píxeles genera un factor directamente proporcional en la reducción del tiempo de procesamiento y de la discriminación de los parámetros de interés en la imagen.

Se busca que con una resolución de 320X240 píxeles se obtenga un tiempo de procesamiento congruente con los tiempos referentes a los representativos en el estado de fatiga, por ejemplo, la diferencia entre estado de alerta y micro sueño la cual está alrededor de 200 mseg para la primera y 400mseg para la segunda [r, P.P., Erdmann, U., Ullsperger, P., 2003. Experimental evaluation of eyeblink parameters as a drowsiness measure. Eur. J. Appl. Physiol. Occup. Physiol. 89, 319-325.].

5.1.2 Detección de rostro

Para la detección del rostro procederemos a realizar el método de Viola-Jones, el funcionamiento del método se vio en el capítulo 3 marco teórico. Los esquemas de reconocimiento mediante la codificación de la información correspondiente a las características de una clase particular, permite optimizar los procesos de identificación, tal es el caso de los clasificadores Haar, los cuales codifican la existencia de contrastes orientados entre las regiones en una imagen. Un conjunto de estas características puede ser utilizado para codificar los contrastes exhibidos por un rostro humano y sus relaciones espaciales.

Para utilizar este algoritmo utilizaremos el programa OpenCV con Python, el cual permite implementar los clasificadores Haar, en función de una serie de imágenes de entrenamiento. Una vez entrenado el clasificador lo podremos utilizar en cualquier imagen en la cual se encuentre en una región u objeto en interés. Para realizar una búsqueda del objeto en interés se debe mover la ventana de búsqueda a través de la imagen y evaluarla usando el clasificador que hemos entrenado. En esta parte es fundamental los tiempos de procesamiento, debido a que la búsqueda del objeto de la imagen hace un recorrido de toda la imagen obtenida, hay que tener en cuenta que si la imagen es pequeña los tiempos del tamaño inicial del clasificador es relativamente pequeño frente a la imagen, los tiempos incrementarán a medida que se evalúa a una escala determinada.

Los parámetros del clasificador tienen la siguiente estructura:

cv.HaarDetect´objects (imagen, clasificador, objetos, factor de escala, mínimos vecinos, banderas, tamaño mínimo, tamaño máximo);

- Imagen- Imagen servirá como área de búsqueda
- Clasificador- es el clasificador Haar entrenado para el objeto a identificar
- Objetos – Vector de rectángulos donde cada rectángulo contiene el objeto detectado

- Factor de escala- parámetro que especifica hasta qué punto el tamaño de la imagen se reduce en cada escala de la imagen.
- Mínimos vecinos – parámetro que especifica cuantos vecinos debe tener cada rectángulo del descriptor Haar por defecto el valor es 3
- Banderas – el parámetro para establecer la operación de un clasificador ya usado.
- Tamaño mínimo – es el tamaño mínimo del objeto
- Tamaño máximo – es el tamaño máximo del objeto

Algoritmo de detección

Para utilizar el algoritmo se deben de establecer las condiciones necesarias para el procesamiento de imagen general, como las variables globales, la captura de video, iniciar el algoritmo en un ciclo infinito mientras ese encendido la cámara, una vez mencionada los requerimientos pasaremos a los pasos para ejecutar el algoritmo.

1. Adquirir la imagen de video (frame)
2. Se ejecuta un ciclo mientras existan frame en el video, posteriormente se ejecuta el clasificador Haar
3. Almacena con las coordenadas de área rectangular, los pixeles de la ubicación del rostro dado por el clasificador (punto inicial $P_{ir}(rx,ry)$ al punto final $P_{fr}(rx+r\ width,ry+r\ height)$)

En la imagen 23 se puede ver el resultado de la detección de rostro.



Figura 23 Detección de rostro

Detección de ojos

Geometría de rostro y procesamiento de imagen

Una vez lograda la identificación de la región de rostro en la imagen es viable realizar una segmentación previa de las regiones de este, si nos basamos en los estudios de antropometría facial reportados en la literatura [66] [67], las cuales nos podremos basar en el estudio del rostro utilizando estándares las cuales se muestran en la figura 24. De tal manera se obtienen las medidas para la identificación del ojo, la región en que nos interesa es denominada ROI en función a la región del rostro que determina esta área.

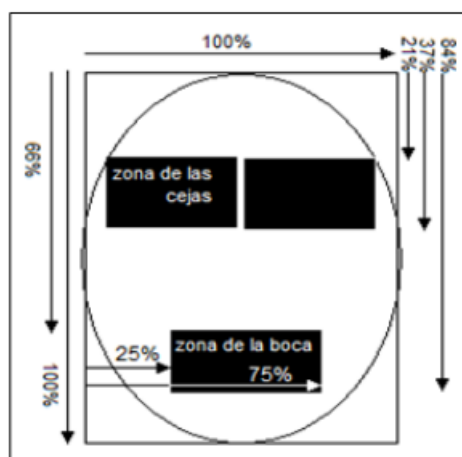


Figura 24 Región de interés del rostro, ojos y boca [66][67]

La ROI abarca típicamente el área de los ojos, según en la figura 6 está determinada bajo la siguiente proporción: $(1.1) * (P_{ix} < X < P_{Fx}) * (0.9 \text{ y } 1.2) * (P_{iy} < Y < P_{Fy}) * (0.4)$.

Donde:

1. P_{Fx} y P_{Fy} corresponden al ancho y al alto del área en que se localiza el rostro
2. P_{ix} y P_{iy} , son las coordenadas del píxel de inicio de dicha área.
3. La región $X \cdot Y$, corresponde al área de los ojos.

Algoritmo de detección

Partiendo de la imagen obtenida nos enfocaremos en el área del rostro y se establece la región de los ojos, posteriormente se realizará el procesamiento de imagen bajo la estructura del siguiente algoritmo. En función al área del rostro encontrada, se procederá a segmentar la región del ojo de la siguiente manera:

- Coordenadas en x, 10 % del punto inicial $(1.1 * rx)$ hasta el 90 % del punto final $(rx + 0.9 * r \text{ width})$

- Coordenadas en y, 20 % del punto inicial ($1.2 * r_y$) hasta el 40 % del punto final ($r_y + 0.4 * r_{height}$)

Posteriormente se almacenará el área rectangular encontrada desde el punto inicial P_{io} ($1.1 * (r_x, 1.2r_y)$) hasta el punto final P_{fo} ($r_x + 0.9 * (r_{width}, r_y + 0.4) * (r_{height})$).

En la figura 25 se muestra el resultado del algoritmo de detección de los ojos. El código del funcionamiento se muestra en el anexo 9.1.

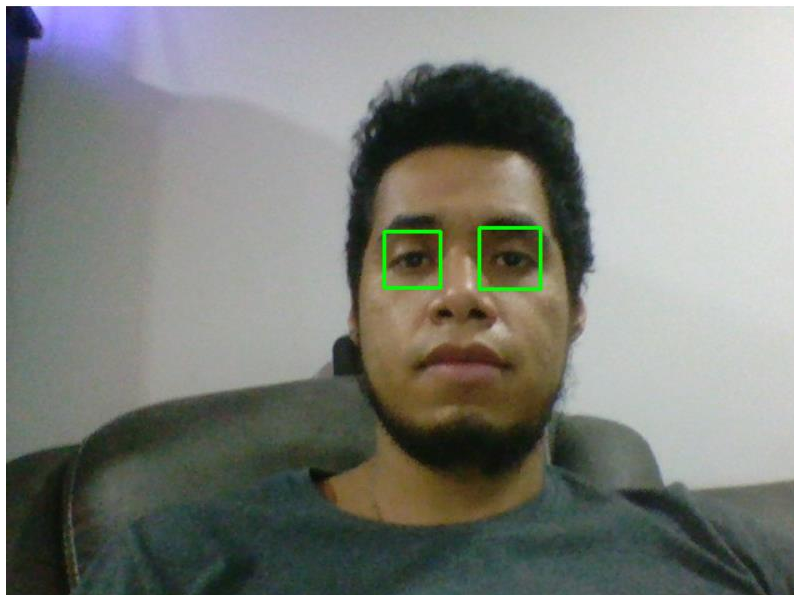


Figura 25 Detección de ojos utilizando algoritmos ROI

Con este algoritmo logramos detectar el área de los ojos, esto nos sirve para la detección de cansancio del conductor.

Detección de bostezos

Geometría del rostro y procesamiento de imagen

En esta etapa nos dedicaremos a medir los niveles de apertura de la boca inusuales, los cuales indicarán los síntomas de fatiga, el cual es un estado relacionado al factor del cansancio. Partiendo de la segmentación del rostro se delimita la región de interés donde se localiza la boca, según la distribución antropométrica de la figura 6 se establece la ROI pertinente a la boca, bajo la siguiente proporción:

$$(P_{ix} + P_{F x}) * (0.2 < X < P_{F x}) * (0.9 y 4P_{iy} + P_{F y}) * (0.5 < Y < P_{F y}) * (0.9)$$

Este esquema permite obtener la ubicación relativa de la boca dentro del rostro, pero se requiere una segmentación fina que permita establecer la amplitud de esta, lo cual se puede conseguir mediante una transformación de espacio de color que resalte las características de la boca.

Algoritmo de detección

En función al área del rostro obtenida se procede a segmentar la región de la boca:

- Coordenadas en x, desde el punto inicial en x más el 20 % del ancho ($rx+0.2*r \text{ width}$) hasta el 90 % del punto final ($rx+ 0.9*r \text{ width}$)
- Coordenadas en y, desde el punto inicial en y más el 50 % del largo ($ry+0.5* r \text{ height}$) hasta el 90 % del punto final en y ($ry+ 0.9*r \text{ height}$)

Después pasaremos a almacenar el área rectangular encontrada desde el punto inicial $P_{ib}(rx + 0.2 * r \text{ width}, ry + 0,5 * r \text{ height})$ hasta el punto final $P_{fb}(rx + 0,9 * r \text{ width}, ry + 0,9 * r \text{ height})$.

En la figura 26 se muestra el resultado de la detección de la boca.

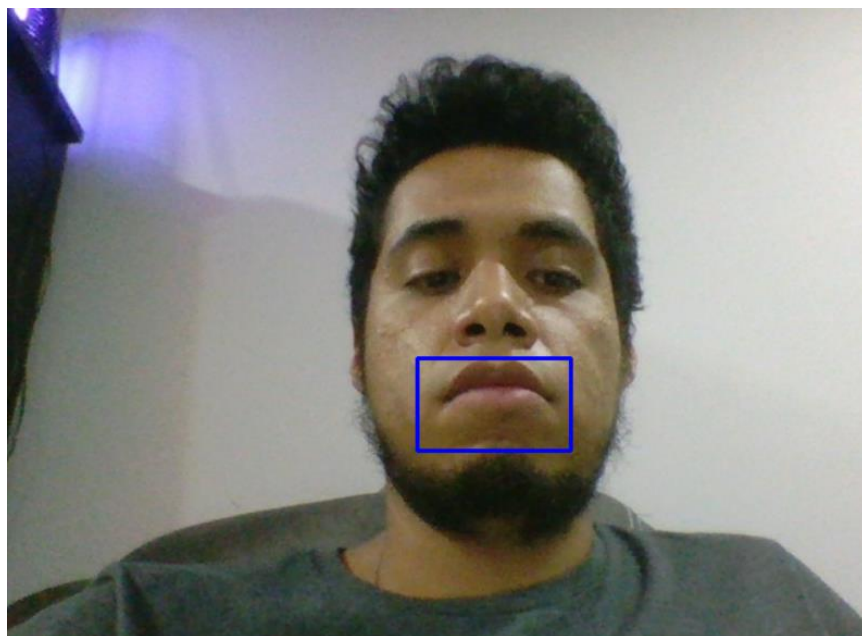


Figura 26 detección de boca

5.2 Diseño del segundo bloque “comunicación con la computadora del carro ECU)

En este subcapítulo se mostrará la conexión con la computadora del vehículo, con esto se pretende obtener la telemetría del vehículo. Para hacer esto nos comunicaremos por medio del BUS CAN para obtener los valores de los registros del vehículo, como se mencionó en el capítulo anterior, un requerimiento es que sea de bajo consumo por lo que procederemos a utilizar el ESP8266, este microcontrolador es de bajo consumo y tiene embebido comunicación inalámbrica tanto WiFi como Bluetooth. En la figura 27 se mostrará el diagrama de conexiones del ESP8266 y el módulo MCP2515.

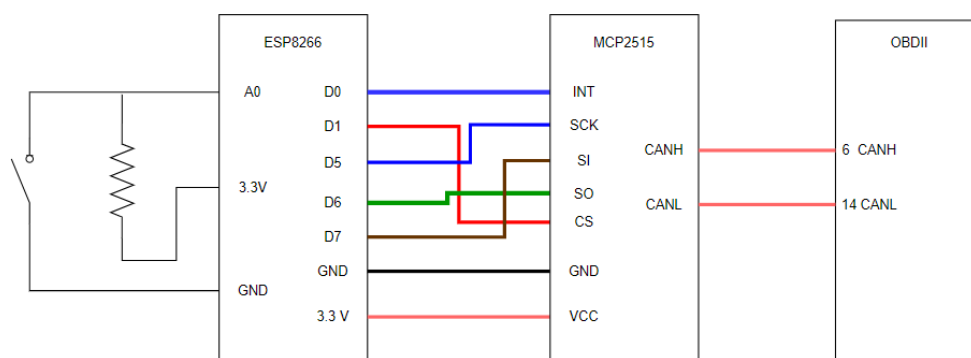


Figura 27 Diagrama de conexiones

Este dispositivo como se mencionó anteriormente se utiliza para obtener la comunicación con la computadora del carro utilizando el protocolo de comunicación CAN, el dispositivo se colocará en paralelo con el OBDII del vehículo, los parámetros que se obtendrán son los siguientes:

1. Revoluciones por minuto del vehículo.
2. El nivel de gasolina del carro
3. El estado de la batería
4. El estado de encendido y apagado del vehículo

Corta corriente de la bomba de gasolina

Este dispositivo nos ayudara a cortar el paso de gasolina al motor, este sistema hará que el vehículo se detenga inercialmente si se encuentra en movimiento, en dado caso que se requiera desconectar la bomba antes de manejarlo si el conductor no se encuentra en condiciones de manejar. Este sistema debe cumplir con una lista de necesidades que se mostrarán a continuación.

1. Deberá de cortar el paso de corriente de la bomba de gasolina
2. Deberá de tener un microcontrolador o microprocesador para activarlo
3. Deberá de tener un sistema de protección de sobrecargas
4. Deberá de ser compacto y de bajo consumo

Teniendo la lista de necesidades procederemos al diseño de nuestro sistema. Para esto necesitaremos utilizar un sistema que nos permita activar y desactivar el relevador por medio de un microcontrolador, utilizaremos un transistor como un switch, para esto tendremos que colocar el estado del transistor en sus estados de corte y saturación, el valor de las resistencias que lleva el transistor dependerá del modelo que se quiera utilizar ya que cada transistor soporta diferentes voltajes y corrientes. También hay que tener en cuenta el valor de hFe que es la ganancia de corriente que tiene cada transistor, estos valores se pueden obtener de las hojas de fabricante. Para nuestro caso utilizaremos el transistor 2n2053 ya que no necesitamos un voltaje y una corriente alta, los datos para la selección de nuestra resistencia son los siguientes:

1. Voltaje de la pila 5V =Vi
2. Corriente del microcontrolador 500 mA = Im
3. hFe del transistor 50
4. voltaje mínimo de operación es de 0.7 V= Vt

una vez obtenido los valores procederemos al cálculo de la resistencia, nos basaremos en la siguiente ecuación:

$$\frac{Vi - Vt}{\frac{Im}{hFe}} = R$$

$$\frac{5 - 0.7}{\frac{0.5}{50}} = R$$

$$430\Omega = R$$

Por lo tanto, necesitaremos una resistencia de 430 Ω para que el transistor se encuentre en saturación y en corte.

Una vez seleccionado nuestro transistor y la resistencia procederemos a colocar un diodo de protección para evitar que pasen corrientes a nuestro microcontrolador y por último utilizaremos un led que nos indicara si el sistema este encendido o esta apagado. En la figura 28 se muestra el diagrama completo del sistema.

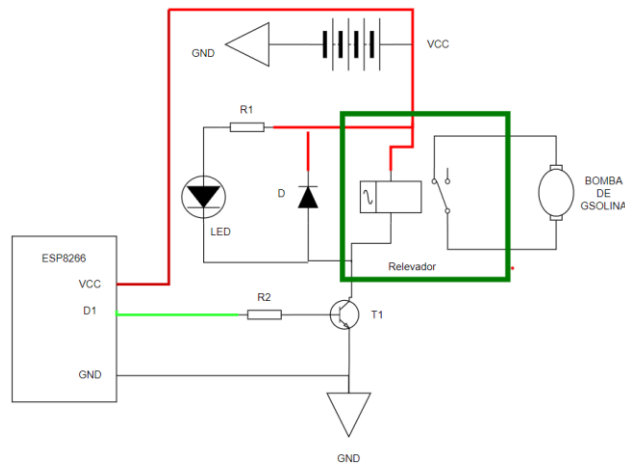


Figura 28 Diagrama completo del sistema

El microcontrolador que se va a utilizar es el mismo que se utilizó en el módulo CAN, se seleccionó por su bajo consumo y es utilizado para sistemas IoT, el microcontrolador nos permitirá tener un control del encendido y apagado de la bomba de gasolina sin tener que estar activando un switch manual, por otra parte, el sistema será activado y desactivado dependiendo del estado del conductor.

5.3 Diseño del tercer bloque “patrón de conducción”

5.3.1 Detección de línea de carretera

En este capítulo se mostrará el procedimiento para detectar las líneas de la carretera, esto nos ayudará a complementar el diagnóstico de la fatiga del conductor. Para esto necesitamos una serie de pasos para poder lograr una correcta detección, en la figura 29 se muestra un diagrama de flujo que se utiliza para la detección de la línea de carretera.



Figura 29 Diagrama de flujo para la obtención de la detección de líneas de carretera

- **Captura y decodificación de archivos de video:** capturaremos el video usando el objeto VideoCapture y después de que se haya inicializado la captura, cada cuadro de video se decodifica (es decir, se convierte en una secuencia de imágenes).
- **Conversión de imagen en escala de grises:** los fotogramas de vídeo están en formato RGB, el RGB se convierte a escala de grises porque procesar una imagen de un solo canal es más rápido que procesar una imagen en color de tres canales.
- **Reducir el ruido:** el ruido puede crear bordes falsos, por lo tanto, antes de continuar, es imperativo realizar un suavizado de imagen. El filtro gaussiano se utiliza para realizar este proceso.
- **Canny Edge Detector:** calcula el gradiente en todas las direcciones de nuestra imagen borrosa y traza los bordes con grandes cambios de intensidad.

- **Región de interés:** este paso es para tener en cuenta solo la región cubierta por el carril de la carretera. Aquí se crea una máscara, que tiene la misma dimensión que nuestra imagen de la carretera. Además, la operación AND bit a bit se realiza entre cada píxel de nuestra imagen y esta máscara. En última instancia, enmascara la imagen astuta y muestra la región de interés trazada por el contorno poligonal de la máscara.
- **Transformada de línea de Hough:** La transformación de línea de Hough es una transformación que se utiliza para detectar líneas rectas. Aquí se utiliza la transformada probabilística de línea de Hough, que da salida como los extremos de las líneas detectadas

Una vez obtenida el diagrama de flujos para la detección de las líneas de carretera se procederá hacer un ejemplo con la figura 30 de una carretera, el cual se pasará a realizar el procesamiento de imagen descrito arriba para tener los resultados deseados.



Figura 30 Imagen antes de ser procesada[68]

Después de haber hecho el programa para la detección de la línea de carretera en una Raspberry, obtendremos el resultado como se muestra en la figura 31, en donde se puede observar que genera unas líneas de color azul en las líneas de la carretera, esto hará un seguimiento a las líneas que se encuentran en la carretera y cuando se salga el carro de la línea genera alertar avisándole al conductor que se está saliendo y que tiene que volver a su carril.



Figura 31 Imagen después de ser procesada en Raspberry[68]

5.3.2 Detección de vehículos por medio de sensor ultrasónicos

En este subcapítulo nos enfocaremos al diseño de detección de vehículos que se encuentren a una distancia menor de 4 metros, si se detecta la distancia se mandará una señal de proximidad de carro, este valor está establecido en el reglamento general de circulación. Para realizar la medición utilizaremos un sensor ultrasónico HC-SR04, el sensor nos proporciona la distancia entre los objetos por medio de ultrasonido, para esto tendremos que realizar el cálculo del tiempo que tarda en llegar el sonido ultrasónico después de reflejarse en el objeto, con el tiempo que tarda en llegar otra vez a nuestro sensor podremos establecer la distancia que se encuentra el objeto. Para conectar nuestro sensor el módulo tiene 4 pines que son los siguientes:

1. GND (Tierra)
2. Echo Pulse Output (ECHO)
3. Trigger Pulse Input (TRIG)
4. Voltage Supply (Vcc)

Los pines de GND y Vcc nos servirán para alimentar el módulo del sensor, e voltaje de operación es de 5 volts, para activar el sensor tenemos que mandar una señal al pin TRIG el cual activará el sensor y empezará a enviar las ondas ultrasónicas, para detectar las ondas que llegan después de haber rebotado con el objeto colocaremos un pin del Raspberry en el pin ECHO.

Para la detección del pulso necesitaremos realizar un divisor de voltaje para no tener falsos en la lectura de la distancia, para calcular el valor de las dos resistencias que utilizaremos una serie de cálculos para obtener los valores, para esto no basaremos de la figura 32, en donde necesitamos un valor de salida de 3.3V para realizar la lectura para que no se quemé el puerto de lectura ya que el sensor proporciona un voltaje de 5 V cuando recibe las ondas ultrasónicas.

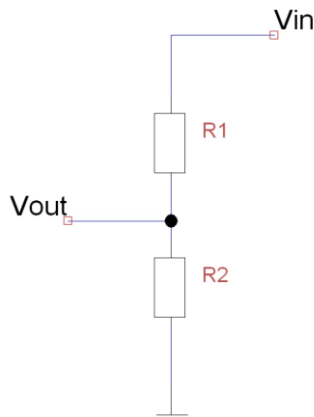


Figura 32 Divisor de voltaje

Basándonos en el diagrama de la figura 32 podremos obtener la ecuación para obtener los valores de las resistencias.

$$V_{out} = V_{in} \times \frac{R_2}{R_1 + R_2} \text{ -----(1)}$$

Despejando V_{in} podremos obtener el valor de alguna de las resistencias, la ecuación nos queda de la siguiente manera:

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \text{ -----(2)}$$

Para medir la resistencia tenemos que proponer el valor en alguna de las resistencias, en este caso vamos a proponer que el valor de la resistencia de R_1 sea igual a 1k ohms, el voltaje de salida es de 3.3 V y el voltaje de V_{in} es de 5V, sustituyendo estos valores a la ecuación 2 nos dará el valor de la resistencia 2.

$$\frac{3.3}{5} = \frac{R_2}{1000 + R_2} \text{ -----(3)}$$

$$0.66 = \frac{R_2}{1000 + R_2} \text{ -----(4)}$$

$$0.66(1000 + R_2) = R_2 \text{ -----(5)}$$

$$660 + 0.66R_2 = R_2 \text{ -----(6)}$$

$$660 = 0.34R_2 \text{ -----(7)}$$

$$1941 = R_2 \text{ -----(8)}$$

Con esto tenemos los valores de las resistencias procederemos a realizar el diagrama de conexiones con los valores de las resistencias obtenidas. En la figura 33 se muestra el diagrama de conexiones con las resistencias y el módulo.

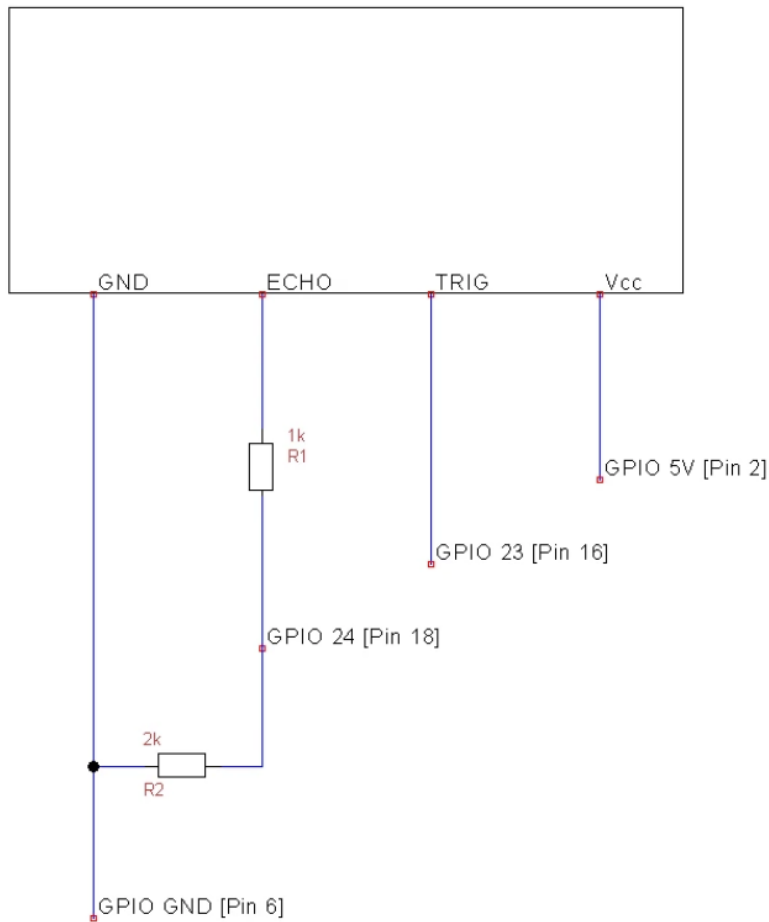


Figura 33 Diagrama de conexiones

Para obtener la distancia no basaremos en la siguiente ecuación:

$$velocidad = \frac{Distancia}{Tiempo}$$

La distancia que se tarda en recorrer del ultrasonido al objeto y regresar es de 343 m/s por lo que el tiempo lo tendremos que dividir entre 2 por que solo queremos saber el tiempo que se tarda en llegar al objeto para esto tenemos las siguientes ecuaciones.

$$34300 = \frac{Distancia}{Tiempo/2}$$

$$17150 = \frac{Distancia}{Tiempo}$$

$$17150 \times \text{tiempo} = \text{Distancia}$$

Con esta ecuación podremos hacer el cálculo de la distancia por medio de la raspberry, el programa lo realizaremos utilizando Python como el lenguaje de programación, el código se muestra en la parte de Anexos, el resultado de la prueba del sensor se muestra en la figura 34.

```
Distance: 12.52 cm
pi@raspberrypi ~ $ █
```

Figura 34 Resultado del sensor

5.3.3 Geolocalización y posicionamiento del vehículo

Para la obtención del posicionamiento utilizaremos un GPS y para mandar esta información lo haremos utilizando un GSM, las características de este módulo se vio en el capítulo 4.3.3.4. el diagrama de conexiones general se muestra en la figura 35.

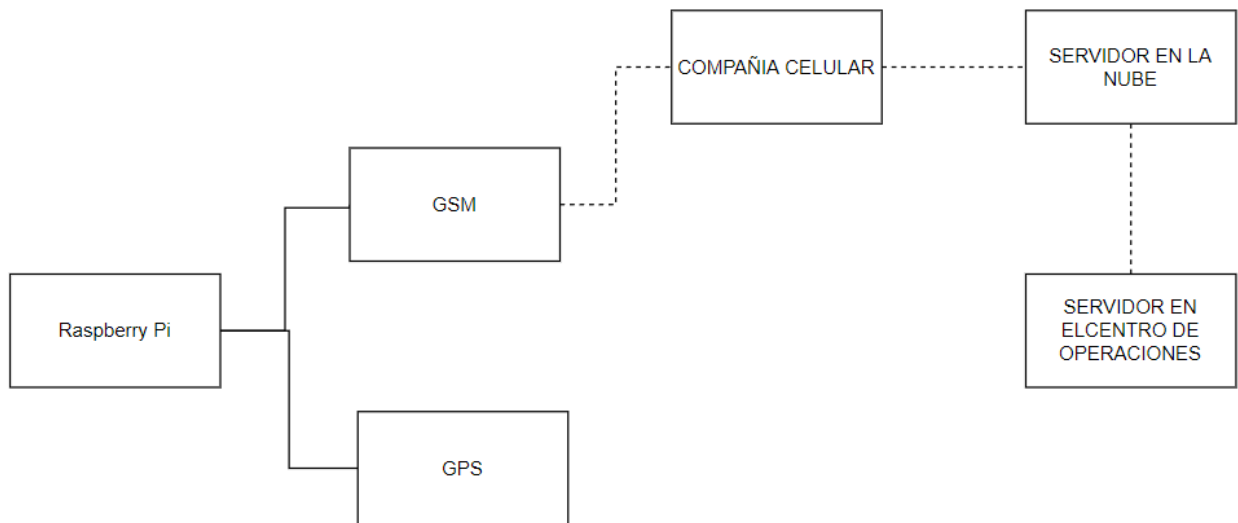


Figura 35 Diagrama general del módulo de geolocalización

Este GPS nos permite comunicarnos por medio de comandos AT y utiliza una comunicación serie que estará conectado a la raspberry. En la figura 36 se muestra las conexiones de la raspberry.

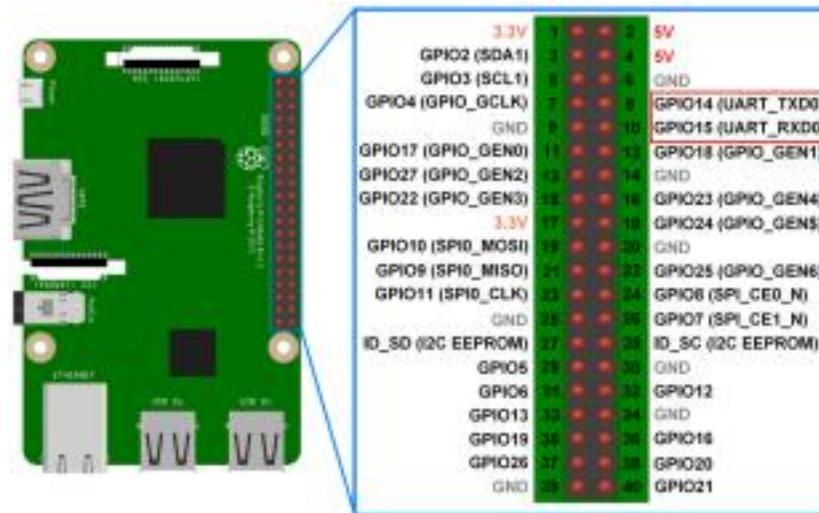


Figura 36 Diagramas de pines del Raspberry PI 4

Conexiones con el módulo GPS

- RXD => PIN 8 (UART_TXD0)
- TXD => PIN 10 (UART_RXD0)
- V_IN => PIN 2 o PIN 4 (5V)
- GND => PIN 6 (GND)

El diagrama de conexiones se muestra en la figura 37. Para mandar y recibir datos tendremos que ver la cadena de caracteres que nos proporciona el GPS y de ahí sacar los valores que nos interesan, como la fecha, la latitud, la longitud y la velocidad en km/h.

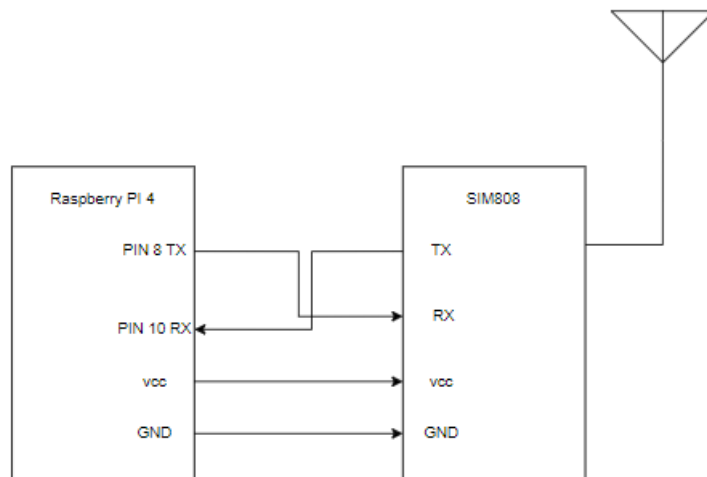


Figura 37 Diagrama de conexiones

La mayoría de los dispositivos de geolocalización utilizan el protocolo NMEA0183 que envía 8 diferentes tramas con información específica, donde la trama iniciada en \$GPRMC se usa para descompones los valores de posicionamiento necesarios, la trama NMEA0183 se muestra en la figura 38.

```

$GPGGA,204528.000,0214.6498,S,08055.7301,W,1,5,2.03,30.4,M,11.9,M,,*69
$GPGSA,A,3,18,22,08,27,03,,,,,,,,,2.26,2.03,0.98*03
$GPGSV,4,1,14,16,60,343,,27,53,155,14,22,47,281,28,14,44,080,*74
$GPGSV,4,2,14,26,36,010,,32,35,106,,08,34,191,26,03,32,302,14*7E
$GPGSV,4,3,14,18,21,211,37,31,12,034,,01,11,239,,11,10,220,16*7E
$GPGSV,4,4,14,10,09,150,15,23,01,328,*7D
$GPRMC,204528.000,A,0214.6498,S,08055.7301,W,0.72,295.45,130119,,,A*60
$GPGGA,204529.000,0214.6498,S,08055.7310,W,1,5,2.03,30.2,M,11.9,M,,*6E
$GPGSA,A,3,18,22,08,27,03,,,,,,,,,2.26,2.03,0.98*03
$GPGSV,4,1,14,16,60,343,,27,53,155,14,22,47,281,28,14,44,080,*74
$GPGSV,4,2,14,26,36,010,,32,35,106,,08,34,191,26,03,32,302,15*7F
$GPGSV,4,3,14,18,21,211,37,31,12,034,,01,11,239,,11,10,220,16*7E
$GPGSV,4,4,14,10,09,150,15,23,01,328,*7D
$GPRMC,204529.000,A,0214.6498,S,08055.7310,W,1.20,291.55,130119,,,A*62
$GPGGA,204530.000,0214.6499,S,08055.7312,W,1,5,2.03,30.2,M,11.9,M,,*65
$GPGSA,A,3,18,22,08,27,03,,,,,,,,,2.26,2.03,0.98*03
$GPGSV,4,1,14,16,60,343,,27,53,155,15,22,47,281,28,14,44,080,*75
$GPGSV,4,2,14,26,36,010,,32,35,106,,08,34,191,26,03,32,302,13*79
$GPGSV,4,3,14,18,21,211,37,31,12,034,,01,11,239,,11,10,220,16*7E
$GPGSV,4,4,14,10,09,150,15,23,01,328,*7D
$GPRMC,204530.000,A,0214.6499,S,08055.7312,W,0.28,291.55,130119,,,A*60

```

Figura 38 trama NMEA0183

El detalle de este formato está en grados por lo que utilizaremos el formato GNSS que es un formato decimal lo cual nos ahorra tiempo en la conversión de valores. En la figura 39 se muestra el formato GNSS obtenida del GPS sim 808.

AT+CGNSINF

+CGNSINF: 1,1,20190114073800.000,-2.243990,-80.928650,7.400,0.20,72.7,1,,1.1,1.5,1.0,,12,4,,26

Figura 39 trama en formato GNSS

A continuación, se analizará la siguiente información que fue obtenida del GPS.

+CGNSINF:1,1,20220118083800.000,19.391268,-99.131469,2.240,0.20,72.7,1,1.1,1.5,1.0,12,4,26,

En la tabla 31 se explicará el significado de cada valor de la trama, cada parámetro está separado por una coma.

Tabla 31 Descripción de la cada valor de la trama GNSS

Numero	Valor	Parámetros	Unidad	Rango	Tamaño del vector
1	1	ON-OFF GPS	--	0-1	1
2	1	Estado del arreglo	--	0-1	1
3	20220118083800.000	Fecha y hora en horario UTC	yyyyMMddhhmmss.sss	yyyy: [1980,2050] MM: [1,12] dd: [1,31] hh: [0,23] mm: [0,59] ss.sss; [00.000,60.999]	18
4	19.391268	Latitud	±dd.dddddd	[-90.000000, 90.000000]	10
5	-99.131469	Longitud	±dd.dddddd	[- 180.000000, 180.000000]	11
6	2.240	Altura sobre nivel del mar	Metros	--	8
7	0.20	Velocidad sobre el suelo	Km/H	[0,999.99]	6
8	72.7	Curso sobre el suelo	grados	[0,360.00]	6
9	1	Modo del arreglo	--	0,1,2	1
10	Reservado				0
11	1.1	HDOP	--	[0,99.99]	4
12	1.5	PDOP	--	[0,99.99]	4
13	1.0	VDOP	--	[0,99.99]	4

14	Reservado				0
15	12	Satélites en Visión GPS	--	[0,99.99]	2
16	4	Satélites en uso GNSS	--	[0,99.99]	2
17	0	Satélites en Visión GLONASS	--	[0,99.99]	2
18	Reservado				0
19	26	C/N0 max	dBHz	[0,55]	2
20	0	HPA	Metros	[0,9999.9]	6
21	0	VPA	Metros	[0,9999.9]	6

Una vez obtenido los valores del GPS procederemos a mandar esta información por medio del GSM al centro de mando y también lo subiremos a la nube en donde podremos estar mandando información y visualizarla en cualquier parte, para esto utilizaremos *ubidots* como nuestra nube y lo realizaremos por medio del lenguaje de programación de Python. El código se mostrará en el anexo 9.4 y los resultados de esta prueba se verá en el capítulo 6 que correspondiente a prueba y resultados.

5.3.4 Zumbador y Alertas visuales

En este subcapítulo realizaremos las conexiones y la configuración de un zumbador o bocina con unos leds de alta intensidad, de tal manera que cuando se detecta que el conductor no se está despertando se alertará visual y sonoramente, si con esto sigue el conductor sin despertar se procederá a desconectar la bomba de gasolina y pasaremos a avisar al centro de auxilio. En la figura 40 se muestra el diagrama de conexiones del zumbador y del LED de alta intensidad. El código de esta parte se muestra en el anexo 9.2.

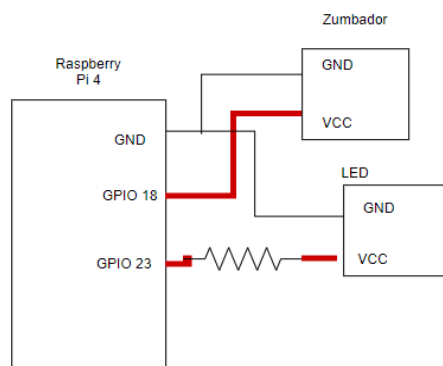


Figura 40 Diagrama de conexiones con el zumbador y el LED indicador

5.3.5 Sistema de potencia de alta eficiencia

El sistema de potencia es el encargado de suministrar el voltaje y la corriente a nuestro sistema SDFSLOT por lo que debe de cumplir con los siguientes puntos:

1. Proporcionar un voltaje de 5 V.
2. Debe tener una batería de LiPo (litio y polimero) de 3.7 V para suministrar un voltaje constante al SDFSLOT por si se desconecta a fuente de alimentación del vehículo.
3. Debe tener un sistema que se encargue de regular el voltaje a la batería, es importante tener esta parte por que evitará que la batería alcance sus máximos de carga y mínimos absolutos, recordando que cuando una batería de material LiPo alcanza sus puntos máximos o mínimos se vuelven altamente inestables y pueden llegar a explotar, por tal motivo se debe evitar esta situación.
4. Tener un sistema de protección de cortacircuitos.

En la figura 41 se muestra el diagrama general del sistema de potencia.

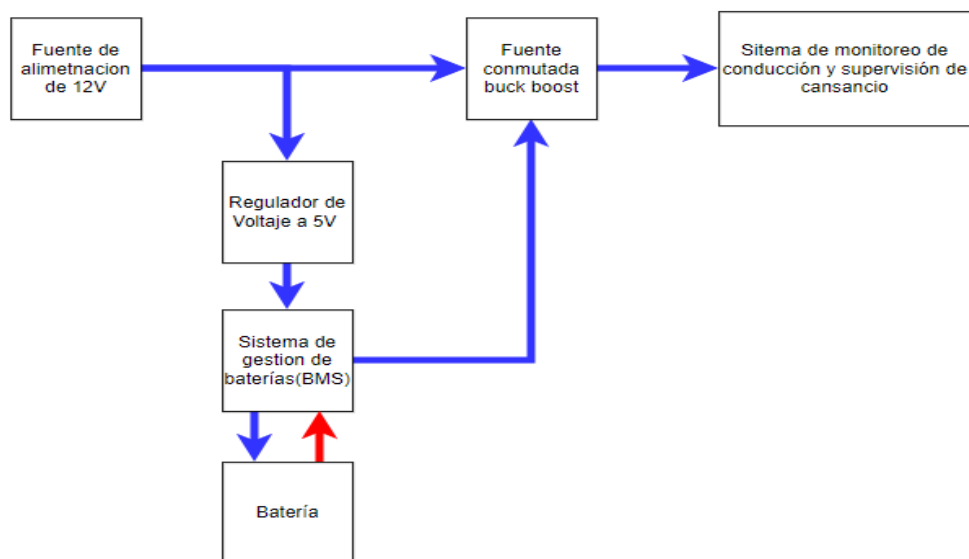


Figura 41 Diagrama general del sistema de potencia

Propuesta de diseño

Para empezar con el diseño tendremos que analizar la corriente total del sistema SDFSIoT, de esta forma dependerá la selección de los sistemas de potencia y la batería. Para realizar el consumo total realizaremos una tabla en donde se pondrá toda la información del sistema SDFSIoT, en la tabla 32 se muestra la demanda total de todo el sistema SDFSIoT.

Tabla 32 Tabla de consumo total del sistema SDFSIoT

Sistema	Voltaje	Demanda de corriente cuando está activo	Potencia cuando está activo
Raspberry Pi 4	5 V	1.25 A	6.25 W
Cámara ESP32	5 V	50 mA	25mW
Total		1.3 A	6.275W

Después de haber analizado todas las cargas que necesitaremos en el sistema SDFSIoT procederemos a analizar el mejor circuito integrado que nos pueda proporcionar la demanda de corriente del sistema. Se propone utilizar una fuente conmutada de tipo Step Down, el circuito integrado que utilizaremos es el XL4015, el cual nos puede proporcionar corrientes hasta los 5A; el voltaje de operación de entrada va de los 4 a los 36 v y el voltaje de salida esta entre los 1.25 V hasta los 38 V, como queremos un voltaje de 5 V procederemos a realizar los cálculos correspondientes a la hoja de especificaciones del fabricante.

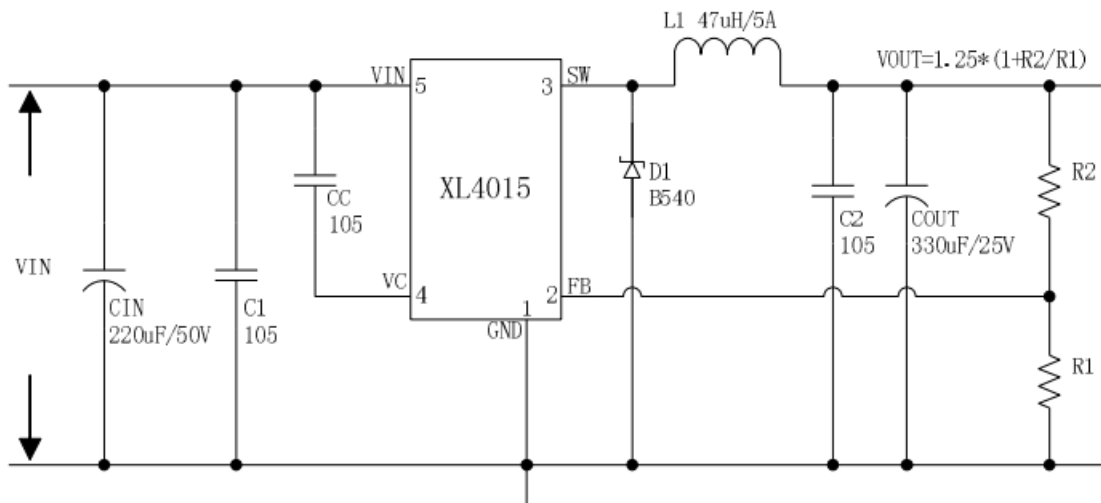


Figura 42 Propuesta del fabricante (DatasheetXL4015)

En la figura 42 el fabricante nos proporciona una sugerencia para utilizar el circuito integrado para utilizarlo en los proyectos, se menciona que para la obtención del voltaje de salida tendremos que ocupar la siguiente ecuación:

$$V_{out} = 1.25 * (1 + (\frac{R2}{R1}))$$

Para calcular el voltaje de salida es necesario fijar 2 valores, el Voltaje de salida (Vout) y alguna de las dos resistencias para esto fijaremos el valor de 3.3kΩ para R1 y el voltaje de salida lo calcularemos a 5 V

$$5 = 1.25 * (1 + (\frac{R2}{3300}))$$

Despejando R2 nos queda de la siguiente manera:

$$(\frac{5}{1.25} - 1) * 3300 = R2$$

$$9900 = R2$$

El valor obtenido es de 9.9 kΩ por lo que podremos utilizar un valor de 10 kΩ para obtener el valor deseado, si queremos modificar la corriente de salida se puede hacer sustituir el diodo schottky, el fabricante nos sugiere una serie de modelos para obtener una alta eficiencia en nuestra fuente conmutada, en la tabla 33 se muestra los modelos sugeridos.

Tabla 33 Modelos de diodos

Corriente	VR (Voltaje Máximo de entrada)				
	20 V	30 V	40 V	50 V	60 V
1 A	1N5817	1N5818	1N5819		
3 A	1N5820	1N5821	1N5822		
	MBR320	MBR330	MBR340	MBR350	MBR360
	SK32	SK33	SK34	SK35	SK36
	SR302	SR303	SR304	SR305	SR306
		30WQ03	30WQ04	30WQ05	
		31DQ03	31DQ04	31DQ05	
5 A	1N5823	1N5824	1N5825		
	SR502	SR503	SR504	SR505	SR506
	SB520	SB530	SB540	SB550	SB560
	SK52	SK53	SK54	SK55	SK56
		50WQ03	50WQ04	50WQ05	

Después de haber analizado el sistema que se encargara de la regulación del voltaje procederemos a realizar otro sistema que se encargara de subir el voltaje o bajarlo según sea el caso, se propone utilizar una fuente conmutada de tipo Buck Boost, con la finalidad de obtener un voltaje constante a la salida de 5 V, para esto utilizaremos el circuito integrado XL6009, el cual nos puede proporcionar corrientes de salida hasta los 4A; el voltaje de operación de entrada va de los -0.3 a los 36 v y el voltaje de salida esta entre los -0.3 V hasta los 60 V, como queremos un voltaje de 5 V procederemos a realizar los cálculos correspondientes a la hoja de especificaciones del fabricante.

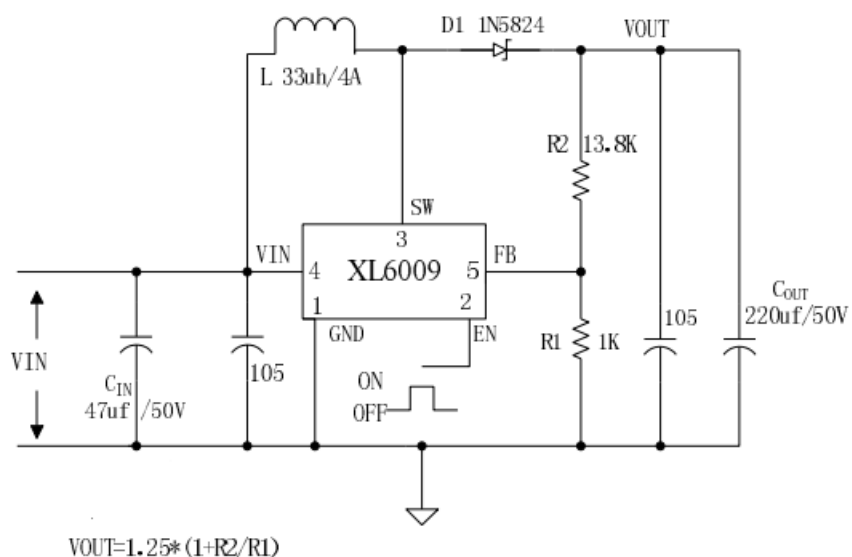


Figura 43 Propuesta del fabricante (DatasheetXL6009)

En la figura 43 el fabricante nos proporciona una sugerencia para utilizar el circuito integrado para utilizarlo en los proyectos, se menciona que para la obtención del voltaje de salida tendremos que ocupar la siguiente ecuación:

$$V_{out} = 1.25 * \left(1 + \left(\frac{R2}{R1}\right)\right)$$

Para calcular el voltaje de salida es necesario fijar 2 valores, el Voltaje de salida (Vout) y alguna de las dos resistencias para esto fijaremos el valor de 3.3kΩ para R1 y el voltaje de salida lo calcularemos a 5 V

$$5 = 1.25 * \left(1 + \left(\frac{R2}{3300}\right)\right)$$

Despejando R2 nos queda da la siguiente manera:

$$\left(\frac{5}{1.25} - 1\right) * 3300 = R2$$

$$9900 = R2$$

El valor obtenido es de 9.9 kΩ por lo que podremos utilizar un valor de 10 kΩ para obtener el valor deseado, si queremos modificar la corriente de salida se puede hacer sustituir el diodo schottky, el fabricante nos sugiere una serie de modelos para obtener una alta eficiencia en nuestra fuente conmutada, en la tabla 34 se muestra los modelos sugeridos.

Tabla 34 Modelos de diodos

Corriente	VR (Voltaje Máximo de entrada)				
	20 V	30 V	40 V	50 V	60 V
1 A	1N5817	1N5818	1N5819		
3 A	1N5820	1N5821	1N5822		
	MBR320	MBR330	MBR340	MBR350	MBR360
	SK32	SK33	SK34	SK35	SK36
	SR302	SR303	SR304	SR305	SR306
		30WQ03	30WQ04	30WQ05	
		31DQ03	31DQ04	31DQ05	
5 A	1N5823	1N5824	1N5825		
	SR502	SR503	SR504	SR505	SR506
	SB520	SB530	SB540	SB550	SB560
	SK52	SK53	SK54	SK55	SK56
		50WQ03	50WQ04	50WQ05	

Una vez definió las fuentes conmutadas que vamos a utilizar pasaremos a la realización de nuestro sistema de gestión de baterías, para esto se propondrá utilizar el circuito integrado TP4056, nos basaremos en el circuito que nos proporciona el fabricante para obtener el funcionamiento deseado que es cargar y proteger a la batería de posibles sobrecargas, en la figura 44 se muestra el diagrama de conexiones sugerido por el fabricante.

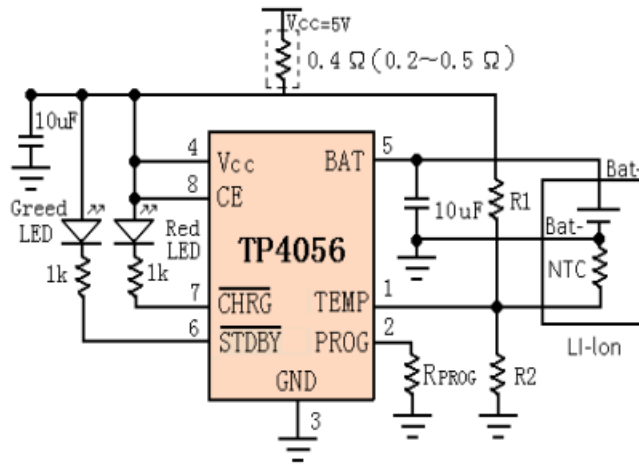


Figura 44 Diagrama de conexiones [datasheet TP4056]

Para ajustar la corriente de carga de la batería lo realizaremos con la siguiente ecuación:

$$I_{bat} = \frac{V_{prog}}{R_{prog}} * 1200$$

El fabricante nos especifica que V_{prog} es una constante y su valor es de 1 V, también nos menciona que la máxima corriente que puede proporcionar el encapsulado es de 1 A que sería el valor de la variable I_{bat} , con estos dos valores procederemos a realizar el despeje de R_{prog} para obtener el valor de la resistencia y poderlo diseñar.

$$R_{prog} = \frac{V_{prog}}{I_{bat}} * 1200 = \frac{1}{1} * 1200 = 1200\Omega = 1.2k\Omega$$

Con estos valores ya podemos proceder a la realización de nuestro PCB, para nuestro trabajo utilizaremos EAGLE para el desarrollo de nuestro circuito. En la figura 45 se muestra el diseño completo del sistema de potencia.

En la figura 47 se muestra la fuente conmutada que se encargará de elevar el voltaje y mantenerlo a un voltaje constante, esta fuente se va a utilizar como Buck Boost y utiliza el circuito integrado XL6009S.

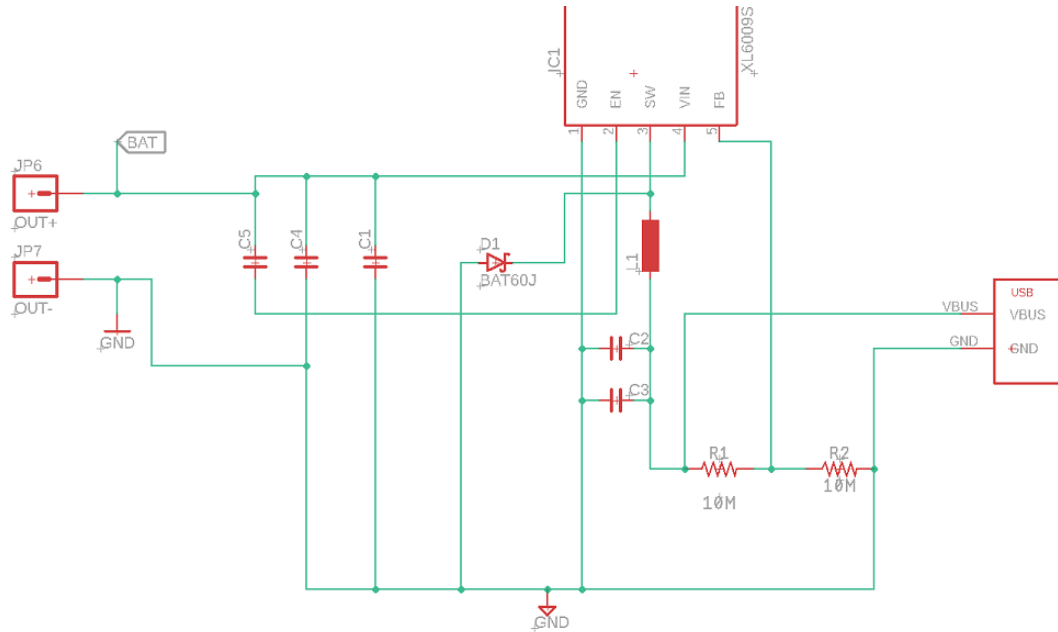


Figura 47 Diagrama de conexiones de la fuente Buck Boost

Y por último en la figura 48 se muestra el diagrama de conexiones del sistema de gestión de baterías, se recuerda que este sistema se utiliza para cargar la batería y que no explote la batería y también en dado caso que se desconecte la alimentación principal este se encargara como una batería de respaldo y le proporcionara el voltaje y la corriente necesaria a nuestro sistema.

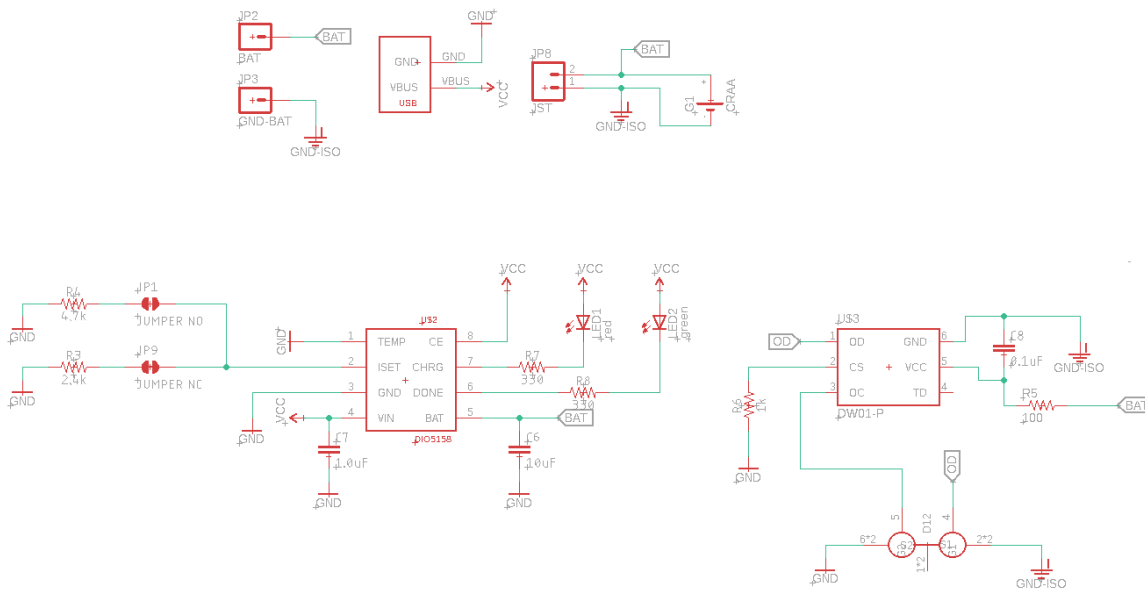


Figura 48 Diagrama de conexiones del sistema de gestión de baterías

En la figura 49 se muestra la PCB que se realizó con el programa de EAGLE, nuestro circuito nos quedó de 10 cm x 8.2 cm, fue una medida que se estableció en los requerimientos.

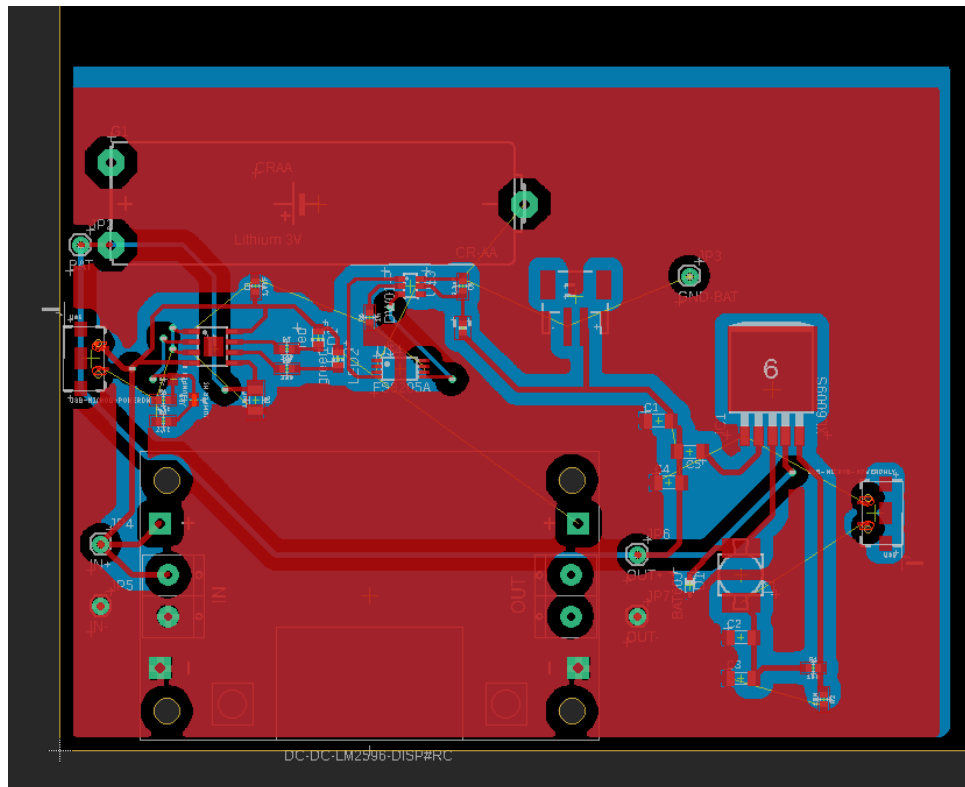


Figura 49 PCB del sistema de potencia

Selección de baterías para el sistema de potencia

Para el análisis de este subsistema necesitaremos saber dos definiciones importantes, el voltaje de corte (cut-offvoltage) y la capacidad de la celda.

El voltaje de corte es la tensión a la cual una batería se considera totalmente descargada, y desde donde una descarga adicional podría causar daño.

Capacidad de la celda (C) está definida como la carga en Amper-hora (Ah) que la celda puede entregar a temperatura ambiente hasta que alcanza un voltaje de corte de aproximadamente 2/3 del voltaje de la carga completa.

Por ejemplo, si tenemos una celda de 1.5 V, se considera una batería descargada cuando llegue a 1.0 V por lo tanto, se considera que ha entregado prácticamente la capacidad total de la celda.

La batería puede suministrar:

- C – Amperes durante 1 hora
- C/n Amperes durante n horas

Para la carga y descarga de la batería se indican en una fracción de la capacidad, como, por ejemplo, al cargar una batería de 150 Ah con una corriente de 15 A, esto quiere decir que se tiene una tasa de carga de C/10 en donde C es la capacidad de la celda.

Para la descarga de una batería a una corriente de C/2 significa extraer 75 A, por lo tanto, si se sigue extrayendo a esa velocidad la batería se descargará completamente en 2 h.

Por lo tanto, si lo planteamos para nuestro sistema tenemos que el consumo total de este sistema es de 1.3 A, entonces, se supone que utilicemos una batería con una capacidad de 3250 mAh, de la marca Panasonic con modelo NCR18650B, para esto dividiremos la capacidad total entre la corriente del sistema el cual nos da un valor de 2.5 h por lo que tendremos que utilizar una batería con mayor capacidad de carga o colocar un arreglo de baterías para ocupar el mayor tiempo posible de las baterías. En la tabla 35 se muestra las especificaciones de la batería Panasonic con el modelo NCR-18650B.

Tabla 35 Especificaciones técnicas de la batería

Modelo	NCR-18650B
Voltaje nominal	3.6 V
Capacidad nominal mínima	3250 mAh
Capacidad nominal típica	3350 mAh
Diámetro	65.3 mm
Altura	65.3mm
Peso	47.5 g

El fabricante nos muestra el comportamiento de descarga de la batería, el diagrama se mostrará en la Figura 50.

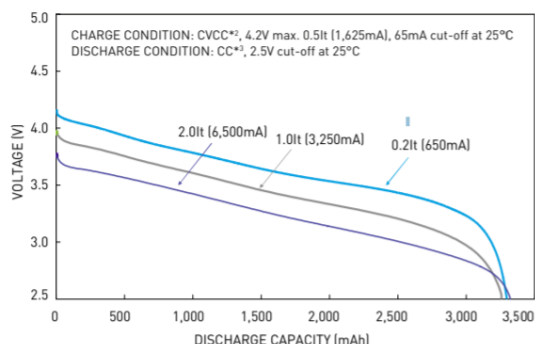


Figura 50 Diagrama de descarga de la batería

En la Figura 50 nos muestra que la batería entrega su máxima capacidad de carga a los 2.5 V, el fabricante nos recomienda cargar la batería a un voltaje de 4.2 V.

Para la parte de comunicación con la computadora del carro y el interruptor de la bomba de gasolina, se basó la fabricación de los PCB con los valores obtenidos del capítulo 5.2, de igual manera se utilizó el programa EAGLE para el diseño e implementación de las tarjetas de comunicación. Se empezará con la realización de la comunicación de la computadora del carro (ECU), en la figura 51 se muestra el diagrama de conexiones de los componentes.

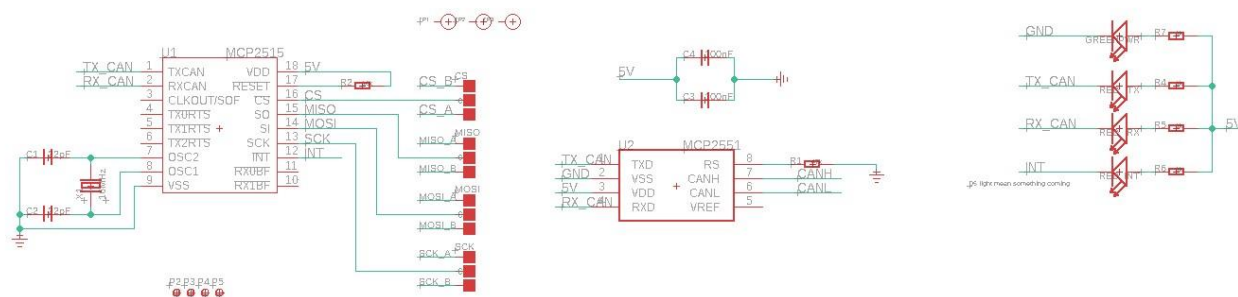


Figura 51 Diagrama de conexiones primera parte

En la figura 51 se muestra el diagrama de conexiones de la primera parte, en esta parte se utiliza el circuito integrado MCP2515, su función principal es proporcionar la comunicación por medio de SPI, este se conectará al microprocesador esp32 y este se encargara de pedir el estado del carro y enviarlo al tercer bloque que es el patrón de conducción, posteriormente se conectara el mcp2515 con el MCP2551 el cual nos permitirá la comunicación por medio de protocolo CAN, de esta manera se elimina el posible ruido que se pueda presentar en la comunicación y enviar falos positivos. En la figura 52 se muestra la conexión que tenemos por medio de un OBDII macho que será conectado a la terminal del automóvil.

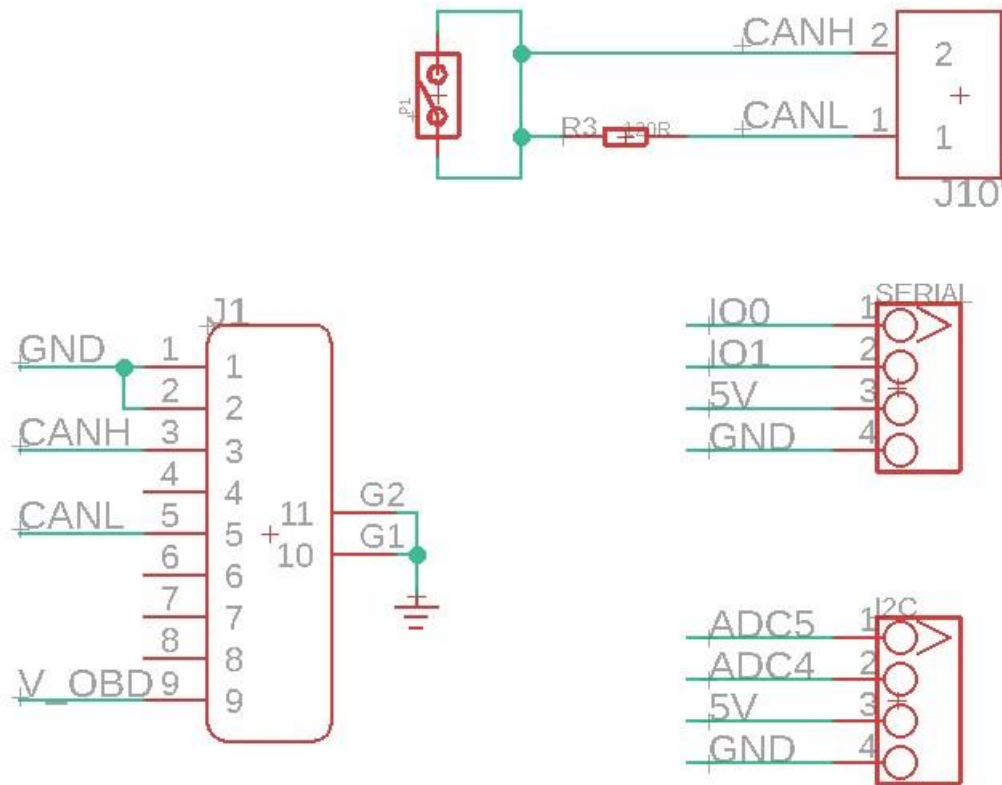


Figura 52 Diagrama de conexiones segunda parte

Para terminar, procederemos a utilizar el voltaje que nos proporciona el OBDII para alimentar nuestro sistema, en la figura 53 se muestra el diagrama de conexiones de la tercera parte en donde se puede observar cómo está conformada el sistema de potencia. Como es un voltaje de 5 V que nos proporciona la ECU solo colocaremos un diodo de protección y un capacitor que nos ayudara a reducir el posible ruido que se genere en la comunicación.

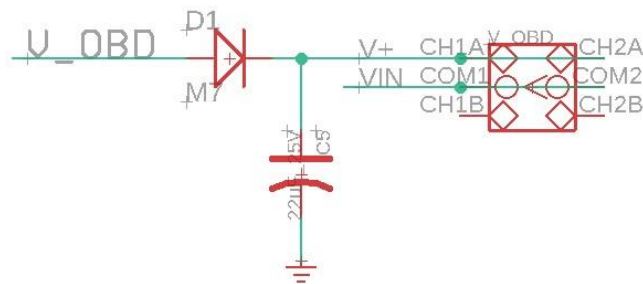


Figura 53 Diagrama de conexiones tercera parte

Por último, realizamos la placa de desarrollo de nuestro sistema de comunicación con la ECU del automóvil. En la figura 54 se muestra la tarjeta terminada, se colocaron diferentes terminales para obtener de modo manual la consulta del dispositivo sin tener que desconectarlo del automóvil.

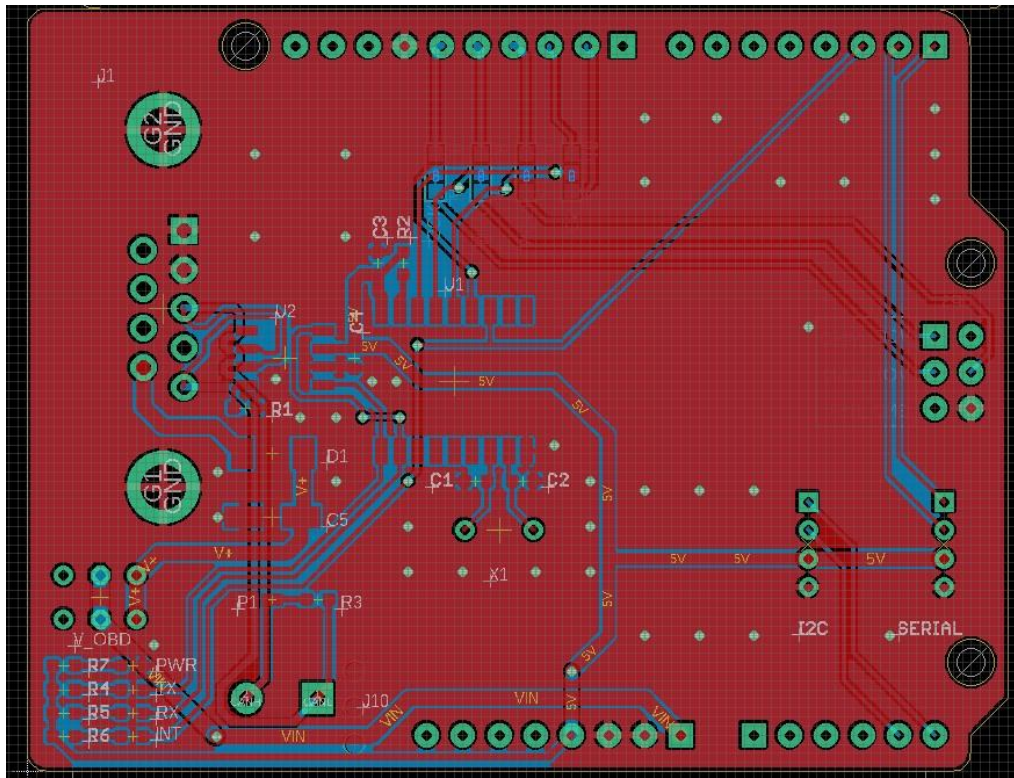


Figura 54 PCB del sistema de comunicación con la ECU

Para la parte de interruptor de gasolina se basó de igual manera en el capítulo 5.2, de igual manera se procederá a realizar el diagrama de conexiones y posteriormente pasaremos a su implementación del PCB. En la figura 55 se realizó el diagrama de conexiones del circuito que nos ayudará a la interrupción de la bomba de gasolina.

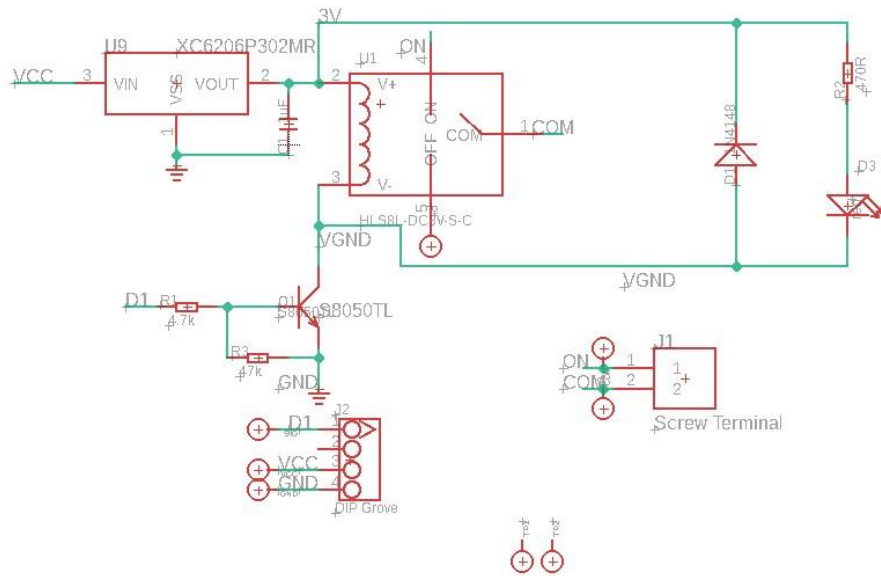


Figura 55 Diagrama de conexione del interruptor de gasolina

En la figura 56 se muestra el PCB del sistema de interrupción de la bomba de gasolina, como se mencionó anteriormente todos los diseños se realizaron utilizando EAGLE. Ya que hemos terminado los diseños procederemos a realizar las tarjetas y a realizar las conexiones correspondientes para sus respectivas pruebas.

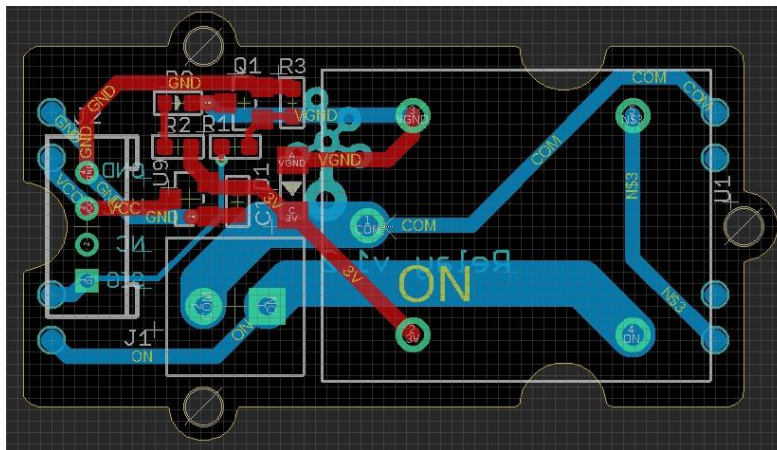


Figura 56 PCB del sistema de interrupción de la bomba de gasolina

6. Prueba del sistema y resultados

En este capítulo se mostrará la prueba de los sistemas, estos sistemas se probaron en un automóvil propio; al final de este capítulo se mostrarán los resultados de estos sistemas.

Pasaremos a la primera prueba en el cual consistía en la obtención de los valores del carro como el nivel de batería, la gasolina, la velocidad del automóvil y el sensor de proximidad de carro, en la figura 57 se muestra el resultado de la primera prueba en donde se puede observar que se visualizan los valores obtenidos del carro correctamente, en esta parte faltaría integrarle las alertas de encendido y si el automóvil está próximo al otro. En el Anexo 9.3 se muestra el código de la implementación de los resultados.

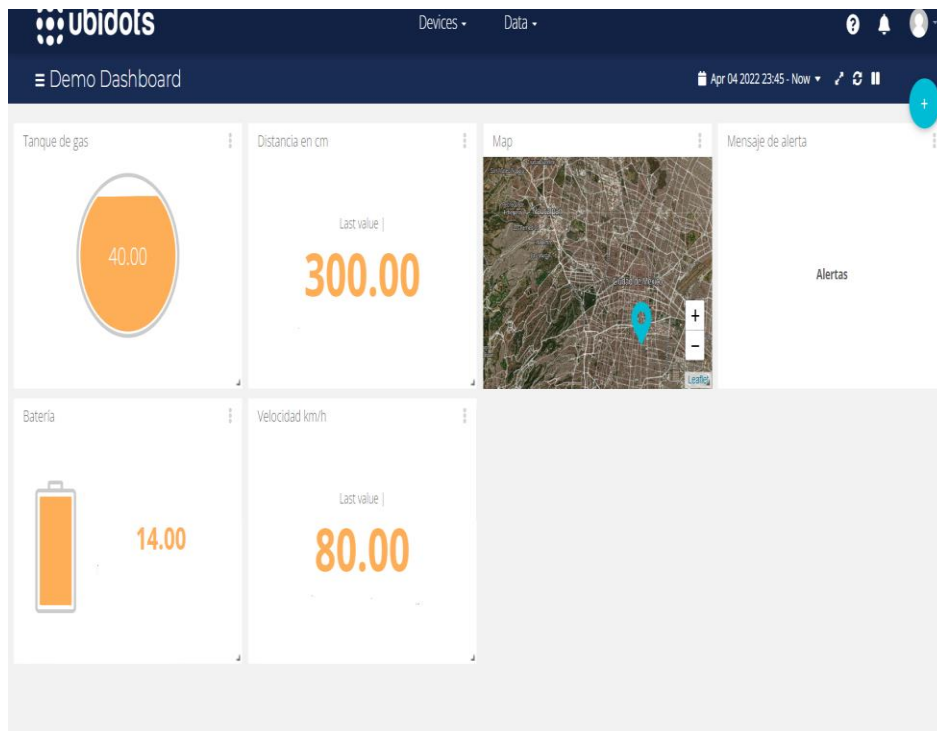


Figura 57 Resultados de la primera prueba

Para la segunda prueba se muestran las alertas de proximidad y de igual manera se muestra el estado del carro, en la figura 58 se muestra que cuando se encuentra a una distancia menor a 100 cm mandará alertas advirtiéndole que se está pegando demasiado al carro.

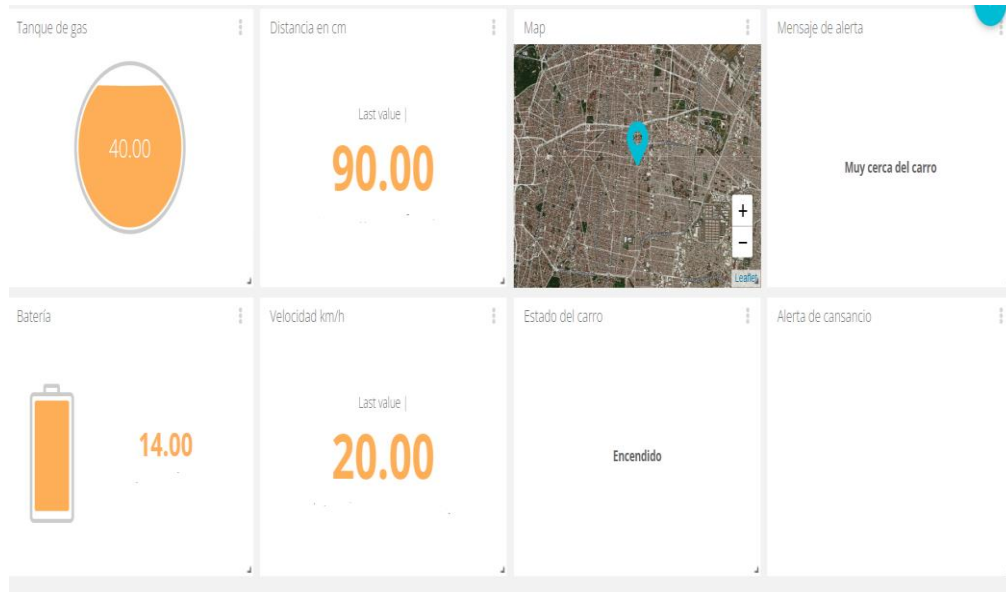


Figura 58 Resultado de la segunda prueba

Para la tercera prueba se apagó el automóvil y se procedió a la detección de los niveles del carro, como se puede ver en la figura 59, se muestra el estado del tanque de gasolina, no indica el nivel de batería que en este caso como está apagado baja la batería a 12 V, la velocidad es de 0 y se dejó una distancia con el carro de 110 cm, también se puede ver el estado del automóvil que está apagado, las alertas y la geolocalización.

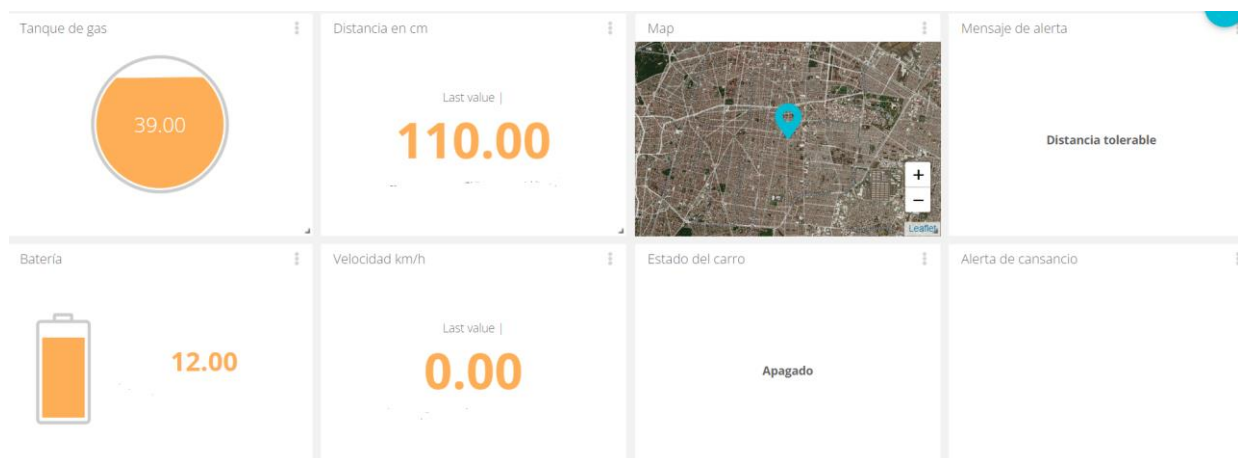


Figura 59 Resultados de la prueba tres

Para la cuarta prueba se apagó el automóvil, se procedió a la detección de los niveles del carro y a la detección del cansancio para bloquear el uso del automóvil en este estado, como se puede ver en la figura 60, se muestra el estado del carro como los niveles del tanque de gasolina, el nivel de batería que en este caso como esta apagado baja la batería a 12 V, la velocidad es de 0, la distancia con el carro de 110 cm, también se puede ver las alertas de fatiga, el bloqueo de la bomba de gasolina y la geolocalización.

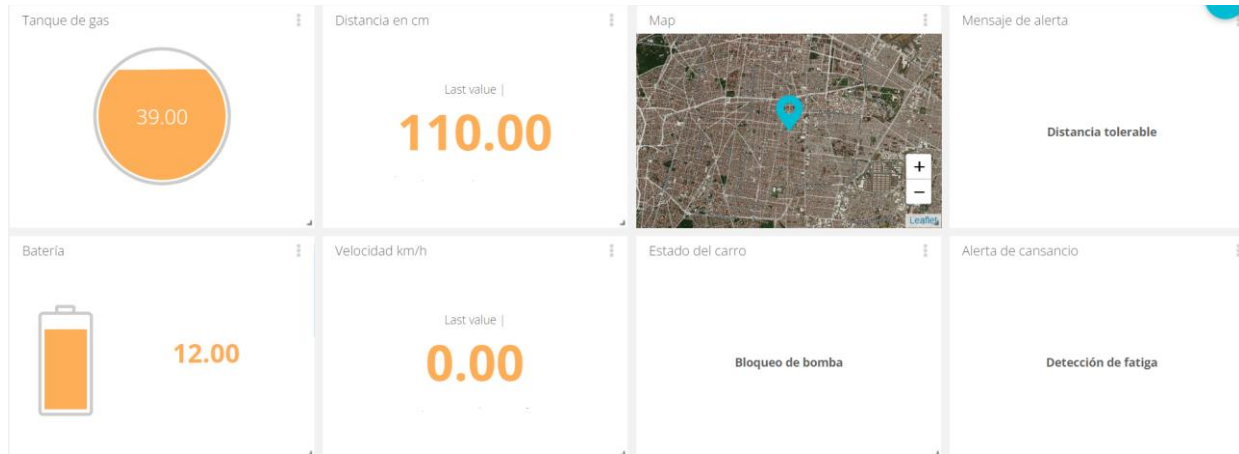


Figura 60 Alertas de detección de fatiga y valores del automóvil

En la figura 61 se muestra la detección de la fatiga y cuando se detecta que está cansado el conductor se envía una alerta y bloquea el paso de la gasolina al carro.



Figura 61 Detección de ojos y rostro

En la figura 62 se muestra el funcionamiento de la detección de los ojos y del rostro, esto en conjunto con los otros dispositivos eléctricos se puede llegar a tener una detección más precisa de la fatiga del conductor.

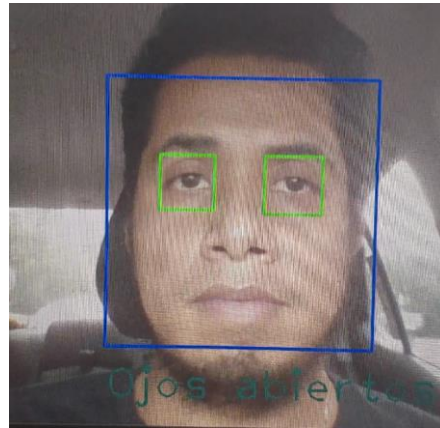


Figura 62 Detección de rostro y ojos

En la figura 63 se puede observar la detección de los carriles de la carretera, el video se realizó en el segundo piso de periférico a la altura de san jerónimo, se puede mostrar que las líneas verdes y azules nos demuestran en donde se encuentran ubicadas las líneas, en caso de que no esté la línea no se mostraría y esto nos indicaría que el conductor se está saliendo del camino.



Figura 63 Detección de líneas de carretera

7. Conclusión y trabajo a futuro

Se implementó un prototipo capaz de detectar el cansancio del conductor mediante el uso de visión artificial; se seleccionó el algoritmo de Haar-Cascade para la detección del rostro, lo cual proporciona una ventaja en cuanto al tratamiento de imágenes mediante la visión artificial, este método ocupa pocos recursos de memoria y procesamiento.

Se desarrolló un sistema que permite alertar de manera visual y sonora al conductor cuando se detecte los síntomas del cansancio, en los diferentes estados (despierto, medio dormido y dormido), mediante el uso de leds indicadores y zumbadores. También se desarrolló un sistema que permite alertar el estado de conducción del conductor, esto por medio de cámaras delanteras que con la ayuda del procesamiento digital podemos analizar y recrear el camino con la finalidad de detectar si el conductor no está manejando adecuadamente.

Se determinó que uno de los factores importantes para determinar el cansancio en una persona son los ojos. Debido a que estos muestran de manera tangible el estado de cansancio que presenta una persona, analizando los parámetros como el nivel de apertura de los ojos, tiempo que duran los parpadeos y la frecuencia de parpadeo. También se mostró que la detección mediante la visión artificial es el método más viable en comparación con otros métodos para detectar signos de fatiga, como puede ser el caso de detección por señales biológicas, porque el método desarrollado en este trabajo no es invasivo, es portable y de bajo costo.

Asimismo se implementa un sistema que obtenga el estado del carro como su batería, las rpm, el nivel de gasolina y el estado de encendido y apagado del automóvil. Todos estos valores tomando en cuenta los de la detección del cansancio se mandan a un servidor que se encuentra en la nube para su supervisión del trayecto del viaje; se implementa un sistema de corta corriente de la bomba de gasolina para evitar que el conductor quiera manejar en estado de cansancio y de esta manera poder evitar accidentes.

Se realizó el prototipo de los sistemas de potencias, la comunicación OBDII y el sistema de cortacorriente de gasolinas; los prototipos fueron probados en mi vehículo Grand i10, los valores que muestran en el capítulo de pruebas y resultados fueron el éxito de los módulos, no obstante también se encontraron dificultades como ver la cobertura de la antena y ver los puntos muertos de la trayectoria de conducción, también observé que el sistema de corta corriente de la bomba de gasolina es una opción si el carro está arado ya que si se corta en carretera tendremos que valorar si el carro va de bajada o de subida y poder accionar este sistema junto con un sistema que accione los frenos para poder ir bajando la velocidad del vehículo.

7.1 Trabajo a futuro

Como se analizó anteriormente en este trabajo realizamos la detección de fatiga y la supervisión de conducción, sin embargo quedan muchos aspectos que podremos mejorar este trabajo de investigación, uno de ellos es la implementación de redes neuronales en la parte de supervisión de conducción con la finalidad de obtener datos más precisos y de poder realizar una estimación de riesgo en la conducción, de esta manera podremos realizar una acción para prevenir accidentes. Una vez obtenida la parte de la predicción de conducción pasaríamos a la implementación de algún otro modulo ADSA como: detección y seguimiento de objetos sobre la carretera, detección y seguimiento de carriles, identificación de señales de tráfico, identificación del punto de atención en la carretera por parte del conductor, entre otros.

Un factor que ha completado el análisis utilizando la visión por computador es el aprendizaje de máquina utilizando redes neuronales convolucionales, con ellas se podría lograr que la segmentación de marcas viales sea posible en cualquier tipo de escenario como por ejemplo las líneas bien definidas, líneas degradadas, el día, la noche, etc. Para finalizar, podríamos agregar aspectos de seguridad, de tal manera que tengamos un canal seguro y no puedan estar modificando datos, o que hagan uso indebido de los datos, también podremos evitar la manipulación de algún dato que pueda altera los datos en la nube.

8. Bibliografía

1. México ocupa séptimo lugar en muertes por accidentes de tránsito (adn40.mx)
2. 10 datos sobre la seguridad vial en el mundo | Prevencionar
3. FMCSA, “Commercial Motor Vehicle/Driver Fatigue and Alertness Study”, Organización Mundial de la Salud. 10 datos sobre la seguridad vial en el mundo. [Internet]. [Consultado 29 marzo 2021]. Disponible en:<http://www.who.int/features/factfiles/roadsafety/es/>
4. FMCSA, “Commercial Motor Vehicle/Driver Fatigue and Alertness Study”, <http://www.fmcsa.dot.gov/safetyprogs/research/cmvmfatiguestudy.htm#methodology> .
5. FMCSA “Research and Technology Program Driver Alertness and Fatigue R & T.” <http://www.fmcsa.dot.gov/safetyprogs/research/driverfatigue.htm> (2002).
6. Driver Eyes Identification Based on Infrared Illuminator, Wei Di and Rongben Wang, 2009 IEEE.
7. Driver Fatigue Detection: A Survey. Qiong Wang; Jingyu Yang; Mingwu Ren; Yujie Zheng. Intelligent Control and Automation, 2006. WCICA 2006. The Sixth World Congress on Volume: 2 0-0 0 Page(s): 8587-8591.
8. Driver Fatigue Detection: A Survey. R.C. Coetzery, G.P. Hancke. IEEE 23-25 Sept. 2009 Page(s):1- 6. IEEE AFRICON 2009.
9. Driver Fatigue Detection Algorithm Based on Eye Features, Jie Tang, Zuhua Fang, Shifeng Hu and Ying Sun. IEEE 2010 Seventh International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery .
10. Driver fatigue detection system. Rogado, E.; Garcia, J.L.; Barea, R.; Bergasa, L.M.; Lopez, E. In Proceedings of the International Conference108 Bibliografía on Robotics and Biomimetics, 2008 (ROBIO 2008). 22-25 Feb. 2009; Page(s): 1105-1110.
11. Driver Fatigue Detection through Pupil Detection and Yawing Analysis. Weiwei Liu, Haixin Sun, Weijie Shen. IEEE 2010 International Conference on Bioinformatics and Biomedical Technology.
12. Driver Fatigue Monitoring Method Based on Multi-information Fusion. Han He Changle Pang Qiuyan Li. IEEE 2010 3rd International Congress on Image and Signal Processing.
13. Drowsiness Detection Based on Eyelid Movement. Danghui Liu, Peng Sun, YanQing Xiao, Yunxia Yin, IEEE, 2010 Second International Workshop on Education Technology and Computer Science.
14. Chang B. C., Lim J. E., Kim H. J., and Seo B. H. A study of classification of the level of sleepiness for the drowsy driving prevention. IEEE, SICE Annual Conference, pages 3084–3089, September 2007.
15. Drowsy Detection and Alarming System. Proceedings of the World Congress on Engineering and Computer Science 2007. WCECS 2007, October 24-26, 2007, San Francisco, USA
16. An effective driver fatigue monitoring system. Shanshan Zhang, Fuqiang Liu and Zhipeng Li. IEEE 2010 International Conference on Machine Vision and Human-machine Interface.
17. An evaluation of driver training as a fatigue countermeasure. Transportation Research Part F 8 (2005) 47-58(ScienceDirect).
18. Face Recognition Using Improved Fast PCA Algorithm, Neerja and Ekta Walia. 2008 IEEE.
19. Fuzzy Based Driver Fatigue Detection. Mandalapu Sarada Devi, Dr Preeti R Bajaj. IEEE 2010.

20. G. R. Maximiliano Florez Mendez, Ivan Hernandez, Estructuración y estandarización de la antropometría facial en función de proporciones, "International Journal of Cosmetic Medicine and Surgery, vol. 6, no. 3. Bibliografía 109
21. Inteligencia Artificial: Una nueva sistesis. Nils J. Nilsson. Mc Graw Hill. Pg 46-49
22. Lal S.K.L., Craig A. (2000a). Driver Fatigue: psychophysiological effects. The Fourth International Conference on Fatigue and Transportation, Australia.
23. Marc L'evin and Franck Luthon. Nonlinear Color Space and Spatiotemporal MRF for Hierarchical Segmentation of Face Features in Video. In IEEE Transactions on Image. Processing, Vol. 13, No. 1, January 2004. pp: 63-71.
24. Neural networks: algorithms, applications, and programming techniques. Jame A. Freeman, Davod M. Skapura. Editorial Addison - Wesley. 1991.
25. Nonintrusive Driver Fatigue Detection. In Proceedings of the International Conference on Networking, Sensing and Control (ICNSC 2008). IEEE 6-8 April 2008 Page(s):905 - 910.
26. A Novel Approach for Real Time Eye State Detection in Fatigue Awareness System, H Wang, L. B. Zhou, Y Ying. 2010 IEEE Conference on Robotics, Automation and Mechatronics
27. A Novel Real-time Face Tracking Algorithm for Detection of Driver Fatigue, Qiufen Yangon , Weihua Gui y Huosheng Hu. IEEE 2010 Third International Symposium on Intelligent Information Technology and Security Informatics.
28. Patter Recognition Using Neural Networks, Theory and Algorithms for Engineers and Scientists. Carl G. Looney, Oxford University Press, 1997. Pg 307-309 110 Bibliografía
29. PERCLOS: A Valid Psychophysiological Measure of AlerVNess As Assessed by Psychomotor Vigilance. FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION OFFICE OF MOTOR CARRIERS. FHWA Contact: Ron Knipling, HCS-30, (202) 366-2981; NHTSA Contact: Paul Rau, NRD13, (202) 366- 0418.
30. A PERCLOS-based Driver Fatigue Recognition Application for Smart Vehicle Space Wu Qing, Sun BingXi, Xie Bin and Zhao Junjie. IEEE 2010 Third International Symposium on Information Processing.
31. The psychophysiological determinants of fatigue, Nirupama Wijesuriya, Yvonne Tran, Ashley Craig, ScienceDirect, International Journal of Psychophysiology 63 (2007) 77-86.
32. Rapid Object Detection using a Boosted Cascade of simple Features, Paul Viola, and Michael Jones. 2001 IEEE.
33. Research on driver's fatigue detection, M. S. D. Preeti Bajaj, Narendra Narole, IEEE eNews SMC, June 2010.
34. ROSALES MAYOR, Edmundo, EGOAVIL ROJAS, Martha Teresa, DURAND VILA, Ivette Solange. Accidentes de carretera y su relación con cansancio y somnolencia en conductores de ómnibus. Rev. Med Hered, abr./jun. 2009, vol.20, no.2, p.48-59.
35. The Study of Driver Fatigue Monitor Algorithm Combined PERCLOS and AECS, Lang Liying y Qi Hoaxing. In Proceedings of the 2008 International Conference on Computer Science and Software Engineering. IEEE. Bibliografía 111
36. Study of the eye's image processing for the determination of driver's fatigue, Zhi-Wei Chou, Chi-Wei Chen, Ke-Nung, IEEE 2009.
37. Study on the Detection of Locomotive Driver Fatigue Based on Image. Gao Fa-deng and Hou Min-xian. IEEE 2010, 2nd International Conference on Computer Engineering and Technology.

38. Vision-based drowsiness detector for a Realistic Driving Simulator. I. Garcia, S. Bronte, L. M. Bergasa, B. Delgado, M. Sevillano. 13th International IEEE Annual Conference on Intelligent Transportation Systems. Madeira Island, Portugal, September 19-22, 2010.
39. Ji Q., Zhu Z., and Lan P. Real time nonintrusive monitoring and prediction of driver fatigue. IEEE, Transaction on Vehicular Technology, 53(4), junio 2004
40. 145] AssistWare Technology. Safetrac. Website, 2007. <http://www.assistware.com/>.
41. 77] Mattsson K. In-vehicle prediction of truck driver sleepiness, lane position variables. Master's thesis, Department of Computer Science and Electrical Engineering, Luleå University of Technology, 2007.
42. 95] Kaneda M., Obara H., and Nasu T. Adaptability to ambient light changes for drowsy driving detection using image processing. (98-S2-P-15):486–491.
43. Ford Motor Company. N.d. Detector de Fatiga. Gaikwad, V y S Lokhande. 2015. Lane Departure Identification for Advanced Driver Assistance. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems 16(2):910–918.
44. Nissan. 2017. Nissan's «Driver Attention Alert» helps detect erratic driving caused by drowsiness and inattention.
45. Nissan. 2017. Nissan's «Driver Attention Alert» helps detect erratic driving caused by drowsiness and inattention.
46. Daimler AG. 2016a. Active Lane Keeping Assist. Daimler AG. 2016b. ATTENTION ASSIST system. Daimler AG. 2016c. Night View Assist.
47. Colic, Aleksandar. 2014. Design and implementation of driver drowsiness detection system PhD thesis Florida Atlantic University.
48. [68]Attention Technologies Inc. Driver fatigue is the number one cause of catastrophic truck accidents. Website, 2005. <http://www.attentiontechnology.com/index.html>.
49. [129] Grace R., Byrne V. E., Bierman D. M., Legrand J., Grcourt D., Davis R., Staszewski J., and Carnahan B. A drowsy driver detection system for heavy vehicles. IEEE, Proceedings of Digital Avionics System Conference, 2:1–8, October 1998.
50. [109] NHTSA. National highway traffic safety administration. Website, 2004. <http://www.nhtsa.dot.gov/>.

9. Anexo

9.1 Código de detección de rostro

```
import cv2
import numpy

def draw_found_faces(detected, image, color: tuple):
    for (x, y, width, height) in detected:
        cv2.rectangle(
            image,
            (x, y),
            (x + width, y + height),
            color,
            thickness=2
        )

# Se captura la transmision de video
video_capture = cv2.VideoCapture(0)

# Creando los objetos en cascada
face_cascade = cv2.CascadeClassifier(cv2.data.haarcascades + "haarcascade_frontalface_default.xml")
eye_cascade = cv2.CascadeClassifier(cv2.data.haarcascades + "haarcascade_eye_tree_eyeglasses.xml")
mouth_cascade = cv2.CascadeClassifier("Resources/Mouth.xml")
while True:
    # Obtener marco individual
    _, frame = video_capture.read()
    # Convertir el marco a escala de grises
    grayscale_image = cv2.cvtColor(frame, cv2.COLOR_BGR2GRAY)

    # Parte en donde detecta las partes de la cara de nuestro interés
    # Parte para detectar la cara
    detected_faces = face_cascade.detectMultiScale(image=grayscale_image, scaleFactor=1.3,
minNeighbors=4)
    # Parte para detectar los ojos
    detected_eyes = eye_cascade.detectMultiScale(image=grayscale_image, scaleFactor=1.3,
minNeighbors=4)
    # Parte para detectar la boca
    detected_mouth = mouth_cascade.detectMultiScale(image=grayscale_image, scaleFactor=1.3,
minNeighbors=4)
```

```

draw_found_faces(detected_faces, frame, (0, 0, 255))
draw_found_faces(detected_eyes, frame, (0, 255, 0))
draw_found_faces(detected_mouth, frame, (255, 0, 0))

# Se muestra el marco actualizado como una transmisión de video
cv2.imshow('Webcam Face Detection', frame)

# Presiona esc para salir
# o presiona 27 para salir
if cv2.waitKey(1) == 27:
    break

# Liberar el recurso de la cámara web
video_capture.release()

# Destruye la ventana que mostraba la transmisión de video
cv2.destroyAllWindows()

```

9.2 Código de zumbador y led indicador

```

# importamos libreria GPIO
import RPi.GPIO as GPIO
# importamos librería tiempo
import time
# Se declaran los pines como salida para el LED
gpio.setmode(gpio.BOARD)
gpio.setup(12, gpio.OUT)
# desactivamos mensajes de error
GPIO.setwarnings(False)
# guardamos en una variable el pin de salida
pin=18
# indicamos el uso de la identificación BCM para los GPIO
GPIO.setmode(GPIO.BCM)
# indicamos que el GPIO18 es de salida de corriente
GPIO.setup(pin,GPIO.OUT)
# bucle que se repite de forma indefinida
while (True):
    # input para introducir el PWM
    PWM=input("Enter PWM (1 to 99):")
    # input para introducir los Herzios

```

```

HZ=input("Enter Hz (0 to 2000);")
# pasamos los valores a integer
pwm=int(PWM)
hz=int(HZ)
# enviamos el sonido
pwm_led=GPIO.PWM(pin,hz)
pwm_led.start(pwm)
# enciende LED
gpio.output(12, True)
time.sleep(0.5)
# apaga LED
gpio.output(12, False)
time.sleep(0.5)

```

9.3 Código para enviar la información a la nube

```

import time
import requests
import math
import random

TOKEN = "XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX" # se coloca el token de ubidots
DEVICE_LABEL = "machine" # se coloca el nombre del nombre de dispositivo
VARIABLE_LABEL_1 = "rpm" # se coloca el nombre de las variables
VARIABLE_LABEL_2 = "tanque" # se coloca el nombre de las variables
VARIABLE_LABEL_3 = "bateria" # se coloca el nombre de las variables
VARIABLE_LABEL_4 = "sensor ultra" # se coloca el nombre de las variables
VARIABLE_LABEL_5 = "indicador de sueño" # se coloca el nombre de las variables
VARIABLE_LABEL_6 = "GPS" # se coloca el nombre de las variables

def build_payload(variable_1, variable_2, variable_3, variable_4, variable_5):
    # Se guarda información para poderla mandar a la nube
    value_1 = 0
    value_2 = 100
    value_3 = 5
    value_4 = 10
    value_5 = 0

```



```

# se genera La variables del GPS
lat = random.randrange(34, 36, 1) + \
    random.randrange(1, 1000, 1) / 1000.0
lng = random.randrange(-83, -87, -1) + \
    random.randrange(1, 1000, 1) / 1000.0
payload = {variable_1: value_1,
          variable_2: value_2,
          variable_3: value_3,
          variable_4: value_4,
          variable_5: value_5,
          variable_6: {"value": 1, "context": {"lat": lat, "lng": lng}},}

return payload

def post_request(payload):
    # Se crea Los cabeceros para La respuesta del HTTP
    url = "http://industrial.api.ubidots.com"
    url = "{} /api/v1.6/devices/{}".format(url, DEVICE_LABEL)
    headers = {"X-Auth-Token": TOKEN, "Content-Type": "application/json"}

    # Se realiza La respuesta del HTTP
    status = 400
    attempts = 0
    while status >= 400 and attempts <= 5:
        req = requests.post(url=url, headers=headers, json=payload)
        status = req.status_code
        attempts += 1
        time.sleep(1)

    # se procesa La información
    print(req.status_code, req.json())
    if status >= 400:
        print("[ERROR] Could not send data after 5 attempts, please check \
            your token credentials and internet connection")
        return False

    print("[INFO] request made properly, your device is updated")
    return True

def main():
    payload = build_payload(

```

```
VARIABLE_LABEL_1, VARIABLE_LABEL_2, VARIABLE_LABEL_3, VARIABLE_LABEL_4,  
VARIABLE_LABEL_5, VARIABLE_LABEL_6)
```

```
print("[INFO] Attempting to send data")  
post_request(payload)  
print("[INFO] finished")
```

```
if __name__ == '__main__':  
    while (True):  
        main()  
        time.sleep(1)
```

9.4 Código para la activación del GPS y GPRS

```
import serial
```

```
import time
```

```
import os
```

```
import GPS_readings
```

```
class GPS:
```

```
    def __init__(self, port='/dev/ttyAMA0', baudrate=9600):
```

```
        self.port = port
```

```
        self.baudrate = baudrate
```

```
        self.ser = serial.Serial(port=self.port, baudrate=self.baudrate)
```

```
        self.initialized = False
```

```
        self.current_milli_time = lambda: int(round(time.time() * 1000))
```

```
self.valid_coords = False
```

```
self.valid_satellites = False
```

```
def attach(self):
```

```
    if self.initialized is True:
```

```
        return False
```

```
        self.ser.write(str.encode('AT+CGNSPWR=1' + '\r\n')) # Se manda comando para  
comprobar el estado de la antena
```

```
        time.sleep(1)
```

```
        if self.wait_for_reply('OK\r\n', 2000) is not True:
```

```
            print('apagado')
```

```
            self.valid_coords = False
```

```
            self.valid_satellites = False
```

```
def attach(self):
```

```
    if self.initialized is True:
```

```
        return False
```

```
        self.port.write(str.encode('AT+CGNSPWR=1' + '\r\n')) # Se manda comando para  
comprobar el estado de la antena
```

```
        if wait_for_reply('OK\r\n', 2000) is not True:
```

```
            return False
```

```

print('encendido')

self.port.write(str.encode('AT+CGNSTST=1' + '\r\n'))

if wait_for_reply('OK\r\n', 2000) is not True:
    return False

self.initialized = True

return True

def detach(self):
    self.ser.write(str.encode('AT+CGNSPWR=0' + '\r\n')) # Se manda comando para
comprobar el estado de la antena

    self.initialized = False

def get_readings(self):
    if self.ser.in_waiting:
        received_nmea = self.ser.readline()

    print(received_nmea)

    tokens = received_nmea.split(',')

    readings = None

    #si la sentencia RMC es igual a la información valida
        if tokens[0] == '$GPRMC':
            self.valid_satellites = False

```

```
if tokens[1] != '':  
    time = tokens[1]  
    hour = time[:2]  
    minutes = time[2:4]  
    seconds = time[4:6]  
    centiseconds = time[7:]  
  
    date = tokens[9]  
    day = date[:2]  
    month = date[2:4]  
    year = date[4:]  
  
    readings =  
GPS_readings.GPS_readings(hora=hour, minutos=minutes, segundos=seconds,  
milisegundos=centiseconds, dias=day, mes=month, ano=year)  
  
if tokens[2] == 'A':  
  
    latitude = tokens[3]  
    latitude_direction = tokens[4]  
  
    longitude = tokens[5]  
    longitude_direction = tokens[6]  
  
    readings.latitude = latitude
```

```

        readings.latitude_dir = latitude_direction

        readings.longitude = longitude

        readings.longitude_dir = longitude_direction

    self.valid_coords = True

    elif tokens[0] == '$GPGSV':

        self.valid_satellites = True

        self.valid_coords = False

        num_satellites = tokens[3]

        if readings is not None:

            readings.num_satellites = num_satellites

    else:

        readings = GPS_readings.GPS_readings(num_satellites=num_satellites)

elif tokens[0] == '$GPGGA':

    fix_quality = tokens[4]

    if fix_quality == '0':

        fix_quality = 'Invalid'

    elif fix_quality == '1':

        fix_quality = 'GPS Fix'

    elif fix_quality == '2':

        fix_quality = 'DGPS Fix'

        self.valid_coords = True

```

```

if tokens[0] == '$GPGSV':
    self.valid_satellites = True
    self.valid_coords = False
    num_satellites = tokens[3]
    if readings is not None:
        readings.num_satellites = num_satellites
    else:
        readings =
GPS_readings.GPS_readings(num_satellites=num_satellites)
    return readings

else:
    return None

```

```

def wait_for_reply(self, reply, timeout):

```

```

    start_time = self.current_milli_time()
    while (self.current_milli_time() - start_time) < timeout:

```

```

        if self.ser.in_waiting:
            line = self.ser.readline()
            if line == reply:
                return True

```

return False