

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
SEDE VIÑA DEL MAR – JOSÉ MIGUEL CARRERA

SISTEMA DE CORTE DE COMBUSTIBLE CON ENVÍO AUTOMÁTICO DE POSICIÓN GPS PARA VEHÍCULOS

Trabajo de Titulación para optar al Título de
TÉCNICO UNIVERSITARIO EN ELECTRÓNICA

Alumno:

Victor Manuel Pérez Muñoz

Profesor Guía:

Ing. José Llantén Álvarez

Profesor Correferente:

Ing. Sergio Riquelme Bravo

2025



CONSTANCIA DE VALIDACIÓN Y CONFIDENCIALIDAD DE MONOGRAFÍA A REPOSITORIO ACADÉMICO

1.- IDENTIFICACIÓN DEL TRABAJO ACADÉMICO

Tipo de monografía (marcar una opción): ☒ Memoria o trabajo de título ☐ Tesis de Postgrado

Título del trabajo: SISTEMA DE CORTE DE COMBUSTIBLE CON ENVÍO AUTOMÁTICO DE POSICIÓN GPS PARA VEHÍCULOS

Nombre del candidato(a): VICTOR MANUEL PÉREZ MUÑOZ

Carrera / Grado: TÉCNICO UNIVERSITARIO EN ELECTRÓNICA

Campus: VIÑA DEL MAR Departamento: ELINF

2.- VALIDACIÓN DEL PROFESOR GUÍA/DIRECTOR DE TESIS

Yo, José Antonio Llantén Álvarez, en mi calidad de profesor(a) guía/director(a) del trabajo académico mencionado anteriormente **DEJO CONSTANCIA** que:

- He revisado esta versión del documento y corresponde a la versión final aprobada del trabajo.
- El trabajo cumple con los requisitos académicos y de formato establecidos por la institución.

3.- EVALUACIÓN DE CONFIDENCIALIDAD POR PROPIEDAD INDUSTRIAL (marcar una opción)

☒ El trabajo **NO contiene** información que amerite confidencialidad y puede ser publicado de inmediato en repositorio con acceso abierto.

☐ El trabajo **CONTIENE** información con potenciales implicancias de propiedad industrial o intelectual y requiere un periodo de confidencialidad (**embargo**) por (**marcar una opción**):

☐ 6 meses ☐ 12 meses ☐ 2 años ☐ 3 años ☐ 5 años ☐ 10 años

Fundamentación de la necesidad de confidencialidad (obligatorio si se solicita embargo):

4.- FIRMAS

Profesor(a) guía o director(a) de memoria o tesis:

Fecha: 23/10/2025 Firma:

Estudiante o Candidato(a):

Fecha: 23/10/2025 Firma:

Este formulario debe ser insertado como página 2 de la memoria o tesis, completado y firmado por estudiante y profesor(a) antes de la entrega en portal PRISMA de Biblioteca USM.

RESUMEN

KEYWORDS: POSICIONAMIENTO GLOBAL, VEHICULO, SMS, GPS, ARDUINO.

En el presente informe de proyecto de título se presenta el desarrollo de un sistema que permite detener la marcha de vehículos utilizando un sistema de posicionamiento global por satélites. Para ello, se diseñó un dispositivo que puede ser accionado a distancia, generando una interrupción en el suministro de combustible del vehículo. El dispositivo diseñado cuenta con la capacidad de obtener las coordenadas precisas de la ubicación actual del vehículo y comunicárselas al usuario mediante un mensaje de texto (SMS).

Además, se describen algunas de las opciones disponibles en el mercado actual que ayudan a prevenir el robo de vehículos, explicando su funcionamiento y ventajas, de este modo presentar las razones por las cuales fueron seleccionadas para la ejecución de este proyecto.

También se detallan las funciones de cada componente utilizado, sus características y modos de operación, con el objetivo de ofrecer una solución integral a la problemática planteada. Finalmente, se resaltan los aspectos más importantes que garantizaron una comunicación efectiva entre los componentes, así como las adaptaciones realizadas para satisfacer las demandas de voltaje y corriente de los elementos empleados en el sistema.

ÍNDICE DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1: problemática, Conceptos importantes y alternativas de mercado	2
1.2 Conceptos importantes	5
1.2.1 Comandos Hayes (AT).	5
1.2.2 Almanaque de GPS.	6
1.2.3 Efemérides de GPS.	6
1.2.4 Trilateración.	7
1.3 Alternativas de mercado y sus características.	8
1.3.1 Relé	8
1.3.2 Rastreo GPS.	9
CAPITULO 2: Bloques de programa, implementación y resultados	10
2.Bloques de programa, implementación y resultados de implementación	11
2.1 Bloques del programa	11
2.1.1 Envío de mensajes	12
2.1.2 Localización y triangulación	13
2.1.3 Selección de unidad de procesamiento.	14
2.1.4 Módulo GPS	16
2.1.5 Módulo GSM	19
2.1.6 Comunicación con placa Arduino	24
2.2 Implementación	25
2.2.1 Obtención de coordenadas	26
2.2.2 Envío y recepción de SMS	31
2.2.3 Corta Combustible	34

2.2.4 Controlador	35
2.3 Resultados de implementación	39
CAPÍTULO 3: Estudio de Costos, cotización y proposición de mejora	40
3. Estudio de costos, cotización y proposición de mejora	41
3.1 Estudio de costos del proyecto	41
3.1.1 Valor de componentes	41
3.1.2 Evaluación de costos de mano de obra.....	42
3.2 Proposición de mejora	44
ANEXOS.....	46
SIM800L	46
GPS NEO M8N	46
Relé SRD	47
Arduino Uno R3	47
Step Down LM2596	48

INDICE DE TABLAS

Tabla 2-1: Comandos AT para GSM	23
Tabla 2-2: Precisión de las mediciones GPS	30
Tabla 2-3: Conexiones entre módulo GPS y Arduino	36
Tabla 2-4: Conexiones entre módulo GSM/GPRS, Regulador de voltaje y Arduino	36
Tabla 2-5: Conexiones entre Relé y Arduino	36
Tabla 3-1: Componentes	42
Tabla 3-2: Valor / Hora promedio de un T.U. en Electrónica	43
Tabla 3-3: Costo total del proyecto	44

INDICE DE FIGURAS

Figura 1-1: Gráfico robos de vehículos.....	4
Figura 1-2: Trilateración	7
Figura 1-3: Relé	8
Figura 1-4: Dispositivo GPS	9
Figura 2-1: Diagrama de bloques	11
Figura 2-2: Red GSM.....	12
Figura 2-3: Triangulacion.....	13
Figura 2-4: Arduino Uno R3	15
Figura 2-5: Modulo GPS NEO M8N	17
Figura 2-6: RF trabajo red en Chile	20
Figura 2-7: Modulo SIM 800L	20
Figura 2-8: Pines SIM800L	21
Figura 2-9: Step Down LM2596	22
Figura 2-10: Librería SoftwareSerial.h	24
Figura 2-11: Asignación pines GPS	24
Figura 2-12: Asignación pines SIM800L	24
Figura 2-13: Etapas del sistema.....	25
Figura 2-14: Implementacion Módulo GPS Neo M8N	26
Figura 2-15: Coordenadas GPS recibidas	27
Figura 2-16: Coordenadas ampliadas	28
Figura 2-17: Medicion de distancias	29
Figura 2-18: Obtencion De Coordenadas	30
Figura 2-19: Conexiones de modulo SIM800L	31
Figura 2-20: Conexiones de regulador Lm2596	32
Figura 2-21: Código para envío de coordenadas vía SMS	32
Figura 2-22: Mensaje recibido por el receptor	33
Figura 2-23: Relé Hw-307	34
Figura 2-24: Conexiones de modulos a Arduino Uno R3	35
Figura 2-25: Diagrama de conexiones	37
Figura 2-26: Ensamblado final	38

SIGLAS Y SIMBOLOGIA

A. SIGLA

PWM	: Modulación por ancho de pulso (Pulse Width Modulation).
I2C	: Circuito Inter-Integrado (Inter-Integrated Circuit).
GPS	: Sistema de posicionamiento global (Global Positioning System).
PPS	: Pulso por segundo (Pulse Per Second).
TxD	: Transmisión de datos (Transmit Data).
RxD	: Recepción de datos (Receive Data).
SPI	: Interfaz periférico serial (Serial Peripheral Interface).
UART	: Transmisor receptor asíncrono universal (Universal Asynchronous Receiver-Transmitter).
USB	: Bus serial universal (Universal Serial Bus).
UTC	: Tiempo universal coordinado (Universal Coordinated Time).
GSM	: Sistema global para las comunicaciones móviles (Global System for Mobile Communications).
WiFi	: Fidelidad inalámbrica (Wireless Fidelity).
SMS	: Servicios de mensajes cortos (Short Message Service).
2G	: Segunda generación (Second Generation).
TCP	: Protocola de control de transmisión (Transmission Control Protocol).
IP	: Protocolo de internet (Internet Protocol).
HTTP	: Protocolo de transferencia de hipertexto (HyperText Transfer Protocol).
GPRS	: Servicio general de radio por paquetes (General Packet Radio Service).
RTC	: Reloj en tiempo real (Real Time Clock).
Tx	: Transmisión (Transmitted).
Rx	: Recepcion (Receive).
URL	: Localizador uniforme de recursos (Uniform Resource Locator).
UF	: Unidad de Fomento.

SCL : Línea de reloj serial (Serial Clock Line).
SDA : Línea de datos serial (Serial Data Line).

B. SIMBOLOGIA

V : Voltaje.
mV : Milivoltios.
DC : Corriente Continua.
VDC : Voltaje continuo.
Kb : Kilobits.
Mbps : Megabits por segundos.
bps : bits por segundos.
Hz : Hertz.
MHz : Mega Hertz.
GHz : Giga Hertz.
mm : milímetro.
cm : centímetro.
m : metro.
s : segundos.
A : Amper.
mA : miliamperios.
gr : gramos.
dBm : decibel-miliwatts.
°C : Grados Celsius.
% : Porcentaje.

INTRODUCCIÓN

Los vehículos constituyen un elemento fundamental en la vida cotidiana, siendo un medio de transporte esencial que facilita desplazamientos a destinos distantes de manera cómoda, además de permitir la carga de objetos o cargas moderadas.

Algunos automóviles incorporan sistemas de posicionamiento global (GPS), los cuales permiten determinar con precisión la ubicación de una persona u objeto. Mediante una técnica conocida como trilateración, estos sistemas son utilizados principalmente para funciones de ubicación, navegación, seguimiento y cartografía. El dispositivo instalado en un vehículo incorpora el uso del sistema de geolocalización para obtener en todo momento la ubicación exacta del vehículo.

El proyecto desarrollado tiene como objetivo que, en caso de robo del vehículo, el propietario pueda detener la marcha del vehículo a distancia, garantizando así su integridad y evitando que terceros retomen la marcha de este. Posteriormente, se puede obtener la ubicación precisa del vehículo haciendo uso del sistema de geolocalización incorporado.

Esta operación remota se realiza a través de una comunicación de datos mediante bandas de frecuencia (SMS), permitiendo que cualquier teléfono móvil pueda interactuar con el dispositivo, dado que este incorpora una tarjeta SIM. La activación del sistema requiere la recepción de una palabra clave previamente configurada. Una vez que el programa reconoce la palabra clave, procede a interrumpir el suministro de combustible y a codificar las coordenadas obtenidas por el sistema GPS. Finalmente, el teléfono que envió la orden recibe un mensaje de texto con una URL de Google Maps que muestra las coordenadas actuales del vehículo detenido.

**CAPÍTULO 1: PROBLEMÁTICA, CONCEPTOS IMPORTANTES Y ALTERNATIVAS DE
MERCADO**

1.1 Problemática.

Según análisis de la policía civil, en la actualidad los vehículos existentes deben contar con sus respectivas llaves para que estos funcionen, es por esto que los delincuentes se apoderan de los vehículos a través del robo con intimidación, además, se evita hacerle daño al vehículo y así lograr que no presente rasgos que fue robado y de este modo queda disponible para un tercero que esté interesado en comprarlo.

Es así como han surgido los hoy denominados "portonazos" y "encerronas", como formas de apropiarse de un vehículo. Una situación que no solo aumentó los riesgos de las personas, al verse expuestas directamente al robo, sino también convirtió este hecho en uno de los delitos de mayor connotación social.

Sergio Soto, jefe de Unidad de Análisis Criminal de la Fiscalía Occidente, organización que pertenece al Poder Judicial chileno, señala que en contexto de la pandemia el comportamiento delictual ha tenido un cambio, en los últimos meses se ha producido **un aumento de 45% de delitos de robo con intimidación y robo con violencia**", cifra que **"durante la cuarentena ha tenido un registro de un 71% de aumento**. Según cifras de la Subsecretaría de Prevención del Delito, en 2018 se cometieron 24.286 robos de vehículos motorizados.

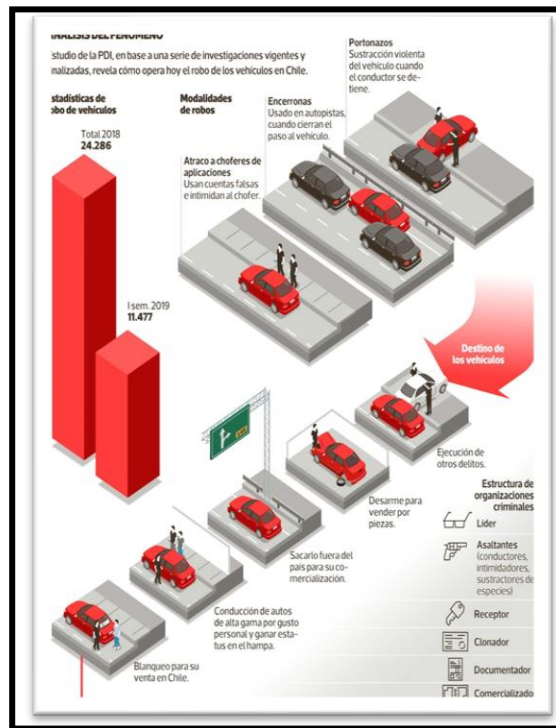


Figura 1-1: Estadística de aumento en robos de vehículos

Fuente: <https://www.latercera.com/nacional/noticia/asi-opera-robo-vehiculos-chile-avance-tecnologico-fomento-la-violencia/815516/>

La Cámara de Diputados aprobó, hace poco tiempo, un proyecto que aumenta las penas a los delitos de robo y receptación de vehículos motorizados o de los bienes que se encuentran al interior de estos. Una iniciativa que se conoce como “Ley Antiportonazos”.

La iniciativa contiene medidas tales como aumentos de penas y consideración de situaciones agravantes, tales como, la receptación o la presencia de menores en los vehículos.

La Subsecretaria Martorell indicó que “*hoy nos hemos reunido con las aseguradoras de vehículos para exigirles el cumplimiento de la Ley Antiportonazos, pero en el estándar que deben tener los GPS que deben entregarle a las personas en forma gratuita. Estos estándares se van a establecer a través de protocolos, en base a un estudio que ha realizado el Ministerio Público y que permite, primero, no poner en riesgo la seguridad de las personas que están manejando en ese momento*”.

Fuente: <https://www.latercera.com/nacional/noticia/asi-opera-robo-vehiculos-chile-avance-tecnologico-fomento-la-violencia/815516/>

<https://www.seguridadpublica.cl/noticia/4305/>

1.2 Conceptos importantes.

1.2.1 Comandos Hayes (AT).

La gran mayoría de los equipos módems se controlan, y comunican a través de un puerto serial, responden a comandos provenientes de un software de comunicación, existiendo comandos específicos para cada equipo, estos indicaban a los dispositivos las diferentes tareas que se deben ejecutar, ante esta problemática de múltiples códigos nace la estandarización de comandos HAYES, logrando así garantizar la compatibilidad entre diferentes módems.

La compañía Hayes Communications se convirtió en el estándar abierto de comandos para configurar y parametrizar módems. La generación de los caracteres “AT”, que preceden a todos los comandos, significan “Atención”, lograron que los denominados comandos de configuración fueran conocidos con el nombre de Comandos AT. Parte del conjunto de comandos Hayes se encuentra incluido por **La Unión Internacional de Telecomunicaciones** (UIT) en el protocolo **V.250**. (Marcación y control automáticos asíncronos en serie)

Todos los comandos que son enviados a un modem deben siempre ir anteceditos por las letras “AT”, a continuación de estas irán los comandos deseados sin espacios. La cadena de caracteres debe finalizar con un “Enter” o un “Salto de línea” y a su vez no debe sobrepasar los 255 caracteres, ya que este es el tamaño máximo del buffer.

Un dispositivo que utilice el conjunto de comandos Hayes se considera **compatible Hayes**. La adopción de este estándar permitió el desarrollo de controladores específicos para distintos módems.

Fuente: https://es.linkfang.org/wiki/Conjunto_de_comandos_Hayes

1.2.2 Almanaque de GPS.

Son datos transmitidos por un satélite GPS hacia el receptor GPS, los cuales se encuentran incluidos dentro del mensaje de navegación de cada satélite. Estos datos incluyen información de la órbita de **todos** los satélites, corrección de reloj y parámetros de retraso atmosférico. Se utiliza para comprobar cuáles son los satélites que están visibles para un receptor en una determinada posición y en un momento específico, de esta manera permite el receptor genere un rastreo más rápido de satélites cercanos

1.2.3 Efemérides de GPS.

Corresponde a un conjunto de parámetros numéricos que describen las posiciones precisas de los satélites en función del tiempo y permite al receptor GPS calcular la posición del satélite por medio de sus coordenadas astronómicas.

También son utilizadas para calcular la posición y desviación del reloj del receptor.

Fuente: <https://glosarios.servidor-alicante.com>

<https://www.meinberg.es/soporte/informacion/global-positioning-system.htm>

1.2.4 Trilateración.

La trilateración es la técnica clave que usan los sistemas de navegación GPS para calcular la posición exacta de un dispositivo en la Tierra. Para lograrlo, el receptor GPS mide su distancia a, al menos, tres satélites en órbita, usando las señales de radio que estos envían.

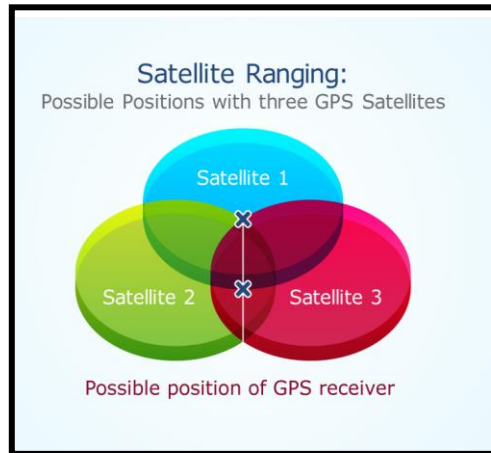


Figura 1-2: Trilateracion

Fuente: <https://www.geotab.com/es-atam/blog/qu%C3%A9-significa-gps/>

Cada satélite envía una señal con su ubicación y la hora exacta en que la transmitió. El receptor GPS recibe estas señales y calcula cuánto tiempo tardaron en llegar. Como las ondas de radio viajan a la velocidad de la luz, multiplicar ese tiempo por su velocidad permite saber qué tan lejos está cada satélite.

Con esas distancias, el receptor imagina tres esferas invisibles alrededor de cada satélite. El punto donde estas esferas se cruzan revela su posición exacta. Usar tres satélites da la ubicación en el espacio, pero un cuarto ayuda a corregir errores, como retrasos causados por la atmósfera o fallos en el reloj del dispositivo.

1.3 Alternativas de mercado y sus características.

1.3.1 Relé.

Es un equipo eléctrico que funciona como un interruptor, abriendo y cerrando el paso de la corriente eléctrica y es accionado eléctricamente. El relé permite abrir o cerrar contactos mediante un electroimán. Se requieren relés en el rango de 30 amperios para los accesorios, tales como luces auxiliares de conducción, amplificadores del sistema de audio, ventiladores eléctricos, bombas de combustible eléctricas, bombas eléctricas de agua, etc.



Figura 1-3: Relé

Fuente: <https://www.amazon.com/-/es/dp/B08SCCHM4L>

Cuando estos dispositivos son accionados, interrumpen el flujo de corriente en el circuito de alimentación de los diferentes dispositivos del vehículo. En el caso de la bomba de combustible genera una interrupción en el flujo de combustible, logrando así que el vehículo no pueda continuar su marcha, generando la detención del vehículo y que este no pueda arrancar nuevamente.

1.3.2 Rastreo GPS.



Figura 1-4: Dispositivo GPS

Fuente: <https://www.amazon.com/es-/dp/B08SCCHM4L>

El sistema GPS es una tecnología que permite determinar la ubicación exacta de un objeto en cualquier parte del mundo. Funciona mediante una red de satélites que orbitan la Tierra y emiten señales con información sobre su posición y tiempo. Para calcular la ubicación, un receptor GPS necesita captar señales de al menos cuatro satélites, utilizando un proceso llamado trilateración. El sistema consta de tres componentes principales:

- Los satélites, que emiten las señales
- Las estaciones terrestres, que monitorean y controlan los satélites
- Los receptores, que interpretan las señales para determinar la posición.

Gracias a esta red, el GPS ha revolucionado el rastreo y seguimiento de vehículos en tiempo real.

CAPITULO 2: BLOQUES DE PROGRAMA, INPLEMENTACION Y RESULTADOS

2.BLOQUES DE PROGRAMA, IMPLEMENTACION Y RESULTADOS DE IMPLEMENTACIÓN

El presente capítulo tiene como objetivo proporcionar una descripción detallada de los bloques que conforman el proyecto, con el fin de comprender su funcionamiento. Cada uno de estos bloques desempeña un papel fundamental en la ejecución del sistema, por lo que se explican sus funciones generales y su contribución al resultado final del proyecto.

Además, se analizan los componentes que integran cada bloque, lo que permite una comprensión clara de su funcionamiento. Asimismo, se presentan las especificaciones técnicas correspondientes, las cuales son esenciales para evaluar el desempeño, las capacidades y las limitaciones de cada módulo utilizado en el desarrollo del proyecto.

2.1 Bloques del programa

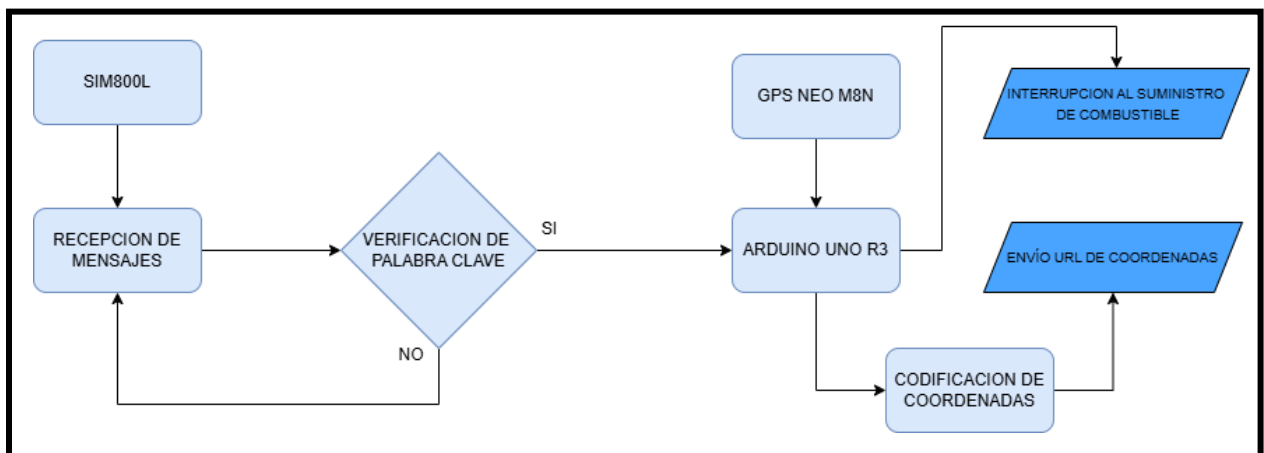


Figura 2-1: Diagrama de bloques

Fuente: [Elaboración propia](#)

El módulo SIM800L se comunica con la placa Arduino Uno R3 para la recepción y envío de mensajes de texto. Cuando se detecta un mensaje que contiene una palabra clave específica, la placa Arduino toma las coordenadas obtenidas desde el módulo GPS NEO M8N, las codifica y las envía mediante un SMS al número desde el cual se recibió dicha palabra clave. Simultáneamente, se activa un relé de contacto seco que interrumpe el suministro de combustible del vehículo, ejecutando así una acción de seguridad en respuesta al mensaje recibido.

2.1.1 Envío de mensajes

La posibilidad de comunicarse con otra persona en tiempo real, lo habilita el módulo GSM SIM800L, el cual es un invento del último siglo.

GSM son las siglas de Global System for Mobile communications (sistema global para las comunicaciones móviles) y es un tipo de red que se utiliza para la transmisión móvil de voz y datos.



Figura 2-2: Red GSM

Fuente: <https://www.muylinux.com/2018/02/12/tecnologias-web-infografia/?noamp=mobile>

Existe una serie de antenas que dan cobertura a una zona determinada, llamada celda. Cada antena está conectada a una estación base llamada BTS (Estación Transceptora Base) que conecta dicha celda a un Centro de Conmutación Móvil (MSC) que es el sistema encargado de administrar el encaminamiento de las llamadas de un usuario móvil y conectarlo con otras redes de otro tipo, como telefonía fija o enviar las llamadas a otro operador.

2.1.2 Localización y triangulación

Es un sistema, el que permite determinar la ubicación exacta de un dispositivo en cualquier lugar del mundo, funciona gracias a una red de satélites en órbita que envían señales a los receptores en la Tierra. El sistema funciona mediante un principio llamado trilateración

Gracias a su precisión y cobertura global, el sistema GPS permite ubicar tanto a personas como a objetos en tiempo real. La información obtenida se representa sobre una cartografía digital o un mapa, facilitando la visualización del punto exacto donde se encuentra el receptor. Este proceso de georreferencia tiene aplicaciones en una amplia variedad de campos, como la seguridad, el transporte, la investigación científica y la gestión territorial.



Figura 2-3: Triangulación

Fuente: <https://www.aristasur.com/contenido/como-funciona-el-sistema-de-posicionamiento-gps>

2.1.3 Selección de unidad de procesamiento.

En la actualidad existen variadas tarjetas de procesamiento, ya sean microcontroladores o microprocesadores, diseñadas para la rápida implementación de proyectos, entre estas se encuentran conocidas marcas como Arduino, Intel, BQ, Raspberry Pi, entre otras. Estas tarjetas de desarrollo presentan conexiones rápidas y simples para la implementación de prototipos o simplemente adentrarse y comprender el mundo de la programación, robótica o la más reciente conocida como IOT o internet de las cosas.

Estas tarjetas varían según las utilidades que se han incorporado en ellas (Bluetooth, protocolos de comunicación, Wifi, cantidad de puertos de conexiones, etc.). Potencia y/o velocidad de procesamiento (Procesador integrado en la tarjeta). Alimentación de entrada y otros aspectos, los cuales son considerados para generar una puntuación de las tarjetas en el mercado.

Debido a la contingencia nacional producida por el SARS-CoV-2 se ha decidido considerar en primer lugar la accesibilidad de compra (Stock), en segundo lugar, la puntuación en el mercado y posteriormente el precio.

La tarjeta Arduino Uno R3 fue la tarjeta escogida para desarrollar la implementación de este proyecto. Arduino Uno R3 es la unidad central de procesamiento del dispositivo en la cual se escriben los programas mediante los cuales se gestionan los otros módulos y se procesa la información recibida de estos.



Figura 2-4: Arduino Uno R3

Fuente: <https://arduino.cl/producto/arduino-uno/>

La tarjeta Arduino Uno R3 dispone de:

- Microcontrolador ATmega328.
- Voltaje de entrada 7-12VDC.
- 14 pines digitales de I/O (6 salidas PWM).
- 6 entradas análogas.
- 32KB de memoria Flash.
- Reloj de 16MHz de velocidad.

Con una dimensión de 68.6mm x 53.4mm, el Arduino Uno R3 cuenta con 14 pines digitales de entrada/salida, de estos pines digitales 6 pueden ser utilizados como salidas analógicas y cuenta con 6 entradas analógicas de 10 bits de resolución.

Cuenta con un puerto de comunicación **serial**, este puerto utiliza los pines digitales 0 y 1 para la recepción y transmisión de datos, respectivamente. La placa también incorpora un bus **SPI**, los pines designados para esto son los pines digitales 10, 11, 12 y 13. Por último presenta la posibilidad de comunicarse utilizando el protocolo **I2C** utilizando los pines SCL y SDA, estos pines coinciden con los pines analógicos de entrada A4 y A5.

Fuente: <https://arduino.cl/producto/arduino-uno/>

2.1.4 Módulo GPS

Para obtener la ubicación del vehículo se debe hacer uso del Sistema de Posicionamiento Global (GPS), para esto se hace uso de un módulo habilitado para comunicarse con los satélites que orbitan el planeta tierra, de esta forma realizar la localización y triangulación. Expuesto en la sección bloques de programa.

Todo GPS existente tiene un protocolo de comunicación estandarizado, sin embargo, estos se diferencian según la precisión de localización (en metros), número de pines, tipos de antenas y tipos de conexiones que poseen.

Para una correcta elección del módulo GPS a utilizar se ha considerado la contingencia nacional provocada por la pandemia a causa del SARS-CoV-2, es por esto que se consideraron varios factores tales como, stock, precio, puntuación en el mercado, fiabilidad del fabricante e información técnica del proveedor.

Luego de una larga investigación sobre módulos GPS compatibles con Arduino se encontraron los modelos GPS Neo del fabricante U-Blox, los cuales presentan una muy buena precisión y fiabilidad del producto a un costo bastante accesible. Entre la gran variedad de GPS Neo se utilizó el GPS Neo M8N con un precio de \$11.590 CLP, este módulo dispone de 5 pines de conexión, +Vcc, (-) Ground, PPS, TxD, RxD, siendo estos últimos 2 pines los que permiten la comunicación serial con la placa Arduino Uno R3. Las dimensiones del módulo GPS Neo M8N son 22 x 30 x 13 (mm).



Figura 2-5: : Modulo GPS NEO M8N

Fuente: <https://electrobes.com/product/ublox-neo-m8n-gps-positioning-module-gps-navigation-module-ublox-high-precision/>

El módulo GPS Neo M8N se alimenta directamente desde los pines +3.3V y ground de la placa Arduino y se comunica con ésta a través de 2 pines seriales designados con anterioridad (Tx y Rx), generando el envío de las coordenadas extraídas desde los satélites con los cuales se ha logrado comunicar. Para lograr esta acción el módulo cuenta con una antena de cerámica incorporada en la parte posterior, las dimensiones de la antena son 18 x 18 mm.

Características del U-Blox GPS Neo M8N:

- Frecuencia: 1,575 GHz
- Número de canales: 72
- Tiempo para el primer ajuste: Inicio frío de 26 s – Inicio caliente 1 s
- Sensibilidad de adquisición: - 167 dBm
- Precisión de la posición horizontal: 2.5 m
- Voltaje de alimentación operativo: 2.7 V a 3.6 VDC
- La intensidad de corriente necesaria es de aproximadamente 37mA en modo de medición continuo.
- Tipo de interfaz: I2C, SPI, UART, USB

- Temperatura de trabajo máxima: + 85 °C
- Protocolo: GPS, GLONASS, Galileo, BeiDou

El módulo GPS dispone de una pequeña pila encargada de mantener la hora UTC y de esta forma agilizar el posicionamiento después de la primera conexión.

Es importante entender la diferencia entre arranque en frío y arranque en caliente. Los receptores del módulo GPS almacenan en sus memorias cierta información sobre la posición y el estado de los satélites para facilitar la próxima conexión a estos.

Cada satélite transmite su propio conjunto de efemérides, hora GPS y almanaque de todos los satélites existentes.

El más lento de todos los arranques es el **autónomo**. En este arranque el receptor del GPS tiene nulos los 3 términos mencionados anteriormente, este arranque se ocasiona la primera vez que se enciende el receptor o tras una parada demasiado prolongada. Puede durar desde unos cuantos minutos hasta un par de horas, dependiendo de la potencia de la antena y el receptor.

El arranque en frío se produce cuando el módulo tan solo conserva el almanaque válido para concebir la conexión con los satélites, el tiempo estándar de conexión de este arranque ronda los 40 segundos.

El arranque más rápido es el caliente. Este se origina después de una pequeña desconexión del receptor GPS y la reconexión ocurre en un periodo de 1 a 10 segundos aproximadamente. En este arranque el receptor tiene el almanaque y las efemérides actualizadas y además la hora local lo bastante precisa

Fuente: https://www.u-blox.com/sites/default/files/NEO-M8-FW3_DataSheet_UBX-15031086.pdf

2.1.5 Módulo GSM

Una vez que el módulo GPS ha obtenido las coordenadas, estas son almacenadas en una variable que luego serán enviadas al usuario. Existen varios tipos de comunicación inalámbricas posibles para que el usuario reciba las coordenadas obtenidas por el módulo, entre las más conocidas se encuentran el Bluetooth, Wifi, SMS y llamadas telefónicas.

A modo de optimizar el envío del posicionamiento del vehículo se ha decidido utilizar una tecnología capaz de realizar envíos de mensaje que utilizan la red GSM (Sistema Global para comunicaciones Móviles), esta red presenta un bajo BW, pero, otorga la mayor cobertura disponible. Permite cubrir extensas distancias de comunicación, gracias a que hace uso de la red 2G o GSM. Haciendo uso de la red 2G se pueden realizar llamadas, recibir llamadas y enviar SMS con información de las coordenadas.

Existen un sinnúmero de módulos GSM que incorporan la tecnología GPRS, denominados como módulos GSM/GPRS, los cuales junto con tener la capacidad de enviar y recibir mensajes (SMS), pueden enviar y recibir datos (TCP / IP / HTTP , etc.)

Luego de una ardua búsqueda se decidió hacer uso del módulo GSM/GPRS SIM800L (Figura 9), este dispositivo de cuatro bandas utiliza las frecuencias GSM850MHz, EGSM900MHz, DCS1800MHz y PCS1900MHz. Las frecuencias 2G en Chile corresponden a 850 MHz / 900 MHz / 1900 MHz al 23 de Septiembre del 2017.

Es importante destacar que para un correcto funcionamiento del módulo **GSM/GPRS SIM800L** la tarjeta SIM que se utiliza debe pertenecer a los operadores móviles Claro, Entel, Movistar, Wom o VTR. La siguiente figura 2-6 muestra los operadores de red presentes en el territorio chileno.

Bandas (MHz) / Tecnología	700 MHz	850 MHz	900 MHz	1700 / 2100 MHz	1900 MHz	2600 MHz
2G		CLARO MOVISTAR	ENTEL		CLARO ENTEL MOVISTAR	
3G		CLARO MOVISTAR	ENTEL	WOM VTR	CLARO ENTEL MOVISTAR	
4G	CLARO ENTEL MOVISTAR			WOM VTR		CLARO ENTEL MOVISTAR

Figura 2-6 RF trabajo red en Chile

Fuente: <https://www.registratuimei.cl/blog/bandas-de-frecuencia-utilizadas-chile/>

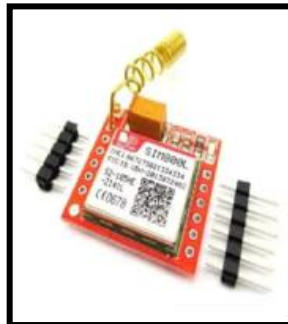


Figura 2-7: Módulo SIM 800L

Fuente: <https://www.mcielectronics.cl/shop/product/modulo-celular-gprs-sim800l-26256>

Características del SIM800L:

- Se conecta a cualquier red GSM global con cualquier tarjeta SIM 2G o superior.
- Tensión de trabajo 3,5~4,2VDC.
- Consumo de Corriente: 500 mA (2 Amperes durante el inicio, al buscar redes)
- Consumo de Corriente en Modo Sleep: 0.7 mA
- Interfaz: Serial UART

- Comunicación de Datos bajo tecnología 2G GPRS (TCP/IP, HTTP, etc)
- Controlado por Comandos AT
- Velocidad Máxima de Transmisión GPRS 85.6 Kbps
- Soporta Reloj en tiempo real (RTC)
- Velocidades de transmisión serial desde 1200bps hasta 115200bps

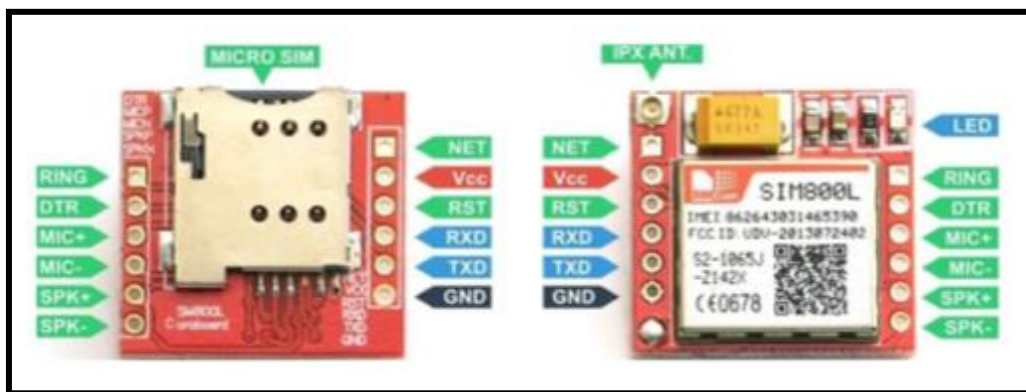


Figura 2-8: Pines SIM800L

Fuente: <https://www.diypotential.com/sim800l-with-arduino/>

Se utilizaron 6 de los 12 pines de conexión disponibles:

- Net: Es una antena de cobre en espiral de 2.5 cm.
- Vcc: Es el positivo de la alimentación.
- Rst: Reinicio (se fuerza un reinicio cuando el pin es conectado a un nivel lógico 1).
- TxD y RxD: Pines reservados para la comunicación serial.
- Gnd: Tierra (es el negativo de la alimentación).

La alimentación obligatoriamente debe ser externa a la placa, debido a los picos de demanda energética del módulo durante su funcionamiento. Mediante los pines de salida del Arduino Uno R3 no es posible suministrar estos picos de energía pudiendo quedar el módulo bloqueado, reiniciarse en forma constante e incluso quemarlo. Para satisfacer las demandas de corriente y voltaje necesarias para el arranque del módulo se utilizó el convertidor de voltaje DC-DC Step-Down 3A LM2596.

El módulo SIM800L se comunica a través del puerto UART, es decir, puede enviar y recibir comandos (AT) a través de los pines RX/TX.



Figura 2-9: Step Down LM2596

Fuente: <https://electronilab.co/tienda/modulo-lm2596-convertidor-de-voltaje-dc-dc-buck-1-25v-35v/>

Características de convertidor DC-DC LM2596:

- Voltaje de entrada: 4.5V a 40V DC.
- Voltaje de salida: 1.23V a 37V DC.
- Corriente de Salida: máx. 3A.
- Potencia de salida: 25W.
- Eficiencia de conversión: 92%
- Regulación de carga: $S(I) \leq 0.5\%$.
- Regulación de voltaje: $S(u) \leq 0.5\%$.
- Frecuencia de Trabajo: 150KHz.
- Ripple en la salida: 30mV (máx.) 20M bandwidth.

- Protección de corto circuito hasta 5A.
- Protección limitadora de corriente.
- Dimensiones: 43mm*21mm*13mm.

Éste módulo tiene como función entregar un voltaje de salida constante inferior al voltaje de entrada frente a variaciones del voltaje de entrada o de carga. Soporta corrientes de salida de hasta 3A, voltaje de entrada entre 4.5V a 40V y voltaje de salida entre 1.5V a 35V. El voltaje de salida se selecciona mediante un potenciómetro multivuelta.

Tabla 2-1: Comandos AT para GSM

Comandos	Función
AT	Sirve para verificar si el módulo SIM900 está funcionando adecuadamente para entrar en modo comando. Al enviar el comando AT el SIM deberá contestarnos con un OK
AT+CGMI	Se presenta el nombre del fabricante
ATI	Ver la información del producto.
AT+COPS?	Operadores presentes en la red.
AT+CMGS="+56xxxxxxxxx"	Envía un mensaje SMS al número de teléfono especificado
AT+CGSN	Visualiza el IMEI del chip utilizado
AT+CSCS="XXX"	Configura tipo de texto
AT+CMGF?=1	Selecciona el formato del mensaje SMS como texto.
AT+CSQ	Comprueba la "intensidad en dB de la señal"
AT+CREG?	Comprueba que está registrado en la red
AT+CCID	Permite obtener el número de la tarjeta SIM

2.1.6 Comunicación con placa Arduino

Los pines TxD y RxD del módulo GPS junto con el módulo GSM/GPRS permiten la comunicación serial, para lograr la comunicación entre la placa Arduino Uno en ambos dispositivos se deben declarar 4 pines digitales diferentes al pin 0 y 1 como salida para la comunicación serial, debido a que 0 y 1 son pines que la placa Arduino Uno utiliza para comunicarse con el "Monitor Serial" y es compartido para la comunicación RS232 del USB de la placa cuando se hace uso del monitor serial, por ende no debe estar conectado ningún dispositivo en este puerto, debido a que Arduino lo interpretará como pines ocupados, denegando la comunicación entre el monitor serial y el microprocesador.

Para solucionar esta problemática se incluyó al código de programación la librería <SoftwareSerial.h>, posteriormente se ingresó el código SoftwareSerial + "Xxxxx". Siendo "Xxxxx" el nombre elegido para identificar el dispositivo. Este código permite que salidas digitales se asignen como pines seriales (TxD y RxD).

Tanto <SoftwareSerial.h> como SoftwareSerial + "Xxxxx" se encuentran incluidos dentro de las variables globales.

```
15 #include <SoftwareSerial.h>
```

Figura 2-10 Librería SoftwareSerial.h
Fuente: [Elaboración propia](#)

```
19 // Coneccion Serial a GPS
20 SoftwareSerial ss(3, 4);
```

Figura 2-11: Asignación pines GPS
Fuente: [Elaboración propia](#)

```
22 //Comunicacion Serial a GSM
23 SoftwareSerial MOD_SIM800L (7 , 8);
```

Figura 2-12: Asignación pines SIM800L
Fuente: [Elaboración propia](#)

2.2 Implementación

Durante la implementación se procedió a realizar las conexiones de pines entre los diferentes módulos, para la comunicación UART entre la placa Arduino Uno R3 y el módulo GSM se asignaron los pines 7 y 8 y para comunicación entre la placa Arduino Uno R3 y el módulo GPS se asignaron los pines 3 y 4 haciendo uso de la biblioteca SoftwareSerial, sin embargo, no pueden transmitir y recibir ambos módulos a la vez, debido a que se crean colisiones de datos, por lo que se debió separar en dos programas diferentes los códigos de programación, uno para el envío y recepción de mensajes SMS y otro para la obtención de las coordenadas GPS.

Teniendo presente lo anterior el proyecto se divide en 3 etapas: Obtención de coordenadas (GPS), Envío y recepción de mensajes (GSM) e Interrupción al suministro de combustible (Relé).

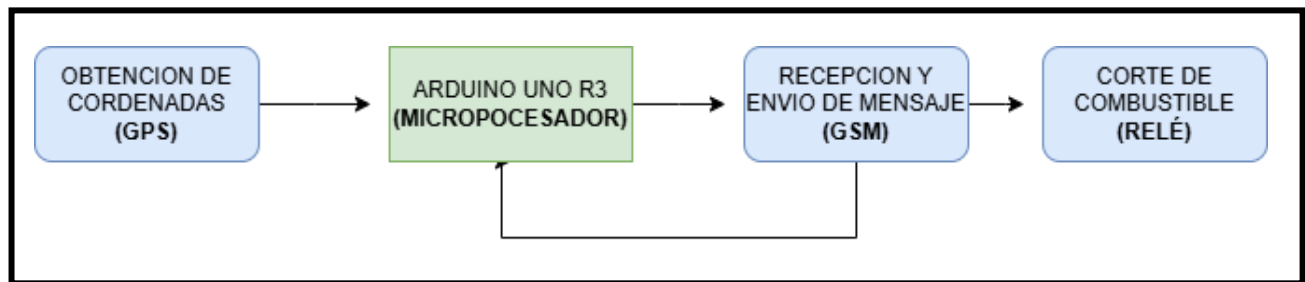


Figura 2-13: Etapas del sistema

Fuente: [Elaboración propia](#)

2.2.1 Obtención de coordenadas

El encargado de realizar esta labor es el módulo GPS Neo M8N., en el cual se definió una comunicación serial con la placa Arduino R3 a una velocidad de 9600 baudios y se le asignaron los pines 3 y 4 de la placa microprocesadora para transmisión y recepción de datos respectivamente, posteriormente se puso en marcha el modulo GPS forzando un arranque en frio (de mayor lentitud) en el exterior.

La figura 2-14 muestra la conexión del módulo GPS seleccionado.

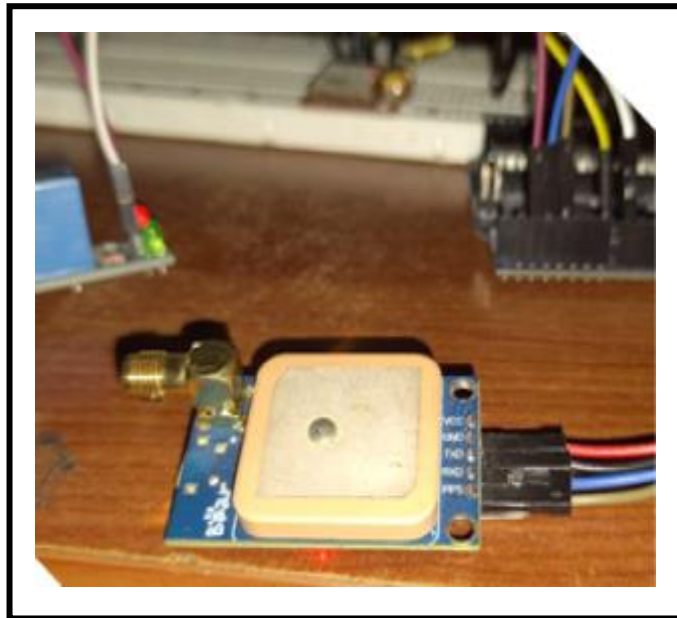


Figura 2-14: Implementacion Módulo GPS Neo M8N

Fuente: [Elaboración propia](#)

Para evaluar el desempeño del módulo GPS NEO M8N, se ejecutaron pruebas de campo en las cuales:

- Se registraron las coordenadas geográficas recibidas mediante mensajes SMS con formato de URL.

- Se ponderó la precisión posicional comparando los datos del GPS con referencias espaciales.
- Se utilizó la herramienta de medición de distancia de Google Maps como patrón de validación métrica.

Los resultados de estas pruebas se presentan en las Figuras 2-15, 2-16 y 2-17.

La Figura 2-15 muestra las coordenadas recibidas mediante mensajes SMS durante las pruebas de validación, donde se realizaron ocho pruebas independientes, registrando posiciones distintas en cada caso, representadas cartográficamente para verificar la correcta recepción y decodificación de los datos GPS enviados por el dispositivo.

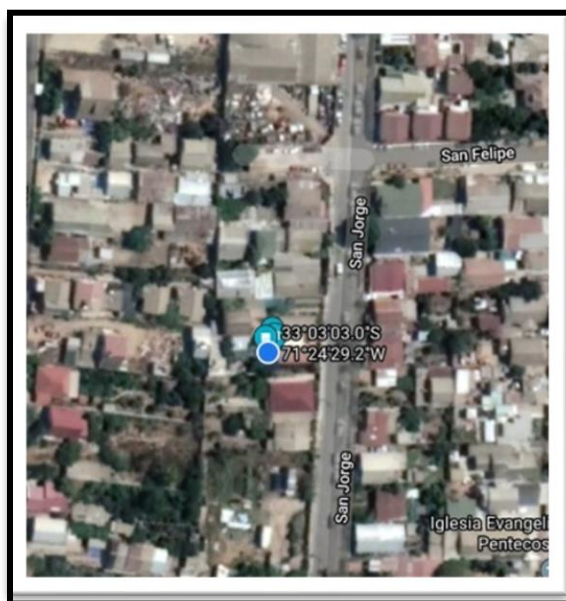


Figura 2-15: Coordenadas GPS recibidas

Fuente: [Elaboración propia](#)

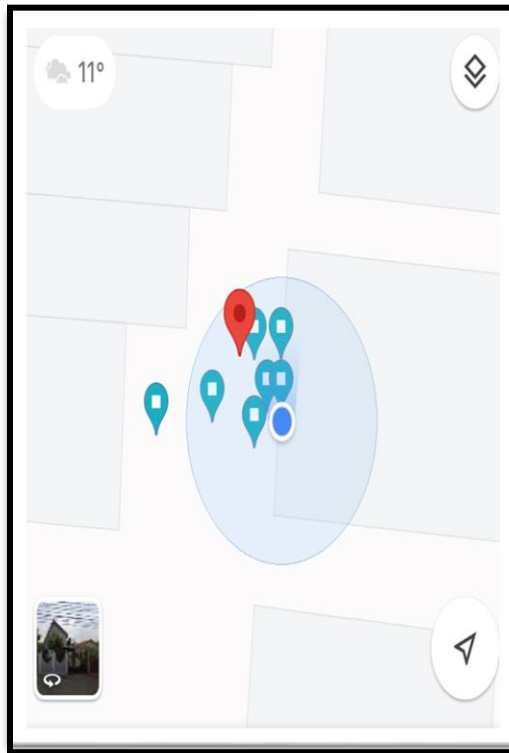


Figura 2-16: Coordenadas ampliadas

Fuente: [Elaboración propia](#)

La Figura 2-16 muestra un detalle ampliado del conjunto de coordenadas geográficas que fueron recibidas y almacenadas por el sistema, las cuales sirven como base para evaluar su desempeño. Estos datos permiten realizar un análisis detallado de la precisión posicional del sistema GPS incorporado, verificando la exactitud de las ubicaciones registradas.

La Figura 2-17 presenta el proceso de validación métrica realizado haciendo uso de la herramienta de cálculo de distancias de Google Maps. Se utiliza el GPS interno del dispositivo móvil como punto base de medición

Para posteriormente determinar el margen de error entre las coordenadas recibidas del módulo GPS NEO M8N y la ubicación reportada por el GPS del Smartphone.

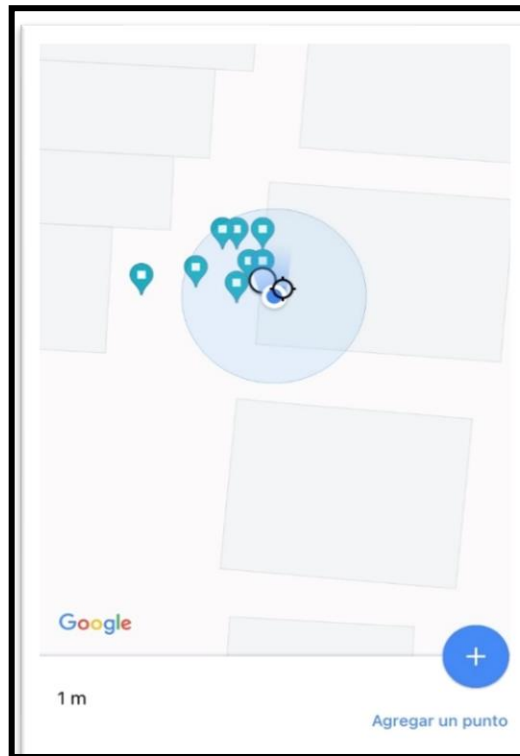


Figura 2-17: Medicion de distancias

Fuente: [Elaboración propia](#)

La Tabla 2-2 Recopila los datos de geolocalización recolectados durante las pruebas del módulo GPS NEO-M8N, incluyendo las coordenadas registradas y el análisis estadístico de su precisión mediante el cálculo del error posicional promedio.

Tabla 2-2: Precisión de las mediciones GPS

N° de Conjunto de Coordenadas recibidas	Error respecto a punto de referencia (m)
1°	3
2°	2
3°	2
4°	2
5°	2
6°	1
7°	1
8°	1
Promedio	1,75

Fuente: [Elaboración propia](#)

Las coordenadas de latitud y longitud que son obtenidas por el módulo GPS son añadidas a un enlace URL de Google Maps, este enlace se almacena como una variable denominada “(link)” tipo String. En la figura 2-18 se muestra el código utilizado para esto.

```

7  Serial.print(F("Location: "));
8  if (gps.location.isValid())
9  {
10     digitalWrite(relay, LOW);
11     Serial.print(gps.location.lat(), 6);
12     Serial.print(F(", "));
13     Serial.print(gps.location.lng(), 6);
14     String latitud = String(gps.location.lat(), 6);
15     String longitud = String(gps.location.lng(), 6);
16     String maps = "https://maps.google.com/maps?q=" ;
17     String link = maps + latitud + "+" + longitud ;
18     Serial.println();
19     Serial.println(link);
20     delay(500);
21 }

```

Figura 2-18: Obtencion de coordenadas.

Fuente: [Elaboración propia](#)

2.2.2 Envío y recepción de SMS

El encargado de recibir y enviar mensaje de textos es el módulo GSM/GPRS SIM800L, al que se le insertó una tarjeta micro SIM con plan de datos, si no se cuenta con un plan de datos, es factible una tarjeta micro SIM prepago, siempre que exista saldo suficiente.

Como fue expuesto en las especificaciones del componente, la alimentación para este módulo la entrega el regulador de voltaje LM2596 y debe ser capaz de entregar una corriente nominal de 2A, para satisfacer las demandas energéticas del módulo SIM800L.

Se utiliza una serie de comandos AT para configurar el módulo GSM/GPRS y prepararlo para enviar mensajes SMS, definiendo el numero al cual serán enviados los SMS, etc.

Una vez terminada la configuración, se escribe en el módulo SIM800L el contenido de la variable “link”, es decir se envía el teléfono designado la ubicación actual del vehículo (coordenadas GPS).

Las figuras 2-19 y 2-20 muestran la disposición de pines y su montaje.

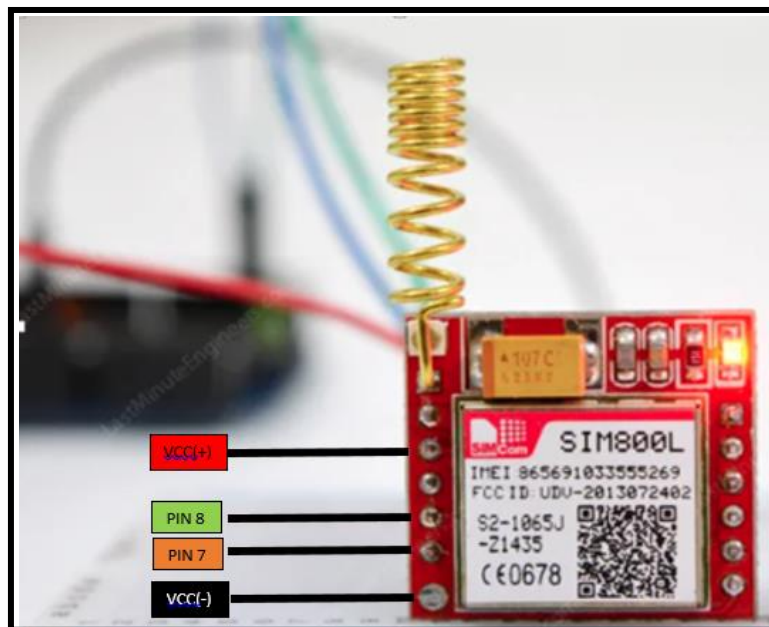


Figura 2-19: Conexiones de módulo SIM800L

Fuente: [Elaboración propia](#)

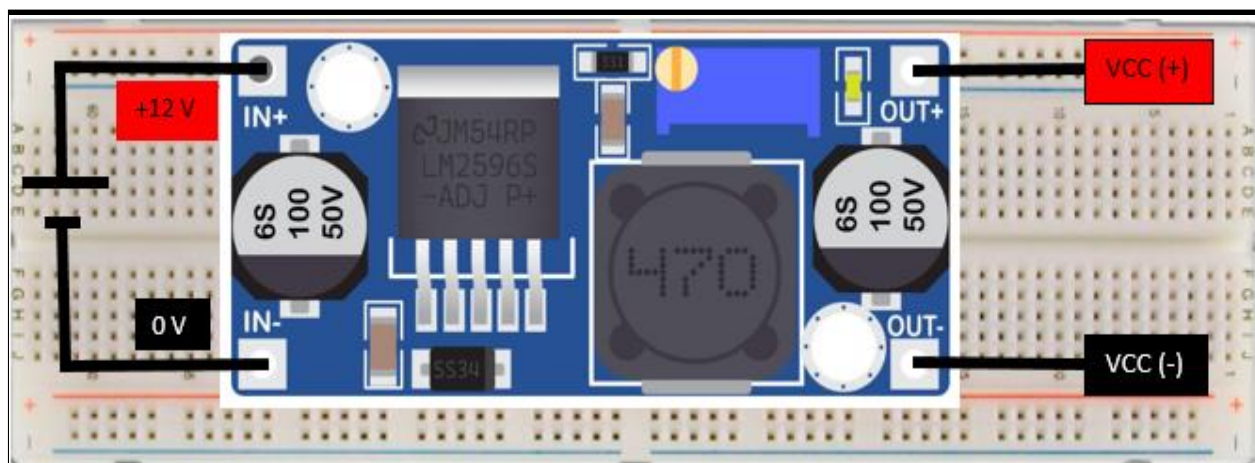


Figura 2-20: Conexiones de regulador LM2596

Fuente: [Elaboración propia](#)

La figura 2-21 muestra el código de Arduino utilizado para realizar el envío de las coordenadas obtenidas por el GPS.

```
Serial.println("Llamada Recibida");
Serial.println("Enviando SMS...");
//Se establece el formato de SMS en ASCII
MOD_SIM800L.write("AT+CMGF=1\r\n");
delay(1000);
//Enviar comando para un nuevos SMS al numero establecido
MOD_SIM800L.write("AT+CMGS=\"+56999242858\"\r\n");
delay(1000);
//Enviar contenido del SMS
MOD_SIM800L.print(link);
delay(1000);
//Enviar Ctrl+Z
MOD_SIM800L.write((char)26);
delay(1000);

Serial.println("Mensaje enviado!");

while (estado && anterior == 1){
  digitalWrite(4,HIGH);
```

Figura 2-21 Código para envío de coordenadas vía SMS

Fuente: [Elaboración propia](#)

A continuación, en la Figura 2-22, se presenta el mensaje que ha sido recibido por el receptor. El cual contiene la url de Google maps junto con las coordenadas obtenidas desde el módulo GPS transmitida desde el sistema para un posterior rastreo del vehículo.

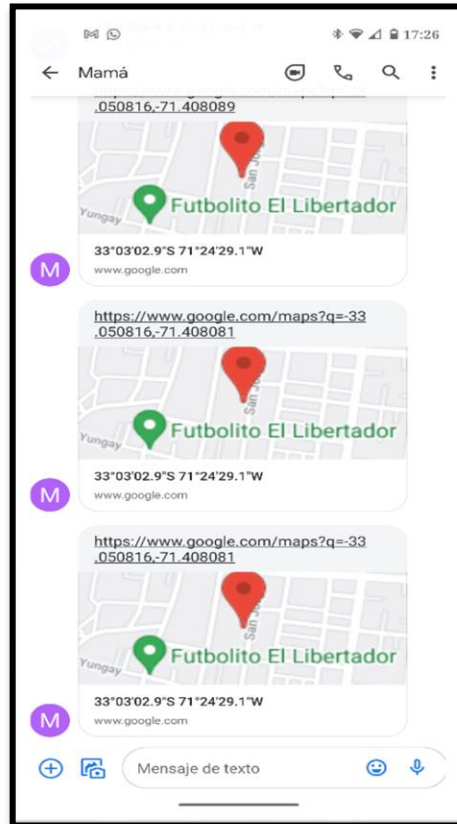


Figura 2-22: Mensaje recibido por el receptor

Fuente: [Elaboración propia](#)

2.2.3 Corta Combustible

Por motivos de tiempo y ahorro de costos el relé corta corriente para automóvil se reemplazó por un relé HW-307, el cual es accionado mediante un escalón de 5V. Para la visualización del actuador, la respuesta se ve reflejada en la interrupción del suministro de corriente de una ampolla de 220V – 50Hz, simulando el efecto que tendrá sobre la bomba de combustible. Esta etapa se encuentra incluida en el código de programación de recepción de mensaje SMS

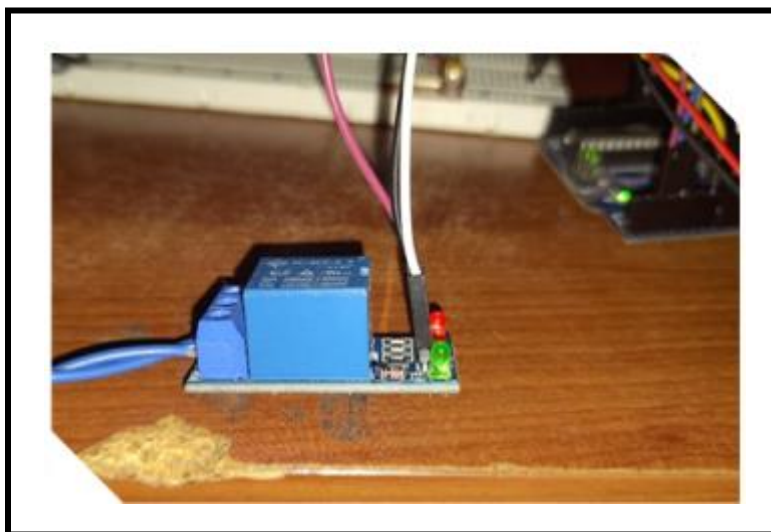


Figura 2-23: Relé HW-307

Fuente: [Elaboración propia](#)

2.2.4 Controlador

Es el encargado de procesar todos los datos enviados por los módulos y generar una acción sobre ellos, es decir es la unidad principal y la más importante del proyecto debido a que es el encargado de tomar decisiones. Todas las etapas llegan al controlador, razón por la cual los módulos se conectan a él mediante cables Dupont.

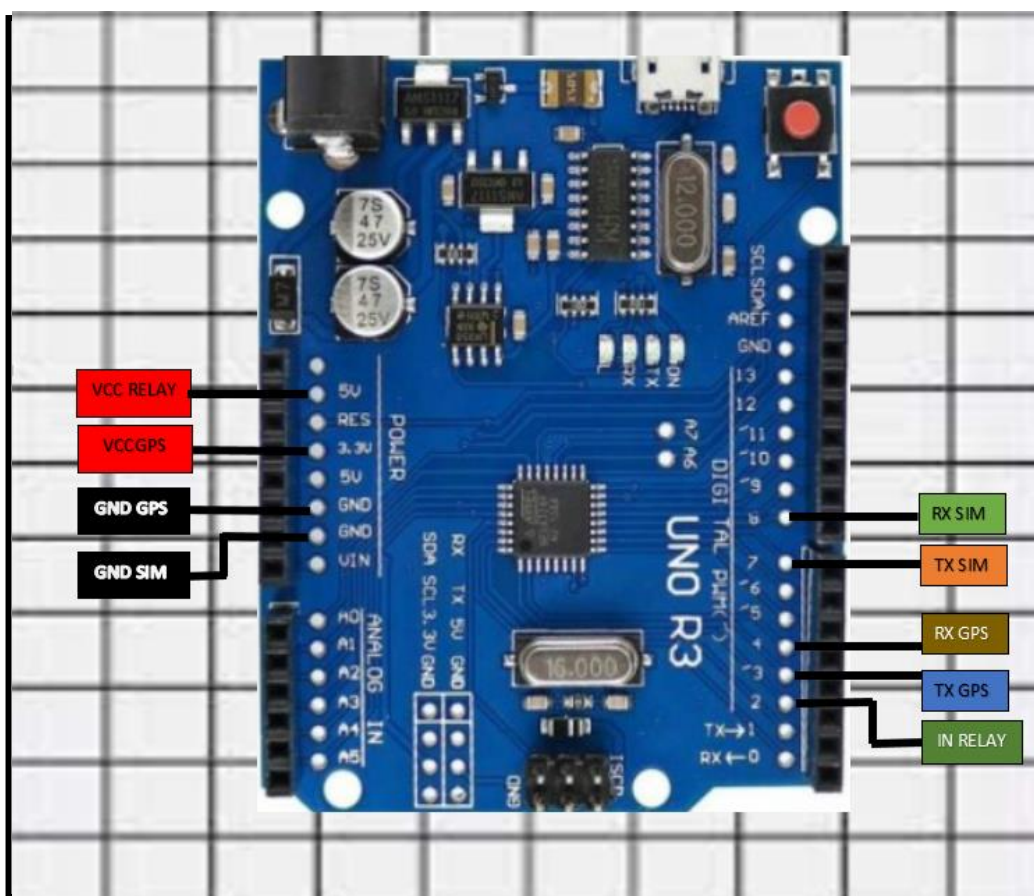


Figura 2-24: Conexiones de módulos a Arduino Uno R3

Fuente: [Elaboración propia](#)

A continuación, se exponen las conexiones entre el controlador, módulo SIM800L, módulo GPS Neo M8N y el relé Hw-307.

Tabla 2-3: Conexiones entre módulo GPS y Arduino

Módulo GPS Neo M8N	Placa Arduino Uno R3
VCC	3.3V (POWER PIN)
GND	GND
TxD	PIN 3
RxD	PIN 4
PPS	-

Fuente: [Elaboración propia](#)

Tabla 2-4: Conexiones entre módulo GSM/GPRS, Regulador de voltaje y Arduino

Módulo SIM800L	Placa Arduino Uno R3	Salida Regulador LM2596
VCC	-	VCC
RST	-	-
RxD	PIN8	-
TxD	PIN7	-
GND	GND	GND

Fuente: [Elaboración propia](#)

Tabla 2-5: Conexiones entre Relé y Arduino

Relé HW-307	Placa Arduino Uno R3
VCC	5V (POWER PIN)
GND	GND
IN	PIN 2

Fuente: [Elaboración propia](#)

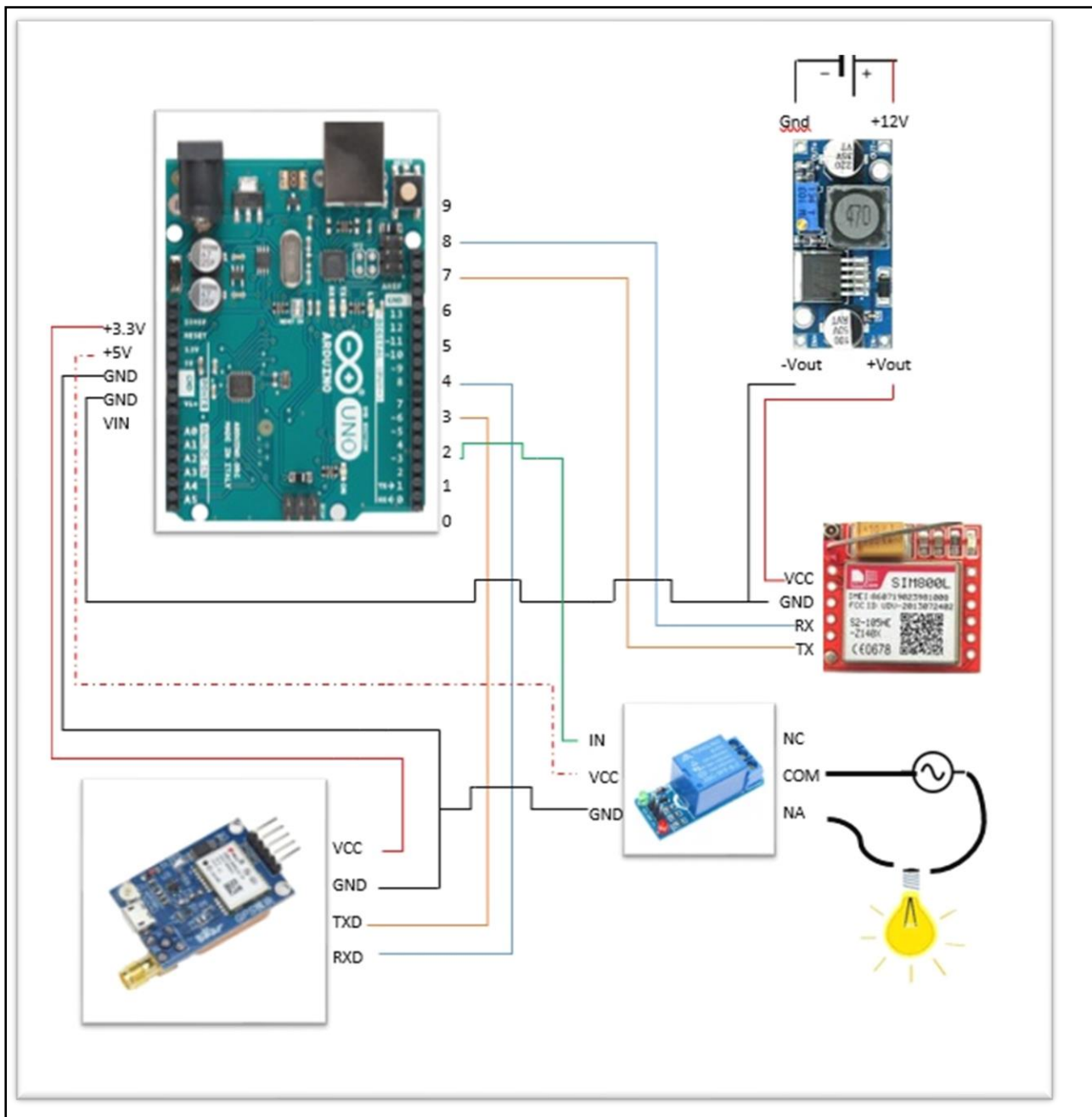


Figura 2-25: Diagrama de conexiones

Fuente: [Elaboración propia](#)

La figura 2-26 presenta el ensamblado y conexión de los módulos y componentes en conjunto.

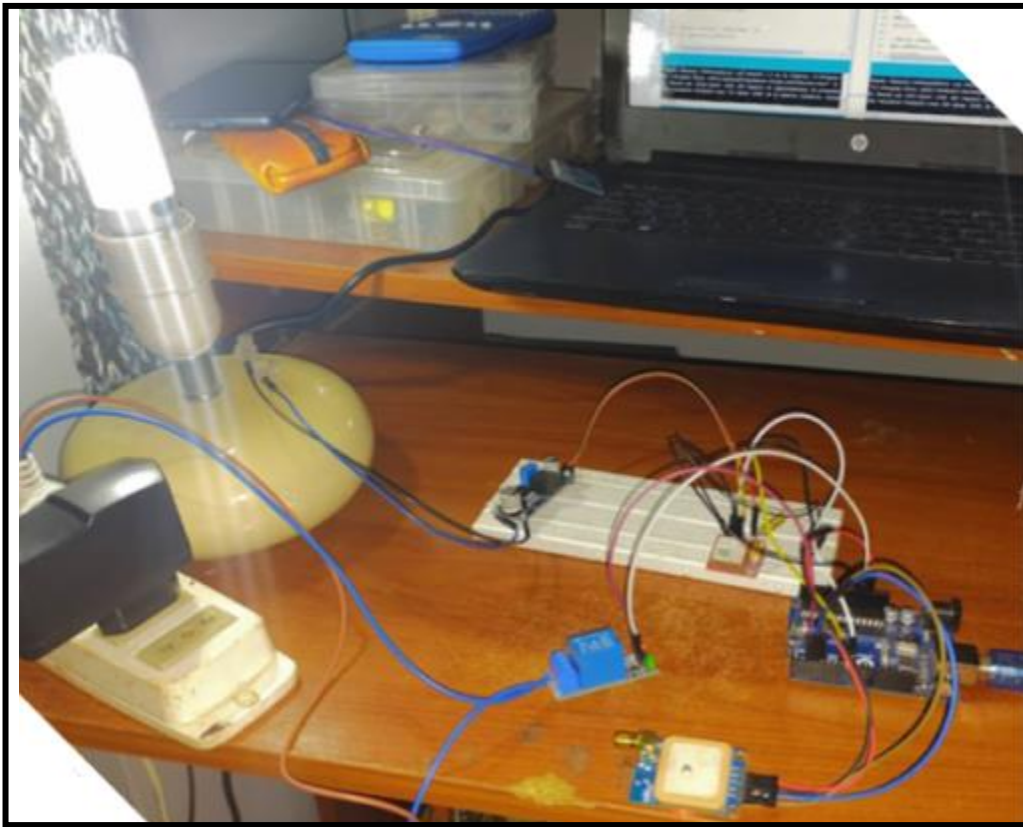


Figura 2-26: Ensamblado final

Fuente: [Elaboración propia](#)

2.3 Resultados de implementación

En el primer capítulo se muestra el objetivo de este proyecto el cual busca solucionar una problemática, siendo esta un aumento en el número de robos de vehículos, por lo cual se hizo referencia a algunas alternativas comerciales disponibles para este problema. Este proyecto combina dispositivos disponibles en el mercado, para crear un dispositivo multipropósito. La opción escogida fue el corte de combustible, el cual es posible accionar a larga distancia, sin poner el riesgo al dueño del vehículo y salvaguardando su integridad física, junto con esto permitir que el usuario obtenga la ubicación en tiempo real del vehículo vía SMS para su posterior recuperación.

En el capítulo 2 se explica cuáles son los componentes utilizados y la razón de su elección, también se muestran las especificaciones de cada componente, ya que estas son esenciales para que exista un intercambio de datos entre los módulos y de esta forma obtener los resultados esperados. Junto con lo mencionado se explican los códigos de programación utilizados por cada uno de los módulos utilizados

En el tercer capítulo se muestran los resultados de la implementación, mediciones realizadas, observaciones realizadas y modificaciones importantes que se realizaron para lograr un óptimo funcionamiento de los componentes.

Se realizarán balances de los costos de materiales, mano de obra y las horas dedicadas para la elaboración del prototipo.

CAPÍTULO 3: ESTUDIO DE COSTOS, COTIZACIÓN Y PROPOSICION DE MEJORA

3. ESTUDIO DE COSTOS, COTIZACIÓN Y PROPOSICION DE MEJORA

En este capítulo se presentan los cálculos y estimaciones de costos realizados durante la ejecución del proyecto de título. Se consideran, de forma detallada, los materiales, los componentes electrónicos, la mano de obra y los recursos humanos utilizados. Se describen las inversiones asociadas a cada elemento, especificando su cantidad, proveedor y costo equivalente en UF. Asimismo, se incluye una evaluación del costo de la mano de obra en función del tiempo dedicado, junto con el valor hora promedio de un técnico en electrónica. Finalmente, se expone el costo total del proyecto, lo que permite obtener una visión clara de la inversión realizada y de la viabilidad económica para el desarrollo del proyecto.

3.1 Estudio de costos del proyecto

Se presentan los cálculos de los costos que se realizaron durante la ejecución de este trabajo de título, se consideran materiales, componentes, mano de obra y recursos humanos utilizados.

3.1.1 Valor de componentes

En la tabla 3-1 se presenta el resumen de la inversión realizada en componentes y se especifica la cantidad, valor y proveedor de cada uno.

Tabla 3-1: Componentes

Valor UF	\$ 39546.71			
N.º	Componentes	Precio (CLP)	Precio (UF)	Proveedor
1	Arduino Uno R3	11.090	0,280	GLOBAL ELECTRONIC
1	Módulo SIM 800L	8.400	0,212	GLOBAL ELECTRONIC
1	GPS NEO M8N	12.500	0,316	GLOBAL ELECTRONIC
1	Regulador LM-2596	1.891	0,047	MAKERS CHILE
10	Cables DuPont	500	0,012	GLOBAL ELECTRONIC
1	Relé HW-307	1.250	0,077	GLOBAL ELECTRONIC
1	Fuente de alimentación 12V DC	4.500	0,031	GLOBAL ELECTRONIC
1	Soldadura de lápiz 60/40 17 gr	3.490	0,088	Sodimac
1	Pasta para soldar 100gr	1.680	0,042	Sodimac
Total		45.301	1,145	

Fuente: [Elaboración propia](#)

3.1.2 Evaluación de costos de mano de obra

Toda elaboración de un proyecto tiene costos de mano de obra, contemplando el tiempo utilizado en la investigación e implementación o fabricación del producto, también considera el desgaste físico y mental de la persona.

Para la evaluación de estos costos se tomó en consideración los sueldos promedios de un T.U. en electrónica, de esta forma poder efectuar un balance remuneración v/s hora. Posteriormente se determinó las horas dedicadas en investigación, implementación y elaboración del proyecto para finalmente multiplicarlas por el valor hora calculada.

- <https://www.computrabajo.cl/trabajo-de-tecnico-electronica?q=T%C3%A9cnico%20electr%C3%B3nica>
- <https://www.laborum.cl/empleos-busqueda-tecnico-en-electronica.html>
- https://cl.linkedin.com/jobs/empleos-en-santiago?trk=homepage-basic_intent-module-jobs&position=1&pageNum=0

Tabla 3-2: Valor / Hora promedio de un T.U. en Electrónica

	Sueldo promedio	Horas trabajadas	UF	
	\$650.000	180	39546,71	
Horas trabajadas	Costo Hora-Hombre (CLP)	Costo Hora-Hombre UF	Mano de obra (CLP)	Mano de obra UF
100	3.447	0,087	344.700	8,716 UF

Fuente: [Elaboración propia](#)

Tabla 3-3: Costo total del proyecto

	Precio (CLP)	Precio en UF
Costos de producción	\$ 44.420	1,493
Costos en Mano de obra	\$ 323.000	10,83
Total	\$ 367.420	12,323

Fuente: [Elaboración propia](#)

3.2 Proposición de mejora

Los resultados del presente proyecto determinaron valores bastante positivos acerca de la precisión del sistema de geolocalización, donde a su vez se corroboró el 100% de funcionalidad de los módulos que componen el dispositivo.

Para una mejor distribución del espacio se pueden sustituir los módulos SIM800I y GPS Neo M8N por una tarjeta SIM 808, la cual incorpora de forma simultanea conectividad a la red GSM y GPS. Esta tarjeta se comunica con la placa microprocesadora a través del interfaz serial de Arduino Uno R3, reduciendo la probabilidad que se pueda producir una colisión de datos, debido a que solo se utilizaran 2 pines de salida (Tx y Rx) y no 4 pines como se observa en el capítulo 2.2 (implementación del proyecto).

Es factible la creación de una app, la cual permita una comunicación ininterrumpida entre el teléfono del usuario y el dispositivo, con el fin de crear un seguimiento en tiempo real, ofreciendo al usuario en todo momento información sobre la ubicación de su automóvil.

Conclusiones

Posterior a la explicación del funcionamiento del sistema GPS, envío de datos haciendo uso de la red celular, el accionamiento a distancia del relé, ensamblaje, conexiones y la programación del dispositivo, se concluye lo que se expone a continuación.

En relación al dispositivo:

- Se logró desarrollar un producto totalmente funcional el cual cuenta con la capacidad de ser accionado a distancia, deteniendo la marcha del automóvil, permite conocer la ubicación precisa del vehículo y además de fácil utilización para el usuario.
- Tras una ardua búsqueda y cotización de componentes se ha conseguido realizar un sistema de comunicación entre un teléfono y el dispositivo basado en la red GSM que ofrece una mayor cobertura en el territorio nacional.
- Se han alcanzados resultados bastante satisfactorios del producto. Desempeña todos los objetivos propuestos desde el inicio, contribuye para una posterior investigación y/o puesta en marcha y además cuenta con la posibilidad de extender su funcionalidad.

En relación al proyecto:

- Después de horas de investigación se ha conseguido desarrollar un código de programación en lenguaje "C", el que decodifica un mensaje de texto y codifica las coordenadas obtenidas por el GPS, para posteriormente generar una serie de operaciones lógicas.
- Tras una serie de pruebas y numerosos fallos encontrados, se logró una correcta comunicación entre las distintas partes que componen el dispositivo.
- Se resolvieron las diferentes demandas energéticas de cada componente, en donde la fuente de alimentación del módulo SIM800L fue la que mayores cambios tuvo a lo largo de la investigación.
- Se recopiló una gran cantidad de información obsoleta relacionada a los códigos de programación, librerías de los módulos GPS y GSM. Cabe mencionar la dificultad de recaudar información actualizada acerca de los comandos Hayes.

ANEXOS

SIM800L

https://www.filipeflop.com/img/files/download/Datasheet_SIM800L.pdf

Feature	Implementation
Power supply	3.4V ~4.4V
Power saving	typical power consumption in sleep mode is 0.7mA (AT+CFUN=0)
Frequency bands	● Quad-band: GSM 850, EGSM 900, DCS 1800, PCS 1900. SIM800L can search the 4 frequency bands automatically. The frequency bands can also be set by AT command "AT+CBAND". For details, please refer to document [1]. ● Compliant to GSM Phase 2/2+
Transmitting power	● Class 4 (2W) at GSM 850 and EGSM 900 ● Class 1 (1W) at DCS 1800 and PCS 1900
GPRS connectivity	● GPRS multi-slot class 12 (default) ● GPRS multi-slot class 1~12 (option)
Temperature range	● Normal operation: -40°C ~ +85°C

GPS NEO M8N

https://www.u-blox.com/sites/default/files/NEO-M8-FW3_DataSheet_UBX-15031086.pdf

Model	Category	GNSS				Supply	Interfaces	Features						Grade
	Standard Precision High Precision GNSS Dead Reckoning Timing	GPS/QZSS GLONASS Galileo BeiDou	Number of concurrent GNSS		1.65 V – 3.6 V 2.7 V – 3.6 V	UART USB SPI DDC (I ² C compliant)	Programmable (flash) Data logging Additional SAW Additional LNA RTC crystal Oscillator Built-in antenna Built-in antenna supply and supervisor Timepulse	Standard Professional Automotive						
NEO-M8N	•	• • • •	3		•	• • • •	• • • • • T	1	•					
NEO-M8Q	•	• • • •	3		•	• • • •	• • • • T	1	•					
NEO-M8M	•	• • • •	3		•	• • • •	• • • • C	1	•					
NEO-M8J	•	• • • •	3		•	• • • •	• • • • • C	1	•					
NEO-M8N/Q														
Max navigation update rate	NEO-M8N	5 Hz				10 Hz	10 Hz	10 Hz	10 Hz					
	NEO-M8Q	10 Hz				18 Hz	18 Hz	18 Hz	18 Hz					
Time-To-First-Fix ⁴	Cold start	26 s				29 s	30 s	34 s	45 s					
	Hot start	1 s				1 s	1 s	1 s	1 s					
	Aided starts ⁵	2 s				2 s	2 s	3 s	7 s					
Sensitivity ⁶	Tracking & Navigation	–167 dBm				–166 dBm	–166 dBm	–160 dBm	–159 dBm					
	Reacquisition	–160 dBm				–160 dBm	–156 dBm	–157 dBm	–153 dBm					
	Cold start	–148 dBm				–148 dBm	–145 dBm	–143 dBm	–138 dBm					
	Hot start	–157 dBm				–157 dBm	–156 dBm	–155 dBm	–151 dBm					

Relé SRD

<http://www.datasheet.es/download.php?id=720556>

Item	Type	SRD	
		FORM C	FORM A
Contact Capacity		7A 28VDC	10A 28VDC
Resistive Load ($\cos\Phi=1$)		10A 125VAC 7A 240VAC	10A 240VAC
Inductive Load ($\cos\Phi=0.4$ L/R=7msec)		3A 120VAC 3A 28VDC	5A 120VAC 5A 28VDC
Max. Allowable Voltage		250VAC/110VDC	250VAC/110VDC
Max. Allowable Power Force		800VAC/240W	1200VA/300W
Contact Material		AgCdO	AgCdO

Arduino Uno R3

<https://store-usa.arduino.cc/products/arduino-uno-rev3-smd#tech-specs>

MICROCONTROLADOR	ATmega328P
TENSIÓN DE FUNCIONAMIENTO	5V
VOLTAJE DE ENTRADA (RECOMENDADO)	7-12 V
VOLTAJE DE ENTRADA (LÍMITE)	6-20 V
PINES DE E / S DIGITALES	14 (de los cuales 6 proporcionan salida PWM)
PINES DE E / S DIGITALES PWM	6
PINES DE ENTRADA ANALÓGICA	6
CORRIENTE CC POR PIN DE E / S	20 mA
CORRIENTE CC PARA PIN DE 3.3V	50 mA
MEMORIA FLASH	32 KB (ATmega328P) de los cuales 0,5 KB utiliza el gestor de arranque
SRAM	2 KB (ATmega328P)
EEPROM	1 KB (ATmega328P)
VELOCIDAD DE RELOJ	16 MHz

Step Down LM2596

<https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/download/315343/ONSEMI/LM2596.html>

Clasificación	Símbolo	Valor			Unidad
Voltaje de suministro máximo	V_{in}	45			V
Voltaje de entrada del pin de encendido / apagado	-	$-0,3 \text{ V} \leq V \leq + V_{in}$			V
Voltaje de salida a tierra (estado estable)	-	- 1.0			V
Características	Símbolo	Mín	T y p	Max	Unidad
LM2596 (nota 1, circuito de prueba, figura 15)					
Voltaje de retroalimentación ($V_{in} = 12 \text{ V}$; $I_{Load} = 0.5 \text{ A}$; $V_{out} = 5.0 \text{ V}$)	$V_{FB_{nom}}$		1,23		V
Voltaje de retroalimentación ($8.5 \text{ V} \leq V_{in} \leq 40 \text{ V}$; $0.5 \text{ A} \leq I_{Load} \leq 3.0 \text{ A}$; $V_{out} = 5.0 \text{ V}$)	V_{FB}	1.193 1,18		1.267 1,28	V
Eficiencia ($V_{in} = 12 \text{ V}$; $I_{Load} = 3.0 \text{ A}$; $V_{out} = 5.0 \text{ V}$)	η	-	73	-	%