



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL

ESCUELA DE POSGRADOS “ESPOG”

MAESTRÍA EN TELECOMUNICACIONES MENCIÓN: GESTIÓN DE LAS TELECOMUNICACIONES

Resolución: RPC-SE-01-No.016-2020

PROYECTO DE TITULACIÓN EN OPCIÓN AL GRADO DE MAGISTER

Título del proyecto:

Sistema de monitorización y control inteligente autónomo para vehículos combinando tecnología IoT y Redes Neuronales.

Línea de Investigación:

Ciencias de la ingeniería aplicadas a la producción, sociedad y desarrollo sustentable.

Campo amplio de conocimiento:

Ingeniería, industria y construcción

Autor/a:

Zambrano Valencia Erick Steven

Tutor/a:

PhD. Parra Balza Fidel David

Quito – Ecuador

2022

APROBACIÓN DEL TUTOR



Yo, **PhD. Fidel David Parra Balza** con C.I: **1757469950** en mi calidad de Tutor del proyecto de investigación titulado: **Sistema de monitorización y control inteligente autónomo para vehículos combinando tecnología IoT y Redes Neuronales.**

Elaborado por: **Erick Steven Zambrano Valencia**, con C.I: **1313660902** , estudiante de la Maestría en Telecomunicaciones, mención en Gestión de las Telecomunicaciones. de la **UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL (UISRAEL)**, como parte de los requisitos sustanciales con fines de obtener el Título de Magister, me permito declarar que luego de haber orientado, analizado y revisado el trabajo de titulación, lo apruebo en todas sus partes.

Quito D.M., 15 de Marzo del 2022

Firma

Tabla de contenidos

PORTADA	i
APROBACIÓN DEL TUTOR	ii
DECLARACIÓN DE AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL ESTUDIANTE	¡Error! Marcador no definido.
INFORMACIÓN GENERAL	5
Contextualización del tema	5
Problema de investigación.....	6
Objetivo general	7
Objetivos específicos	7
Vinculación con la sociedad y beneficiarios directos:	7
CAPÍTULO I: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	8
1.1. Contextualización general del estado del arte	8
1.2. Proceso investigativo metodológico	11
1.3. Análisis de resultados.....	13
CAPÍTULO II: PROPUESTA.....	14
2.1. Fundamentos teóricos aplicados	14
2.1.1 Internet de las cosas (IoT)	14
2.1.2 Tecnología GSM/GPS/GPRS	15
2.1.3 Redes Neuronales Artificiales	18
2.1.4 Software Arduino	21
2.2. Descripción de la propuesta	22
2.2.1 Diagrama de bloques del sistema	22
2.2.2 Análisis de los principales problemas de inseguridad y robo de vehículos en el país. 23	23
2.2.3 Selección de los dispositivos de acuerdo con los parámetros de funcionamiento de los dispositivos IoT.	25
2.2.4 Diseño del sistema de monitorización	29
2.2.5 Diseño y entrenamiento de la Red Neuronal Artificial (RNA)	31

2.2.6	Implementación del sistema de monitorización.....	34
2.2.7	Pruebas de funcionamiento del sistema de monitorización autónomo inteligente	35
2.3.	Validación de la propuesta.....	42
	Resultados de la validación.....	44
2.4.	Matriz de articulación de la propuesta.....	45
	CONCLUSIONES.....	46
	RECOMENDACIONES.....	47
	BIBLIOGRAFÍA.....	48
	Trabajos citados.....	48
	ANEXOS.....	50

Índice de tablas

Tabla 1 Datos estadísticos sobre robos de vehículos en los años 2020 y 2021.....	23
Tabla 2 Comparación de diferentes tipos de microcontroladores	26
Tabla 3 Comparación de diferentes tipos de módulos GPS/GSM/GPRS	27
Tabla 4 Comparación de diferentes tipos de baterías.....	28
Tabla 5 Comandos AT para el módulo SIM808.....	30
Tabla 6 Datos de entrada y salida similar a una compuerta OR	31
Tabla 7 Datos de las pruebas realizadas en la ciudad de Baños	39
Tabla 8 Datos de las pruebas realizadas en la ciudad de Quito.....	41
Tabla 9 Descripción del perfil de los validadores.....	42
Tabla 10 Criterios de evaluación.....	43
Tabla 11 Preguntas Instrumentos de validación.....	43
Tabla 12 Escala de evaluación de criterios por parte del Mg. Manuel Otorongo	44
Tabla 13 Escala de evaluación de criterios por parte del Mg. Danilo Trujillo.....	44
Tabla 14 Escala de evaluación de criterios por parte del Mg. Diego Pilco	44
Tabla 15 Matriz de articulación	45

Índice de figuras

Figura 1 :Internet de las cosas (IoT)	14
Figura 2 :Transceptor de la estación base (BST)	16
Figura 3 :Constelación de satélites (GPS Diferencial)	17
Figura 4 :Elementos neuronales	19
Figura 5 :Red neuronal de una capa	20
Figura 6 :Entorno de desarrollo Arduino (IDE).....	21
Figura 7 :Diagrama de bloques del sistema de monitorización.....	22
Figura 8 : Porcentaje de robos según el horario.....	23
Figura 9 : Datos estadísticos según la modalidad del robo.....	24
Figura 10 : Entrenamiento en Google Colab de la RNA	32
Figura 11 : Zona de recorrido habitual en la ciudad de Baños de Agua Santa	33
Figura 12 : Esquema de los elementos del sistema de monitoreo autónomo	34
Figura 13 : Configuraciones iniciales con comandos AT	35
Figura 14 : Envío del código para bloquear o detener el vehículo a través de un SMS.....	36
Figura 15 : Recepción de llamada para obtener la ubicación del vehículo.....	37
Figura 16 : Recibir una llamada(alarma)	38
Figura 17 : Distancia en el suelo del máximo error en la ubicación que emite el sistema - Baños	40
Figura 18 : Distancia en el suelo del máximo error en la ubicación que emite el sistema - Quito.	40

INFORMACIÓN GENERAL

Contextualización del tema

La presente investigación se enfoca en desarrollar un sistema de monitorización remoto inteligente para cualquier tipo de vehículo, mediante la combinación del Internet de las cosas (IoT) y Redes Neuronales, debido a que existen altos índices de robos a automotores en el territorio local y nacional generando pérdidas económicas a sus propietarios.

Por tales motivos, se implementa una red neuronal artificial, y se la entrena en la plataforma “Google Colab” ya que permite programar y ejecutar el software libre Python sin necesidad de realizar alguna configuración. Dicha red neuronal se encargará de predecir si el vehículo sale de su área de recorrido habitual previamente configurada, en caso de salir de su zona se enviará una alarma al propietario.

Además, se requiere de un módulo SIM808 (GPS/GSM/GPRS), el cual permitirá obtener las coordenadas en tiempo real y enviar las mismas a través del sistema global para las comunicaciones móviles (GSM) a un dispositivo móvil y a su vez, recibir comandos de control por parte del propietario para detener el automotor.

El sistema permite que los propios dueños de los vehículos puedan tener acceso a la ubicación del mismo a través del módulo GPS sin intermediarios, el cual emitirá las coordenadas al teléfono del propietario por medio de la red celular además, de contar con un sistema de batería de respaldo, en caso de que se corte los cables de alimentación de la batería del automotor, lo cual permite mantener todo el tiempo monitoreado un vehículo así como proceder de manera inmediata al propietario conjuntamente con la policía ante cualquier tipo de robo.

Al combinar las redes neuronales e IoT se abre camino para próximas investigaciones y desarrollo de nuevas tendencias, ya que estas tecnologías tienen un amplio campo de aplicaciones y siguen en constante crecimiento científico y experimental, además de aportar a empresas públicas, privadas o personas naturales con un sistema de monitorización autónomo para su flota de vehículos, económico y de bajo consumo energético. Así mismo, contribuir con la seguridad y reducir los datos estadísticos de robo de automotores en el país.

Problema de investigación

Actualmente la inseguridad y la delincuencia en el país y el mundo, constituyen un problema para las entidades encargadas de este tipo de percances, tal es así, que la policía o grupos de seguridad no abarcan a custodiar todos los territorios, comunidades o poblaciones ya sean urbanas o rurales. Existen diversos casos en los que las personas pueden ser afectadas de manera física, robos a sus viviendas o vehículos y en los peores casos llegar a tener pérdidas humanas. Por tales motivos, los moradores de dichas zonas normalmente se sienten vulnerables y recurren a la autoprotección, solicitando sistemas de seguridad, monitorización o video vigilancia.

Según datos del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC), en el año 2020 se generaron 4.596 robos a vehículos, de igual manera desde Enero hasta Diciembre del 2021 se registraron 6.866 es decir, los robos se incrementaron en un 33,07% en relación con el año anterior a pesar de las restricciones de movilidad fijadas por la pandemia. (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2021, pág. 17)

Los sistemas de seguridad actuales instalados en los vehículos nuevos, son muy costosos y dependen del sistema de batería principal, en donde los atracadores desconectan el mismo y se queda sin monitoreo el automotor, además tienen un alto consumo de energía. Así mismo se debe cancelar una cuota mensual para su constante monitorización, lo cual dificulta adquirirlo por personas de bajos recursos económicos. Por lo cual, la presente investigación se enfoca en desarrollar un sistema de monitorización y control autónomo inteligente combinando tecnología IoT y Redes Neuronales para todo tipo de vehículo que se encuentre en zonas urbanas o rurales, ya que esta tecnología posee un alto alcance para la transferencia de datos y alta tolerancia a interferencias, además de consumir muy poca energía.

Cabe destacar que la importancia de la actual tecnología IoT y Redes Neuronales radica en que es de bajo consumo eléctrico, por lo tanto, se debe aprovechar para mantener en monitoreo el automotor. Existen vehículos monitoreados que dependen del sistema eléctrico principal y en caso de que este falle, se pierde la ubicación del mismo. Por tal razón, se pretende instalar un sistema de respaldo, en caso de que la batería principal falle, se corte o se haya manipulado.

El presente proyecto se considera factible ya que aporta a las comunidades, personas con vehículos o empresas privadas, con un sistema de seguridad integral de bajo costo, ya que hoy en día existen sistemas de monitorización de costos elevados, de difícil adquisición y no permiten el control remoto del vehículo para bloquearlo o apagarlo. Además, se podrá tomar acciones inmediatas e incluso apoyar a la Policía Nacional con sus labores de respaldo y seguridad.

Objetivo general

Desarrollar un sistema de monitorización y control inteligente autónomo para vehículos combinando la tecnología IoT y Redes Neuronales.

Objetivos específicos

- Analizar los principales problemas de inseguridad y robos de vehículos que se generan en las zonas urbanas o rurales.
- Establecer los parámetros de funcionamiento de los dispositivos IoT y de la red neuronal basado en los problemas de inseguridad y robos de vehículos.
- Implementar un sistema de monitorización y control inteligente autónomo utilizando la tecnología IoT mediante un proceso metodológico y experimental.
- Validar el sistema de monitoreo y control autónomo a través de pruebas de funcionamiento empírico.

Vinculación con la sociedad y beneficiarios directos:

En la actualidad existen sistemas sofisticados de monitoreo satelital para vehículos, los cuales son de costos elevados o se debe realizar un pago mensual, lo cual imposibilita a empresas que cuentan con flotas de vehículos grandes, personas de bajos recursos y/o agricultores para poder adquirirlo por lo cual, el presente proyecto se vincula con la sociedad ya que está enfocado en desarrollar y brindar un sistema de monitorización y control económico, eficiente y de fácil adquisición, previniendo el robo de automotores, capturar delincuentes debido a que se actúa de manera inmediata y evitar que las personas tengan pérdidas económicas, además de reducir datos estadísticos sobre la delincuencia en el país.

Los principales beneficiarios directos del presente proyecto de investigación, son las empresas privadas, usuarios particulares y las comunidades de bajos recursos, ya que se entrega un producto tecnológico asequible. Otros beneficiarios con el desarrollo del proyecto, son los ingenieros electrónicos, programadores, y estudiantes de ingeniería, ya que pueden tomar como guía el presente proyecto para posteriores investigaciones aplicando mejoras en el mismo.

CAPÍTULO I: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

1.1. Contextualización general del estado del arte

La delincuencia, inseguridad o robo de vehículos es un problema para la mayoría de las ciudades y países del mundo, en donde se ven afectado los sectores más vulnerables ya sean estos urbanos o rurales, por tal motivo, se plantea diseñar un sistema de monitorización y control autónomo inteligente para evitar el robo de vehículos a personas y se vean afectadas económicamente y/o psicológicamente.

Se desarrolla una combinación de la tecnología IoT con redes neuronales, ya que esta integración permite conectar cualquier persona o cosa desde cualquier parte del mundo, similar a las telecomunicaciones hoy en día. Esto genera un impacto positivo ya que puede servir de base para crear nuevas soluciones de servicios fundamentados en la tecnología IoT o redes 5G, además de generarse un crecimiento exponencial del número de dispositivos IoT en el mundo.

Por otra parte, se requiere de recursos humanos y materiales para el desarrollo del presente trabajo, así mismo se realiza el proceso de investigación bibliográfica, revisando proyectos, tesis y artículos científicos, encontrando proyectos similares al tema, los cuales ayudarán como soporte para la presente investigación como el de Hernández (2019), en su proyecto “Sistema de monitoreo GPS para los vehículos de la escuela de capacitación para conductores profesionales de Píllaro”, desarrollado en la Universidad Técnica de Ambato, realiza un sistema de geolocalización de vehículos utilizando la red móvil. El dispositivo está compuesto por un módulo GPS/GPRS los cuales permiten obtener la ubicación del vehículo y conectarse a internet respectivamente, se envía los datos a un servidor web, en donde se procesa y se almacena en una base de datos para posteriormente ser mostrados en un sitio web. Además, cuenta con un pulsador en caso de emergencia, el cual, al ser pulsado genera una alerta al supervisor de la escuela, y se podrá actuar de manera inmediata y eficiente dando soporte, asistencia médica y/o mecánica, así como asegurar la seguridad a los estudiantes de la escuela.

Por lo tanto, en los resultados se evidencia una buena precisión del GPS en donde se compara con un teléfono inteligente para verificar su funcionalidad, concluyendo que módulo GPS GY-NEO6MV tiene una alta precisión tanto en latitud como en longitud, funcionando con un margen de error de 2.41 metros. Lo cual indica que tiene un margen de error pequeño, aportando a la presente investigación con un dispositivo GPS preciso y de bajo consumo energético, debido a que pretende localizar vehículos con mayor precisión y poca energía.

Así mismo se tiene el artículo científico “*Application and Design of Wireless Community Alarm System Based on nRF24L01 Module*” de Wu *et al.* (2019), desarrollado en la Universidad Jianghan en Wuhan, se realiza un sistema de alarma inalámbrico residencial utilizando el módulo nRF24L01, con el cual, se construye una red inalámbrica con una transmisión bidireccional y un microcontrolador utilizado con una máquina(host) para la monitorización central. Los usuarios pueden enviar señales de alarma a través de una submáquina (*subhost*) de usuario y luego la máquina central (*host*) recibe las señales y muestra la dirección de donde se activó la alerta, para finalmente enviar una advertencia. Este artículo aporta a la presente investigación con la tecnología utilizada en el mismo, nRF24L01 (radiofrecuencia), en donde se realiza una comunicación bidireccional entre los diferentes usuarios con la máquina central y así poder detectar que persona está solicitando ayuda. En donde, en base al módulo nRF se concluye que el uso del canal dúplex completo, permite obtener una comunicación bidireccional, por ende, un sistema de alarma inalámbrico completo de bajo costo, rentable y sin necesidad de cables. Mediante los resultados obtenidos en las pruebas realizadas, se verifica que el sistema inalámbrico, supera a la alarma cableada original, la cual es de alto costo, difícil construcción está sujeta a interferencias.

Por otra parte, en el artículo científico “Mejoramiento del algoritmo ADR en una red de Internet de las Cosas LoRaWAN usando Aprendizaje de Máquina” de Palacio *et al.* (2020), desarrollado en la Universidad de Medellín, se realiza un sistema para reducir el consumo de energía en una red LoRaWAN a través del aprendizaje de máquina. La propuesta se basa en mejorar el algoritmo *Adaptive Data Rate* (ADR) utilizando modelos paramétricos y no paramétricos. Según las pruebas realizadas en el proyecto, los métodos con máquinas de vectores de soporte y redes neuronales generan una alta precisión en las estimaciones, lo cual aporta una base para realizar la optimización de energía en dispositivos IoT y redes neuronales en el presente proyecto. Para la recopilación de datos utilizó el método de la observación y experimentación mediante el simulador Omnet++ usando el *framework FLoRa*. Concluyendo que el consumo energético va a depender de la distancia de transmisión, la potencia y la cantidad de datos (bits) a ser transmitidos en la red LoRaWAN.

Finalmente, se tiene el proyecto “Desarrollo de una red domótica aplicando el Internet de las Cosas con una herramienta tecnológica de simulación y verificación de conectividad” desarrollado por Yánez (2021) en la Universidad Tecnología Israel, en donde se realizan diferentes redes de área extensa y local para formar una estructura global de redes como internet, proveedor de servicios, telefonía, y redes domóticas, para lograr la conectividad de las cosas inteligentes, para lo cual se utiliza una aplicación como herramienta para el diseño y simulación de la red, donde se verifica el funcionamiento de los dispositivos y se visualiza acceso remoto a la red domótica desde un smartphone que controla las “cosas” dentro del hogar. Se estudia el concepto e importancia del Internet de las Cosas y los beneficios hacia los usuarios, lo cual tiene una estrecha relación con la presente investigación ya que se pretende monitorear un objeto remotamente desde cualquier parte así mismo, aporta con los fundamentos para realizar la conexión externa con los objetos e implementar de la red con los dispositivos IoT. En donde la metodología utilizada es de un enfoque cuantitativo de tipo documental y diseño no experimental y concluyendo que uso del software libre *Packet Tracer* (PT) para la simulación de una red que utilice la tecnología IoT conlleva a su aplicación para brindar beneficios a la sociedad sea de forma directa o indirectamente.

1.2. Proceso investigativo metodológico

Enfoque de investigación

Para el desarrollo del presente proyecto se emplea un enfoque cuantitativo debido a que se realizará un análisis estadístico de las variables y se tabularan los datos para verificar el margen de error que tiene el sistema de monitorización, en donde según Del Cid *et al.* (2007), la investigación cuantitativa es seria y elegante; los datos cuantitativos permiten hacer tablas y gráficas que ilustran adecuadamente un fenómeno.

De acuerdo con el sistema que se desarrollará se aplicará un tipo de investigación experimental empírico, debido a que se pretende realizar un sistema de monitorización inteligente de vehículos y verificar su comportamiento mediante pruebas de funcionamiento además de validar las características del mismo, es decir se modifica la variable independiente para obtener algún efecto directo en la variable dependiente y poder medir esos valores producidos, tal como indica Bernal (2010), en donde señala que:

El diseño de investigación está determinada por el tipo de investigación que se va a realizar y por la hipótesis que va a probarse durante el desarrollo del proyecto. Se habla de diseños cuando está haciéndose referencia a la investigación experimental, que consiste en demostrar que la modificación de una variable (independiente) ocasiona un cambio predecible en otra (variable dependiente). La investigación experimental se realiza mediante los llamados diseños, que son un conjunto de procedimientos con los cuales se manipulan una o más variables independientes y se mide su efecto sobre una o más variables dependientes. (Bernal, 2010, pág. 145)

Técnicas e instrumentos para la recolección de datos

Para la recopilación de datos se empleará el método de prueba-error y medición en donde, según Segarra (2004) indica que:

Se utiliza este método cuando no se tiene un conocimiento previo que permita establecer un plan concreto de trabajo para abordar el tema objeto de la investigación. Esta se inicia al azar, experimentando, generalmente, con un número elevado de compuestos o elementos, con la esperanza de encontrar algún resultado que dé una pista acerca de la posible solución, o permita establecer una hipótesis inicial, que en el transcurso de la experimentación se va perfilando hasta establecerla de forma más definitiva. (Cegarra, 2004, pág. 87)

Los datos obtenidos en las observaciones y mediciones se tabularán en una tabla con la que se realizará un cálculo para estimar un margen de error del sistema de monitoreo, ya que por naturaleza de la experiencia no es posible obtener resultados exactos que determinen la eficiencia del sistema.

Población, unidades de estudio y muestra

Para la presente investigación, la población es el conjunto de vehículos estudiados a nivel nacional ya que se hace un análisis de los robos ya sea en zona urbana o rural en todo el país, mientras que la muestra es el mismo conjunto de vehículos debido a que el sistema se puede aplicar a cualquier tipo de automotor.

Metodología para la investigación

Con el fin de cumplir con los objetivos planteados en la presente investigación, se aplicará la metodología propuesta por (Bernal, 2010), la cual consta de 3 fases que son:

Fase 1: Inicio o de contacto con la comunidad :

“En esta fase, los expertos en investigación entran en contacto con los sujetos de la investigación (grupo o comunidad donde se pretende llevar a cabo el estudio). Empiezan a motivar en la comunidad el interés por investigar su realidad, para dar solución a algún problema o satisfacer alguna necesidad” (Bernal, 2010, pág. 63).

Fase 2: Intermedia o de elaboración del plan de acción:

“Administrativamente, la investigación se estructura comenzando por definir las responsabilidades del grupo, los objetivos que se pretenden alcanzar y el procedimiento por seguir, para analizar el problema y encontrarle solución. Estos objetivos deben estar orientados a conocer y a transformar la realidad social de las personas involucradas” (Bernal, 2010, pág. 63).

Fase 3: Ejecución y evaluación del estudio:

“En esta fase, de manera sistemática, se comienza con la participación de la comunidad o el grupo para darle solución al problema objeto del estudio. Necesariamente se debe llegar a la solución del problema y, por ende, a la transformación de la realidad que en ese momento vive la población sujeta del estudio” (Bernal, 2010, pág. 63).

1.3. Análisis de resultados

Analizando los resultados obtenidos en la tabla 7 y 8, mediante las pruebas de funcionamiento del sistema de monitorización inteligente, se puede dar como 4 aspectos importantes encontrados durante la ejecución del proyecto. Así mismo con las encuestas realizadas que se muestran en el anexo 6, se considera que el sistema es factible, ya que la mayoría de las personas prefieren monitorear sus vehículos de manera propia y autónoma.

1. La combinación de las Redes Neuronales Artificiales(RNA) con la tecnología IoT, da como resultado un sistema o máquina inteligente capaz de desarrollarse progresivamente con el fin controlar o detectar si un vehículo sale de una zona de recorrido habitual, teniendo como entrada las coordenadas en latitud y longitud. Siempre y cuando la máquina esté previamente entrenada en cualquier tipo de software o dispositivo.
2. El margen de error más alto que se encontró en el resultado de las pruebas, fue del 5.3%, lo cual es bastante aceptable ya que al monitorearse un vehículo de tamaño grande no se requiere de tanta precisión. Así mismo se evidencia que el módulo SIM808 presenta un error en la ubicación de aproximadamente 25metros, debido a que va a depender de la zona en donde se encuentre y de los obstáculos que se tenga a las redes o en la parte superior.
3. El sistema de baterías de respaldo tiene una durabilidad de 36 horas aproximadamente con todo el sistema encendido, ya que para la monitorización solo se enciende el GPS cuando se lo solicite mientras tanto permanece en modo dormido.
4. Para el envío o recepción de mensajes de texto al controlar o solicitar las coordenadas del vehículo se tiene un retardo de 10 segundos más o menos, debido a intermitencias en la red GSM, ya que depende de la zona de cobertura y de la calidad de servicio.

CAPÍTULO II: PROPUESTA

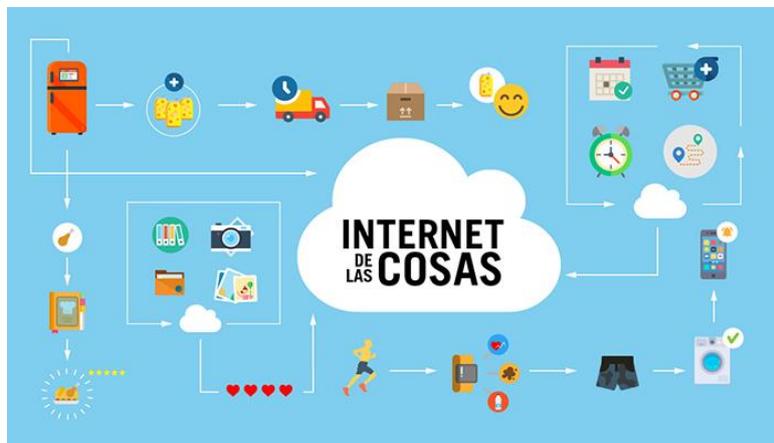
2.1. Fundamentos teóricos aplicados

2.1.1 Internet de las cosas (IoT)

“Internet de las Cosas es una traducción de la expresión en inglés *Internet of Things* (IoT), que describe un escenario en el que diversas cosas están conectadas y se comunican. Esa innovación tecnológica tiene como objetivo conectar los ítems que usamos diariamente a internet” (Ferrer, 2019, Párr. 11).

Figura 1

Internet de las cosas (IoT)



Nota: (Ferrer, 2019)

El internet de las cosas tiene la capacidad de conectar cualquier tipo de objeto a internet con el fin de obtener alguna información relevante o solventar un problema.

De forma simple Internet de las Cosas trata de objetos conectados entre sí por medio de la red. Estos intercambian información para facilitar o crear diversas acciones. Para que algo así pueda ocurrir hay un conjunto de tres factores que necesitan ser combinados para que una aplicación funcione dentro del concepto de Internet de las Cosas. Estos son: dispositivos, la red y un sistema de control. (Ferrer, 2019)

“Los dispositivos son todos aquellos como: refrigeradores, carros, lámparas, relojes, televisión y otros. Es importante que sean equipados con los ítems correctos para proporcionar la comunicación con los demás elementos. Esos límites pueden ser chips, conexión con internet, sensores, antenas entre otros” (Ferrer, 2019, Párr. 15).

“La red, es el medio de comunicación para la transmisión de datos y son tecnologías como Wi-Fi, Bluetooth y datos móviles (3G y 4G)” (Ferrer, 2019, Párr. 16).

“Por último, el sistema de control, ya que es necesario para que todos los datos capturados de los dispositivos a través de la red sean procesados, posteriormente enviados a un sistema que controla cada aspecto y hace nuevas conexiones”(Ferrer, 2019, Párr. 17).

Aplicaciones y ventajas de la tecnología IoT

Existen diversas formas y campos para utilizar el Internet de Cosas (IoT), en la actualidad se lo utiliza en industrias, medicina y negocios. Además, según Rose *et al* (2015), se podría aplicar en los entornos del cuerpo humano, en el hogar, oficinas, ciudades inteligente y vehículos, este último dando mantenimiento de acuerdo con las condiciones, diseño y basado en el uso. Todo esto con el fin de tener todos los objetos conectados de manera global y tener un control de los mismos.

Así mismo, IoT es una tecnología sostenible y viable para las comunicaciones inalámbricas, telecomunicaciones por lo que tiene varias ventajas como:

- ✚ Capacidad de conectar cualquier dispositivo a la red
- ✚ Considerable ahorro de energía
- ✚ Dispositivos económicos y accesibles
- ✚ Comunicación bidireccional en tiempo real
- ✚ Incremento en la seguridad
- ✚ Monitoreos y control desde cualquier parte del mundo

2.1.2 Tecnología GSM/GPRS

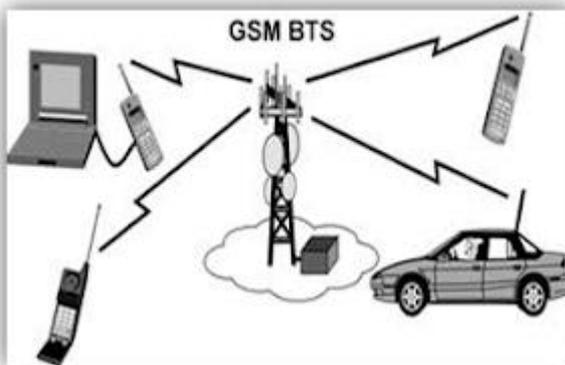
Según Tomasi (2003) la tecnología GSM es:

El GSM es un sistema telefónico celular de segunda generación, desarrollado al principio para resolver los problemas de fragmentación inherentes a los sistemas de primera generación en Europa. Antes del GSM, todos los países europeos usaban distintas normas de telefonía celular, por lo que era imposible que un suscriptor de cualquier país usara un solo teléfono en toda Europa. El GSM fue el primer sistema telefónico celular totalmente digital, diseñado para usar los servicios de la ISDN (red digital de servicios integrados) para proporcionar una amplia gama de servicios a la red. Ahora cuenta con entre 20 y 50 millones de suscriptores, y es la norma mundial más popular para equipos telefónicos y equipos personales de comunicación nuevos. (Tomasi, 2003, pág. 898)

La red GSM, tiene las siguientes características:

- ✚ Capacidad de prestar servicios de voz y datos con una buena calidad.
- ✚ Se puede realizar llamadas simultáneamente sin interferencias .
- ✚ Opera en varias bandas de frecuencias dependiendo de la operadora.
- ✚ Permite enviar y recibir mensajes de texto (SMS).
- ✚ Permite el alojamiento internacional para el servicio (*roaming*).

Figura 2 Transceptor de la estación base (BST)



Nota: (Porras, 2012)

Hoy en día la información es un recurso esencial para las personas o corporaciones, de tal manera que debe ser preservado para evitar la manipulación o distorsión de la misma, es por ello, que la tecnología GSM tiene varios aspectos para controlar la integridad y confidencialidad de los datos transmitidos, según Porras (2012) son:

- ✚ Autenticación de la Identidad del Abonado
- ✚ Confidencialidad de la Identidad del Abonado
- ✚ Confidencialidad de los Datos de Señalización
- ✚ Confidencialidad de los Datos del Usuario

“Los mecanismos de seguridad de GSM se implementan en tres elementos diferentes del sistema, los cuales siempre deben estar para que funcionen los mecanismos de autenticación y de confidencialidad requeridos” (Porras, 2012, Párr. 16)

- ✚ Tarjeta SIM o CHIP de identificación
- ✚ Dispositivo móvil o celular
- ✚ La red GSM

El Servicio General de Paquetes vía Radio o *General Packet Radio Service (GPRS)*, está basado en la tecnología GSM, del mismo modo que se usaban los módems antiguos conectados a la línea telefónica, nació el GPRS, sistema que permite mandar y recibir paquetes de datos usando la red de telefonía por satélite. El Internet ya no sólo está en casa, en la oficina o al lado de un ordenador con conexión por cable, sino que se encuentra en cualquier parte del mundo. El gesto, ahora natural, de sacar el celular para consultar una página web, o el correo, es posible gracias a esta tecnología pionera. (Sistemas, s.f.)

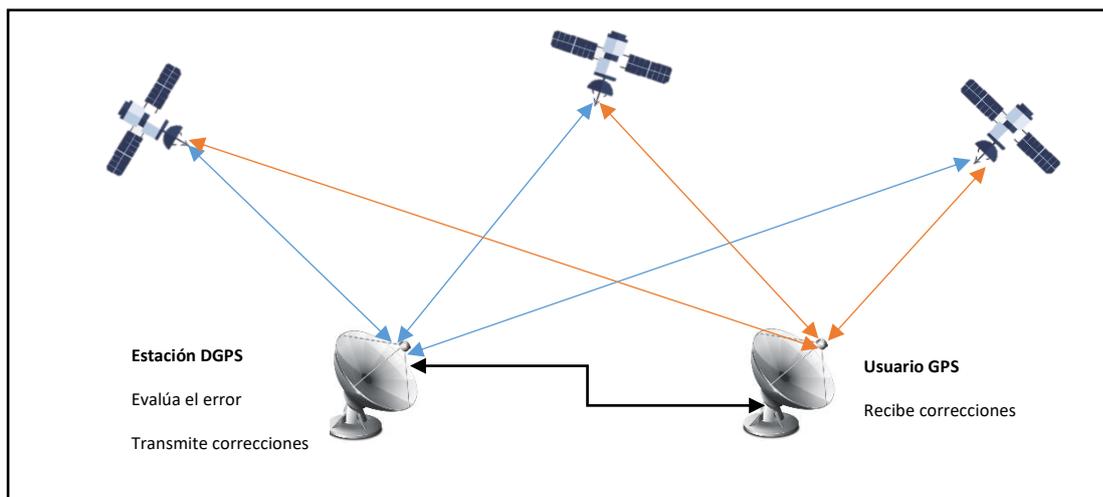
“La diferencia entre GSM y GPRS es que la primera estaba orientada a la transmisión de audio y la segunda a la de datos, y además mediante la tarjeta SIM de los celulares permitía asignar una IP y por tanto integrar al móvil como un dispositivo más dentro de Internet con su identificación propia” (Sistemas, s.f.).

Según Azimut (2022) el sistema GPS es:

El Sistema de Posicionamiento Global o *Global Position System (GPS)*, es un sistema o conjunto de satélites y estaciones terrestres, que permiten obtener la posición en coordenadas de latitud y longitud en cualquier parte de la tierra. Durante años los barcos, aviones y unidades terrestres del Ejército estadounidense hicieron uso exclusivo del sistema dando muestra de una gran utilidad, en donde posteriormente se daría el paso para el uso público en el año 1995. Aunque Estados Unidos estableció como condición la capacidad de alterar la exactitud de las posiciones con motivo de salvaguardar su propia seguridad y de las operaciones militares. (Azimut, 2022)

Figura 3

Constelación de satélites (GPS Diferencial)



Elaborado por: El investigador

En la actualidad los dispositivos GPS son de gran utilidad, para sistemas de monitoreo remoto, geolocalización de objetos e incluso para navegación vehicular o marítima, de tal manera que se requiere obtener la ubicación exacta. Para aquello, se utiliza antenas GPS a través de cables coaxiales, las cuales permiten receptar las señales de mejor manera además de amplificar la misma para minimizar un error.

Según Azimut (2022), existen 3 tipos de antenas para mejorar la recepción de las señales, las cuales son:

“Antena pasiva: es la que capta la señal de los diferentes satélites y estaciones de los sistemas de posicionamiento y la reporta a los equipos, siendo el equipo receptor el que la amplifica para su procesamiento. Son antenas que no requieren de fuente de energía” (Azimut, 2022).

“Antena activa: recibe la señal exterior y la amplifica antes de transmitirla a los equipos. Este tipo de antena requiere de una fuente de energía para amplificar la señal, ofreciendo mayor exactitud y una alta sensibilidad” (Azimut, 2022).

“Antena integrada: Adicionalmente se pueden usar equipos de GPS con antena integrada, aptos para su uso en el exterior y muy adecuados para pequeñas embarcaciones. No requieren de instalación y su fuente de energía depende del propio equipo al que es solidaria” (Azimut, 2022).

2.1.3 Redes Neuronales Artificiales

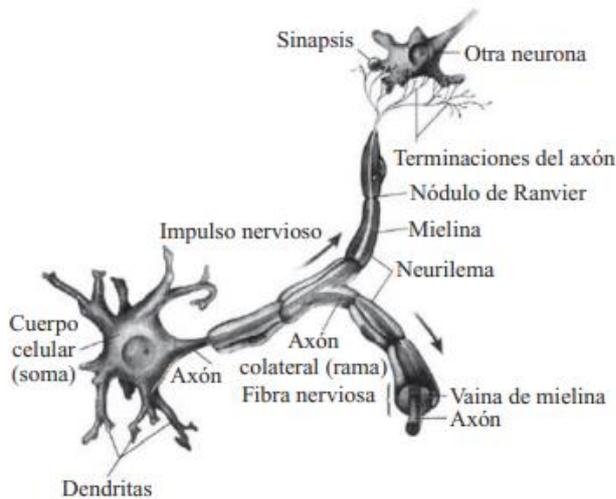
Según Ponce (2010) las Redes Neuronales Artificiales (RNA) son:

La tecnología neural trata de reproducir el proceso de solución de problemas del cerebro. Así como los humanos aplican el conocimiento ganado con la experiencia a nuevos problemas o situaciones, una red neuronal toma como ejemplos problemas resueltos para construir un sistema que toma decisiones y realiza clasificaciones. Los problemas adecuados para la solución neuronal son aquellos que no tienen solución computacional precisa o que requieren algoritmos muy extensos como en el caso del reconocimiento de imágenes. (Ponce, 2010, pág. 6)

“Las redes neurales artificiales son aproximadores no lineales a la forma en que funciona el cerebro; por lo tanto, no deben compararse directamente con el cerebro ni confundir los principios que fundamentan el funcionamiento de las redes neurales artificiales y el cerebro” (Ponce, 2010, pág. 193).

Figura 4

Elementos neuronales



Nota: (Ponce, 2010)

Según Ponce (2010), se puede considerar que las señales de entrada ingresan por la sinapsis de la neurona, estas señales pueden verse afectadas o atenuadas dependiendo del parámetro (peso) de acuerdo con la sinapsis respectiva. Si se tiene un peso positivo, se excita a la neurona, caso contrario se la inhibe.

Características de las redes neuronales

Las redes neuronales artificiales cumplen con las siguientes características según Ponce (2010):

- ✓ Cada unidad posee un estado para la activación
- ✓ Las unidades tienen conexiones internas, las cuales tienen asociado un peso que decide la acción en la señal de entrada.
- ✓ Tienen una función de activación que determina la salida de acuerdo con la entrada actual y la anterior
- ✓ El bias es un parámetro externo que posee cada unidad
- ✓ Se debe generar un aprendizaje o método de enseñanza para adquirir información
- ✓ Las redes neuronales trabajan con señales de entrada y de error para realizar ajustes aproximando y mejorar la eficiencia del sistema.

Una RNA tienen una respuesta de la forma:

$$y = f\left(\sum_k w_k x_k\right) + \theta$$

Donde:

$f(*) =$ Función no lineal simple

$x_k =$ Entradas externas

$w_k =$ Pesos de los enlaces de conexión

$\theta =$ Bias de ajuste

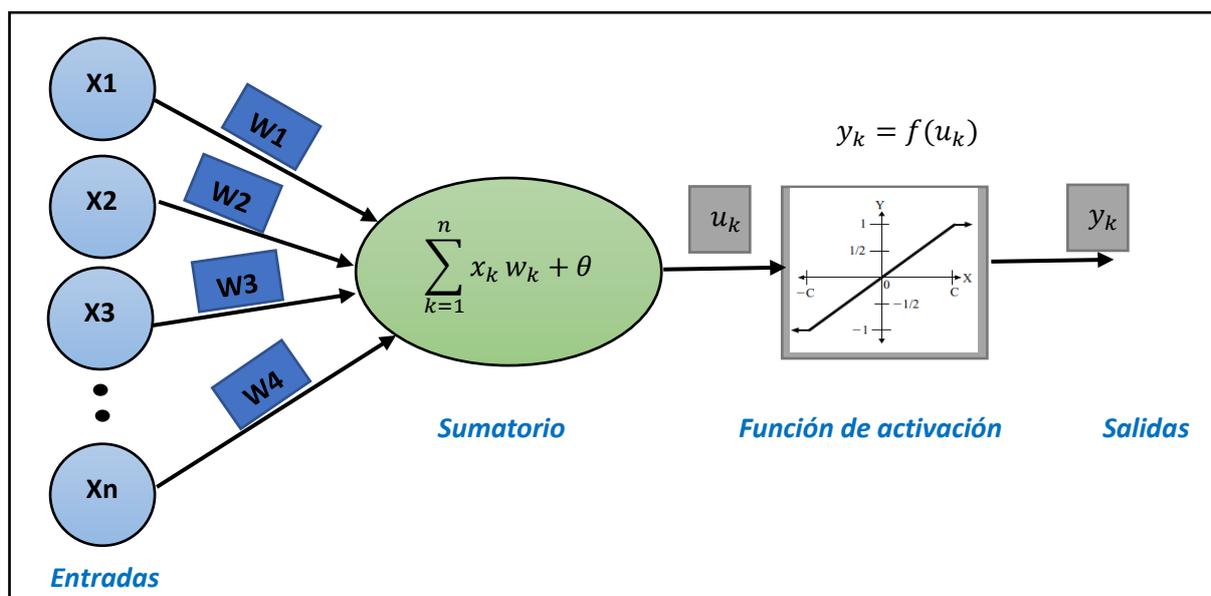
Considerando las entradas como una función en el dominio del tiempo:

$$y(t) = \sum_k w_k(t)x_k(t) + \theta(t)$$

En las redes de una capa, las entradas están directamente conectadas a las salidas mediante pesos, en donde las salidas no interactúan, por lo que una red con n salidas puede ser analizada como n redes individuales, como se visualiza en la figura 5.

Figura 5

Red neuronal de una capa



Elaborado por: El investigador

Aplicaciones y ventajas de las Redes Neuronales Artificiales

Las RNA tienen una amplia área de aplicaciones, en la que se destacan:

- ✚ En la medicina, con análisis de electrocardiogramas y células portadoras de cáncer.
- ✚ En la Electrónica con, predicción de secuencias de códigos, sistemas de control PID, reconocimiento de fallas, voz y visión artificial.
- ✚ En las Telecomunicaciones, con conversión del lenguaje de señas a voz, compresión de voz y datos.
- ✚ En la seguridad con, Criptografía, reconocimiento facial y huella digital etc.

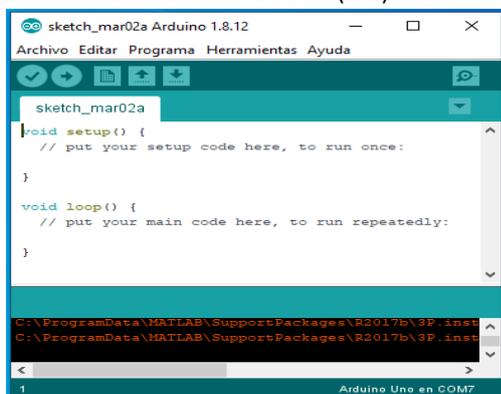
2.1.4 Software Arduino

Arduino es una plataforma de código abierto (IDE), la cual consta de varios modelos de placas para diferentes tipos de aplicaciones y utilidades. Constan de un microcontrolador reprogramable, en el cual vienen soldados un conjunto de pines conectados internamente al chip, con el fin de conectar de manera sencilla cables, motores, sensores etc.

Los proyectos Arduino pueden ser autónomos o no. En el primer caso, una vez programado su microcontrolador, la placa no necesita estar conectada a ningún computador y puede funcionar autónomamente si dispone de alguna fuente de alimentación. En el segundo caso, la placa debe estar conectada de alguna forma permanente (por cable USB, por cable de red Ethernet, etc.) a un computador ejecutando algún software específico que permita la comunicación entre este y la placa y el intercambio de datos entre ambos dispositivos. Este software específico se lo debe programar mediante algún lenguaje de programación estándar como Python, C, Java, Php, etc., y será independiente del entorno de desarrollo Arduino, el cual no se necesitará más, una vez que la placa ya haya sido programada y esté en funcionamiento. (Torrente, 2013, pág. 65)

Figura 6

Entorno de desarrollo Arduino (IDE)



Elaborado por: El investigador

2.2. Descripción de la propuesta

Para llevar a cabo el sistema de monitorización autónomo inteligente, se requiere los siguientes requerimientos y parámetros:

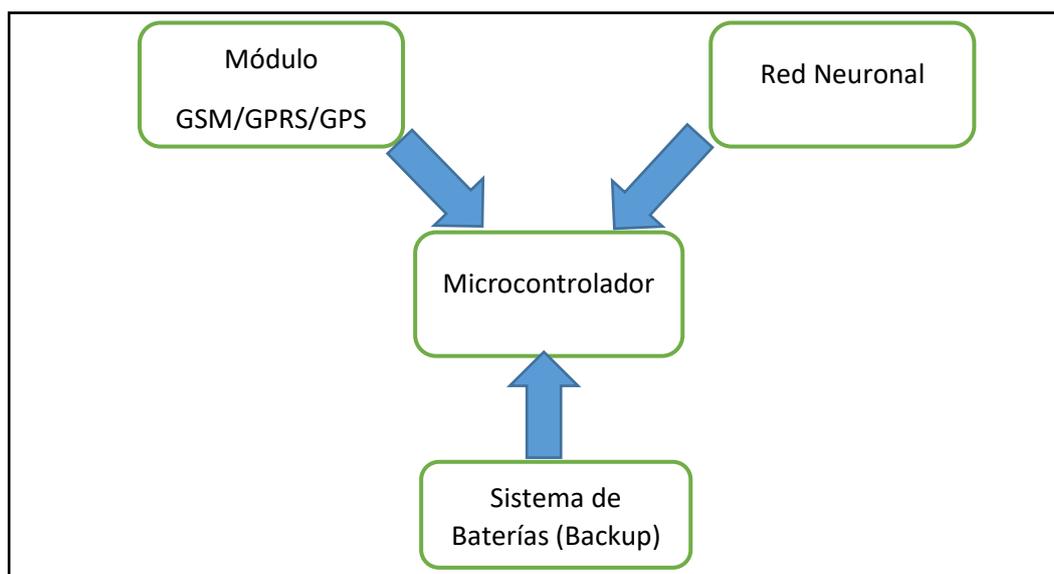
- Obtener de manera remota las coordenadas del vehículo
- Enviar un código vía SMS para bloquear o detener el automotor
- Detectar cuando el vehículo se aleje de su zona habitual de recorrido
- Contar con un respaldo de baterías (*Backup*) para el sistema

2.2.1 Diagrama de bloques del sistema

En la figura 7, se puede observar el diagrama de bloques del sistema de monitorización inteligente, el cual se encuentra dividido en 4 bloques. El Primer bloque o modulo (GPS/GPRS/GSM), es el encargado de obtener la latitud y longitud, así como de enviar esas coordenadas a través de la red GSM y realizar llamadas de alarma al propietario del vehículo. El segundo bloque o la red neuronal artificial, se la implementa con el fin de detectar cuando el vehículo se escapa de área habitual de recorrido, mediante los parámetros de latitud y longitud. El tercer bloque o sistema de baterías de respaldo, se coloca para darle autonomía energética al sistema, ya que se desea monitorear el vehículo en todo momento, por tanto, la energía es fundamental para el correcto funcionamiento. Por último, se tiene cuarto bloque (Microcontrolador), es el encargado de procesar toda la información obtenida por medio de GPS y ejecutarla en conjunto con la red neuronal previamente entrenada, además de realizar el control del vehículo activando una salida del microcontrolador.

Figura 7

Diagrama de bloques del sistema de monitorización



Elaborado por: El investigador

2.2.2 Análisis de los principales problemas de inseguridad y robo de vehículos en el país.

Se va a desarrollar el sistema de monitorización autónomo inteligente para vehículos en el país, por lo cual se debe llevar a cabo un análisis específico de los principales problemas y métodos de robo, así como los horarios en los que ocurren estos atracos.

Se considera robo, cuando una o más personas, a través de violencia o fuerza sustraiga totalmente un vehículo ya sea público o privado independientemente si se recupera o no posteriormente. Por tanto, según datos del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (2021), en el año 2020, se registraron 4596 robos a vehículos, mientras que en el año 2021 se suscitaron 6866, aumentando en un 33,07% los robos. En la tabla 1 se puede evidenciar que el mes en el cual se generaron más atracos fue Diciembre, cabe recalcar en estas cifras están considerados todo tipo de vehículos a excepción de las motocicletas o cuadrones y todo automotor no terrestre.

Tabla 1

Datos estadísticos sobre robos de vehículos en los años 2020 y 2021

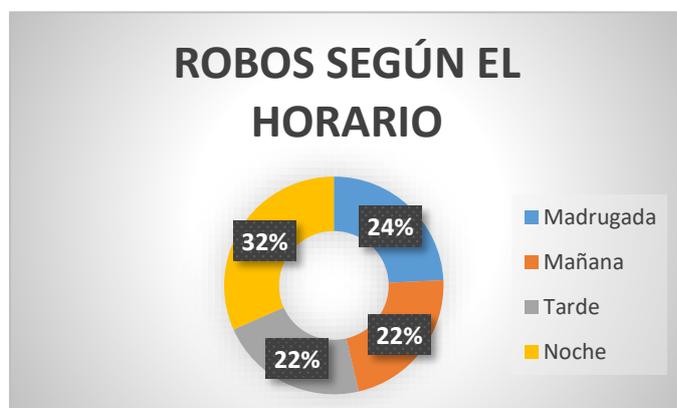
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	TOTAL
2020	492	475	292	67	192	358	433	372	446	515	506	448	4596
2021	528	483	509	492	466	537	588	648	589	686	617	723	6866

Fuente: (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2021)

Por otra parte se tiene los datos según el horario de los robos como se muestra en la figura 8, en donde se evidencia que el mayor porcentaje de atracos se generan en la noche y madrugada, esto debido a que los propietarios se encuentran alejados de los automotores o dormidos y así desconectar las baterías para evitar que suenen las alarmas o el vehículo se bloquee.

Figura 8

Porcentaje de robos según el horario



Fuente: (Fiscalía General del Estado, 2022)

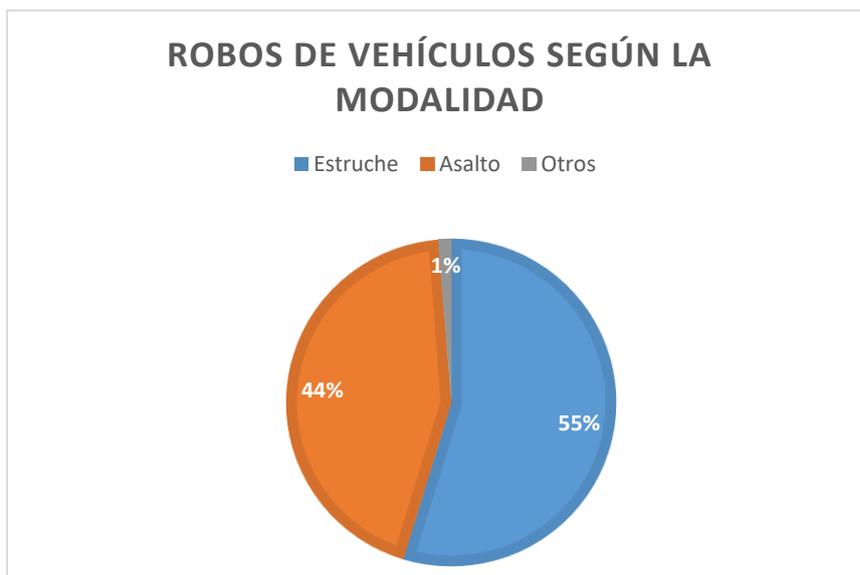
Por otra parte, también se analiza la modalidad de los robos, ya que muchas veces los propietarios son asaltados perdiendo el vehículo y sus pertenencias (teléfono celular, documentos, billetera etc.). Esto es muy importante ya que, si el dueño llega a perder su celular no tendría en donde recibir las coordenadas del automotor, así mismo se quedaría sin acceso remoto para bloquearlo. En este caso, el sistema de monitoreo autónomo tendría que permitir el acceso a otros dispositivos de respaldo (*backup*) para que también puedan monitorearlo y controlarlo.

En la figura 9 se muestra los datos sobre las modalidades de robo más frecuentes según la Fiscalía General del Estado (2022), se puede observar que el mayor porcentaje de robos se ejecuta por la modalidad del estruque con un 54,7%, es decir, los atracadores aprovechan cuando los vehículos están parqueados, guardados, o estacionados, ya que no existe persona en esos momentos para custodiarlos.

De manera similar con un porcentaje del 44,1%, existe el método del asalto, el cual hace referencia cuando el/los atracadores sustraen un vehículo con el propietario en el interior o en sitio, aquí la mayoría de las veces el dueño de automotor pierde todas sus pertenencias, tales como dispositivos móviles o documentos personales. Y por último se tiene otros tipos de modalidades con el 1.2% de los robos en el país.

Figura 9

Datos estadísticos según la modalidad del robo



Fuente: (Fiscalía General del Estado, 2022)

2.2.3 Selección de los dispositivos de acuerdo con los parámetros de funcionamiento de los dispositivos IoT.

Se va a realizar la selección de los elementos y/o dispositivos para la implementación del sistema de monitorización inteligente, para lo cual se lleva a cabo un análisis comparativo de diferentes productos con el fin de determinar cuál es la mejor opción de acuerdo con las características de los mismos.

Se requiere los siguientes elementos para la ejecución del sistema de monitoreo:

- Microcontrolador
- Modulo o dispositivo GPS/GPRS/GSM
- Baterías

Selección del Microcontrolador

El microcontrolador por seleccionar debe ser de un tamaño pequeño, ya que el sistema se lo instala en el vehículo y se requiere que ocupe el menor espacio posible, además debe consumir poca energía, así como soportar temperaturas elevadas. Este dispositivo será el encargado de procesar toda la información del sistema, así como controlar el bloqueo del vehículo.

En la actualidad existen diferentes tipos de microcontroladores diseñados para distintas aplicaciones, por lo cual en la tabla 2 se realiza una breve descripción de algunos. Se analiza la capacidad de memoria del microcontrolador, ya que se requiere que procese información del módulo GPS y así mismo ejecute el programa con los pesos de la red neuronal para estar en constante monitoreo.

Se tiene la placa Arduino Uno, que es una tarjeta utilizada en proyectos electrónicos con varios pines de Entrada/Salida, consume poca energía y maneja diferentes tipos de comunicación serial, pero tiene un tamaño grande para facilitar su manipulación. De igual manera existe la placa ESP8266 NodeMCU desarrollada por LoLin, la cual es similar a Arduino y se diseñó especialmente para proyectos relacionados con el Internet de las cosas, teniendo como núcleo un ESP-12E. También se tiene la Raspberry Pi, el cual es un minicomputador con una alta capacidad de procesamiento de datos y varias funciones adicionales, pero así mismo requiere de bastante energía y su tamaño es grande debido a los puertos para conectar periféricos.

Por último, se tiene el Arduino Nano. Esta tarjeta es la que más se acopla a las condiciones del presente proyecto ya que posee un bajo consumo energético y sus dimensiones son pequeñas además de soportar elevadas temperaturas y disponer de pines UART para la comunicación serial.

Tabla 2
Comparación de diferentes tipos de microcontroladores

TARJETA				
MODELO	ARDUINO UNO	ARDUINO NANO	ESP8266 NODEMCU	RASPBERRY PI 4 Modelo B
MICROPROCESADOR	ATmega328P	ATmega328	ESP8266 a 80MHz	Cortex-A72 (ARM v8) de 64 bits
CONECTOR COMUNICACIÓN	USB-B UART I2C SPI	Mini-B USB UART I2C SPI	Mini-B USB I2C SPI	USB-C Bluetooth 5.0, BLE Gigabit Ethernet
PINES	Pin LED incorporado 13 Pines de E/S digitales 14 Pines de entrada analógica 6 Pines PWM	Pin LED incorporado 13 Pines de E/S digitales 14 Pines de entrada analógica 8 Pines PWM	9 pines GPIO con I2C y SPI	4 puertos USB 40 pines GPIO
Voltaje de E/S	5V	5V	3.3V	5V
Voltaje de entrada(nominal)	7-12V	7-12V	5V	5V/3A DC
Corriente de consumo	46mA	15mA	50mA	0.68A
Conector de fuente de alimentación	Tapón de barril	Mini-B USB	Mini-B USB	Micro USB/GPIO
Memoria	2KB SRAM, 32KB FLASH, 1KB EEPROM	SRAM de 2 KB, flash de 32 KB, EEPROM de 1 KB	4MB de Memoria FLASH (32 MB)	512 MB de memoria RAM LPDDR2
Procesador principal	ATmega328P 16 MHz	ATmega328 16 MHz	ESP-12E	Broadcom BCM2711
Dimensiones	Ancho 53mm Largo 68mm	Ancho 18mm Largo 45mm	Ancho 26mm Largo 49mm	Ancho 30 mm Largo 65 mm
Temperatura	-55°C – 125°C	-55°C – 125°C	-40°C – 125°C	0°C – 50°C

Fuente: (Arduino, 2022)

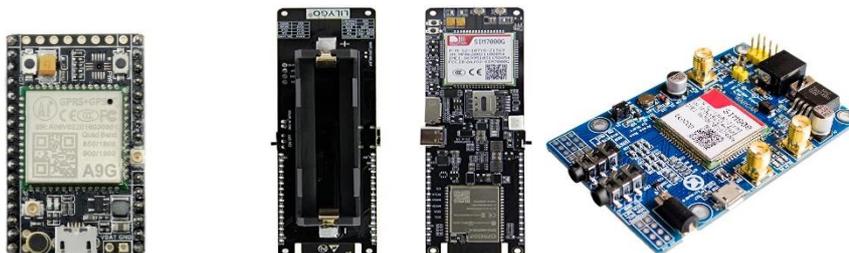
Selección del módulo GPS/GPRS/GSM

El módulo GPS/GPRS/GSM, es el dispositivo que se encargara de obtener las coordenadas en latitud y longitud del vehículo, así mismo de permitir receptar y enviar mensajes y llamadas a través de la red GSM, por tanto, se ha considerado ocupar un dispositivo que contenga las tres tecnologías en uno, con el fin de reducir costos y excesos de elementos electrónicos. En la tabla 3 se puede visualizar una descripción de los dispositivos a analizar para realizar la selección del mismo.

Tabla 3

Comparación de diferentes tipos de módulos GPS/GSM/GPRS

MÓDULO



MODELO	PUDDING A9G	TTGO SIM 7000G	SIM 808
Tecnologías	GPRS/GSM GPS/GNSS	GPRS/GSM GPS/GNSS Bluetooth/Wifi/LoRa	GPRS/GSM/GPS
Servicios	Mensajería SMS Soporta llamadas de voz Datos por GPRS	Mensajería SMS Soporta llamadas de voz Datos por GPRS 4G LTE	Mensajería SMS Soporta llamadas de voz Datos por GPRS 2G/3G
Voltaje de Alimentación	5V DC	3.7V DC	5-26V DC
Voltaje E/S	2.8V DC	3.6V DC	3.6V DC
Corriente de Stand By	Menor a 2 mA	0.2uA	2mA
Sensibilidad	-105dBm	-139dBm	-157dBm
Socket para SIM	Si	Si	Si
Socket para MicroSD	Si	Si	No
Antena GPS/GSM	Si	Si	Si
Pulsador de reinicio	Si	Si	No
Memoria	FLASH: 32Mb (4MB) RAM: 32Mb (4MB)	FLASH: 32Mb (4MB) RAM: 32Mb (8MB)	
Dimensiones	Ancho 22mm Largo 41mm	Ancho 33mm Largo 110mm	Ancho 53mm Largo 75mm
Temperatura	-30°C – 80°C	-40°C – 85°C	-30°C – 85°C
Precio aproximado	30\$	120\$	45\$

Elaborado por: El Investigador

De acuerdo con la descripción de cada uno de los tipos de módulos para la comunicación y geolocalización mostrados en la tabla 3, todos los elementos son ideales para el desarrollo del presente proyecto, pero existen pequeñas diferencias que los hacen uno mejor que otro dependiendo de la aplicación. En este caso se requiere que el dispositivo consuma poca energía y que la localización sea bastante precisa, por lo cual se ha elegido el módulo SIM 808, ya que permite enviar y recibir mensajes de texto, además de hacer y recibir llamadas. Así mismo el voltaje de alimentación puede ser de 5 a 26V DC, tensión utilizada en los vehículos actualmente (12V), por lo que no haría falta algún tipo de reductor de tensión.

Por otra parte, el módulo TTGO SIM 7000G, tiene muy buenas características incluso cuenta con un regulador interno para cargar baterías Lipo, pero es de difícil adquisición ya que no existe en el mercado local, así mismo el módulo PUDDING A9G, el cual es económico y sus dimensiones son pequeñas, pero está obsoleto a nivel nacional.

Selección del respaldo (Baterías)

El sistema de monitorización se requiere que esté funcionando constantemente, por lo que, si se corta la energía principal del vehículo el sistema deberá conmutar a las baterías de respaldo, es por ello, que se debe seleccionar unas baterías que le den autonomía al sistema, permitiendo operar por al menos 24 horas consecutivas. Por tal motivo, en la tabla 4 se muestra una comparación de diferentes tipos de respaldo energético (Baterías) para dispositivos electrónicos, de los cuales se selecciona el que mejor se adapta a los requerimientos del presente proyecto.

Tabla 4

Comparación de diferentes tipos de baterías

<i>Descripción gráfica</i>	<i>Tipo</i>	<i>Capacidad</i>	<i>Ciclo de vida</i>	<i>Tiempo de carga</i>	<i>Descripción</i>
	Batería Ni-Cd	Baja	Alto Mas de 1000 cargas	Rápido	Este tipo de baterías son muy resistentes a caídas o al calor.
	Batería Ni-MH	Media	Regular	Rápido	Este tipo de baterías son resistentes, pero son sensibles al calor
	Batería Li-Ion	Alta	Regular Entre 300 a 500 cargas	Moderado	Son delicadas y sensibles al calor.

Elaborado por: El Investigador

De los diferentes tipos de baterías estudiados, se ha determinado que la mejor opción para emplearlo en el presente proyecto, son las baterías de Li-Ion, debido a que tienen una alta capacidad de carga, que es uno de los principales pilares que se busca para el sistema autónomo, además tiene un ciclo de vida regular de aproximadamente 3 años. A todo esto, se suma que son pequeñas, de peso ligero y menor efecto de memoria, por lo cual son bastantes utilizadas en proyectos de electrónica o equipamientos portátiles.

Por otra parte, las baterías de Ni-Cd y Ni-MH son más robustas, pero tienen un tamaño mayor en comparación con las de Li-Ion, además no tienen una alta capacidad de almacenamiento, lo cual no aporta al presente trabajo, ya que se busca que el dispositivo sea lo más pequeño posible y tenga una autonomía de un día.

2.2.4 Diseño del sistema de monitorización

Se va a realizar el sistema de monitorización con el Microcontrolador Arduino Nano, el cual se encargará de mantener una constante comunicación con el módulo SIM808, que permite obtener las coordenadas en latitud y longitud, además de enviarlas al propietario del vehículo a través de la red GSM. Para lo cual se procede a colocar un chip de la operadora Movistar en el módulo SIM808, y colocarle las antenas respectivas, tanto para el GPS y para el GPRS/GSM. Una vez colocado los accesorios, se enciende el módulo y se pulsa el botón de *Start*, para que busque una red celular disponible en el sector. Cuando el módulo se engancha a una red, el led indicador parpadea de manera constante cada 3 segundos.

Posteriormente, se procede a conectar el microcontrolador con el módulo SIM808 a través de dos pines que soporten la librería software serial de la plataforma Arduino, para este caso se utilizará los pines 7 Y 8 del Arduino Nano, RX y TX respectivamente. Cabe recalcar que las conexiones se debe realizar transmisión – recepción y viceversa.

La fuente de alimentación para el dispositivo debe ser de 5-26V DC con una corriente mínima de 2A ya que en funcionamiento del GPS/GSM/GPRS conlleva un alto consumo, así mismo se deberá alimentar al microcontrolador para que opere adecuadamente sin interrupciones. Para este proyecto se utiliza como fuente principal la batería del vehículo y como fuente secundaria(backup) una Lipo de 2200mAh de 11.1V.

Una vez conectados el Arduino Nano con el módulo GPS/GSM, se va a obtener los datos del posicionamiento, para ello, se debe ingresar comandos AT como los que se muestran en la tabla 5, los cuales se pueden tabular en el monitor serial de IDE Arduino para verificar su funcionamiento.

Todas las funciones para enviar y recibir llamadas o mensajes de texto, se lo realiza en la programación interna del microcontrolador en el IDE de Arduino, además de las comparaciones y condiciones de activación o alarmas. El código se lo puede encontrar en el anexo 1.

Tabla 5

Comandos AT para el módulo SIM808

DESCRIPCIÓN	COMANDO AT	RESPUESTA
Configura el modo "llamada" para hacer o recibir llamadas telefónicas	AT+CLIP=1	OK
Se configura el modo texto para enviar o recibir mensajes de texto	AT+CMGF=1	OK
Imprime el contenido del mensaje recibido por el puerto serial del SIM808	AT+CNMI=2,2,0,0,0	OK
Comando AT que activa el GPS	AT+CGNSPWR=1	OK
Permite obtener en formato RMC la fecha, posición, curso y velocidad	AT+CGNSSEQ=RMC	OK
Comando con el número del celular a cuál se va a llamar	ATD 098XXXXXXX	OK
Comando para colgar el teléfono	ATH	NO CARRIER OK
Comando con el número a quien se va a enviar el mensaje	AT+CMGS="\+593xxxxxx\	OK
Comando para resetear al GPS	AT+CGPSRST=0	OK
Devuelve el estado del GPS	AT+CGPSSTATUS?	LOCATION NOT FIX

Elaborado por: El Investigador

2.2.5 Diseño y entrenamiento de la Red Neuronal Artificial (RNA)

Para el diseño y ejecución de la Red Neuronal Artificial existen diferentes plataformas como, Python, TensorFlow, Keras etc. Estos softwares requieren de una alta capacidad de memoria y procesamiento de datos, por lo que se necesitaría un minicomputador para poder llevarse a cabo el sistema. Debido a esto en el presente proyecto se realiza el entrenamiento de la red neuronal en el software libre de Google Colab, ya que permite ejecutar Python sin necesidad de configuración o recursos computacionales.

Aprendizaje automático en Google Colab

“Los cuadernos de Colab ejecutan código en los servidores en la nube de Google, lo que permite aprovechar la potencia del hardware de Google, incluidas las GPU y TPU, independientemente de la potencia del equipo que se esté manejando. Solo se necesita un navegador” (Google, 2022).

Como primer paso, se establecen las librerías y los datos para el entrenamiento de la RNA, que para el presente proyecto de investigación se asemeja a una compuerta OR. Ya que, si el vehículo se encuentra en la zona de recorrido habitual la señal de salida Y debe ser igual a 0, tal y como se indica en la tabla 6. Es decir, tanto la latitud como la longitud están dentro de los límites fijados por el dueño del automotor caso contrario se encuentra fuera de la zona.

Tabla 6

Datos de entrada y salida, similar a una compuerta OR

Latitud= x1	Longitud = x2	Salida=Y	Zona
0	0	0	Dentro
0	1	1	Fuera
1	0	1	Fuera
1	1	1	Fuera

Elaborado por: El Investigador

Posteriormente se define la arquitectura, que para este caso es secuencial y se llama a la misma. Una vez establecido el modelo, se procede a realizar el entrenamiento de la RNA, en donde se ha fijado un total de 500 repeticiones(épocas), como se visualiza en la figura 10.

Figura 10

Entrenamiento en Google Colab de la RNA

```
RNA_ENTRENAMIENTO_COLAB.ipynb
Comentario Compartir
+ Código + Texto RAM Disco Editar
▼ Importación de librerías
[3] import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
from tensorflow.keras.layers import Dense
from tensorflow.keras.models import Sequential
import tensorflow as tf

▼ Datos del entrenamiento para detectar si se está fuera de un área
[4] x_train = np.array([[0,0], [0,1], [1,0], [1,1]])
target = np.array([0,1,1,1])
print("Entradas",x_train)
print("Salidas",target)

Entradas [[0 0]
[0 1]
[1 0]
[1 1]]
Salidas [0 1 1 1]

▼ Entrenamiento
[18] #Fit
history = model.fit(x_train, target, epochs = 500)

Epoch 1/500
1/1 [=====] - 0s 9ms/step - loss: 0.5000 - accuracy: 0.5000
Epoch 2/500
1/1 [=====] - 0s 9ms/step - loss: 0.5000 - accuracy: 0.5000
Epoch 3/500
1/1 [=====] - 0s 13ms/step - loss: 0.5000 - accuracy: 0.5000
Epoch 4/500
1/1 [=====] - 0s 8ms/step - loss: 0.5000 - accuracy: 0.5000
Epoch 5/500
1/1 [=====] - 0s 7ms/step - loss: 0.5000 - accuracy: 0.5000
Epoch 6/500
1/1 [=====] - 0s 8ms/step - loss: 0.5000 - accuracy: 0.5000
Epoch 7/500
1/1 [=====] - 0s 10ms/step - loss: 0.5000 - accuracy: 0.5000
Epoch 8/500
1/1 [=====] - 0s 8ms/step - loss: 0.5000 - accuracy: 0.5000
Epoch 9/500
1/1 [=====] - 0s 9ms/step - loss: 0.5000 - accuracy: 0.5000
Epoch 10/500
1/1 [=====] - 0s 6ms/step - loss: 0.5000 - accuracy: 0.5000
Epoch 11/500
1/1 [=====] - 0s 9ms/step - loss: 0.5000 - accuracy: 0.5000
Epoch 12/500
1/1 [=====] - 0s 8ms/step - loss: 0.5000 - accuracy: 0.5000

Pesos
w1 = [1.101622], [-1.2907914]
b1 = [-0.101621985]
```

Elaborado por: El Investigador

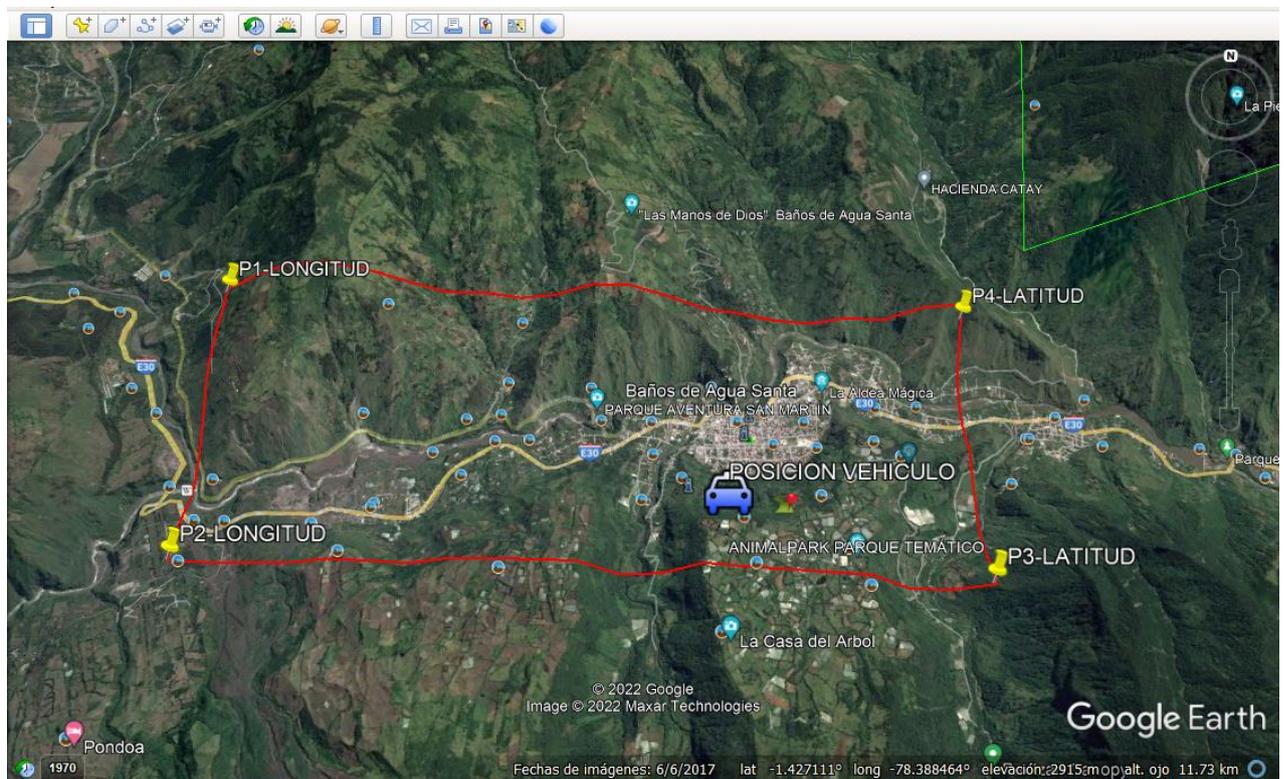
De los datos del entrenamiento de la RNA, se obtienen los pesos de $w_1 = [1.101622]$, $w_2 = [-1.290791]$ y un valor del bias de $b = [-0.101621985]$, estos datos se agregarán a la ecuación de salida juntamente con la función de activación (Escalón unitario).

El diseño de la red neuronal debe ser capaz de predecir cuando el vehículo salga de su zona de recorrido habitual para generar una alarma al propietario. En este caso, como ya se tiene el valor de los pesos y del bias, las entradas van a ser la latitud y longitud. Para la presente investigación se ha fijado una zona rectangular en la ciudad de Baños, Tungurahua, Ecuador como se indica en la figura 11, en donde los límites son:

- Latitud inferior= -0.4120
- Latitud superior = -0.3860
- Longitud inferior= -78.4722
- Longitud superior = -78.4040

Figura 11

Zona de recorrido habitual en la ciudad de Baños de Agua Santa



Elaborado por: El investigador

Con los datos de los pesos y el bias obtenidos del entrenamiento y ya fijados los límites superiores e inferiores para el geoposicionamiento. La ecuación o algoritmo de salida de la RNA equivale a:

$$y(t) = x_1(1.101622) + x_2(-1.290791) - 0.101621985$$

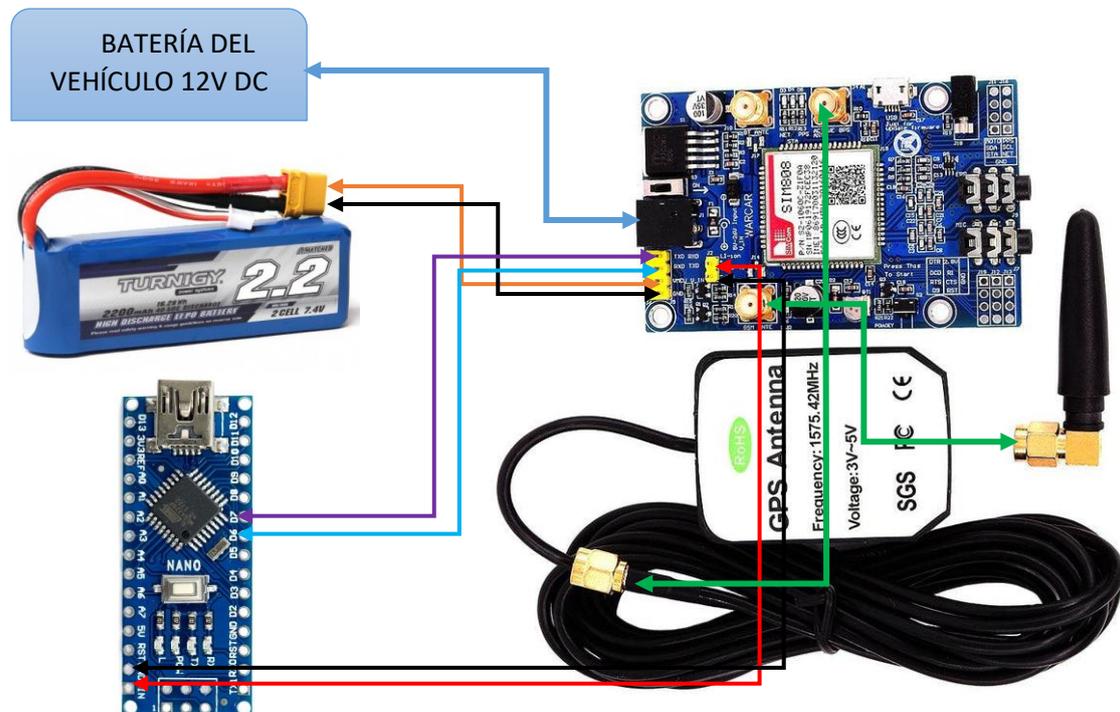
En donde x_1 y x_2 van a ser la latitud y longitud, esta ecuación se coloca en la programación interna del microcontrolador, en donde el código se muestra en el anexo 1.

2.2.6 Implementación del sistema de monitorización

Se procede a realizar en ensamblaje del sistema de monitorización autónomo inteligente, tal como se visualiza el esquema de la figura 10.

Figura 12 : Esquema de los elementos del sistema de monitoreo autónomo

Esquema de los elementos del sistema de monitoreo autónomo



Elaborado por: El investigador

Las conexiones de los pines son las siguientes:

- El pin 7(RX) del Arduino Nano al pin TXD del módulo SIM808
- El pin 8(TX) del Arduino Nano al pin RXD del módulo SIM808
- El pin Vin del Arduino Nano se conecta al puerto 3,5-4V del módulo SIM808
- El pin GND del Arduino Nano se conecta al puerto GND del módulo SIM808
- El puerto Vin del módulo SIM808 se conecta al positivo de la batería de LI-ion
- El puerto GND del módulo SIM808 se conecta al negativo de la batería de LI-ion
- Por el puerto JAC principal del módulo se conecta la batería del vehículo entre 5-26V DC

2.2.7 Pruebas de funcionamiento del sistema de monitorización autónomo inteligente

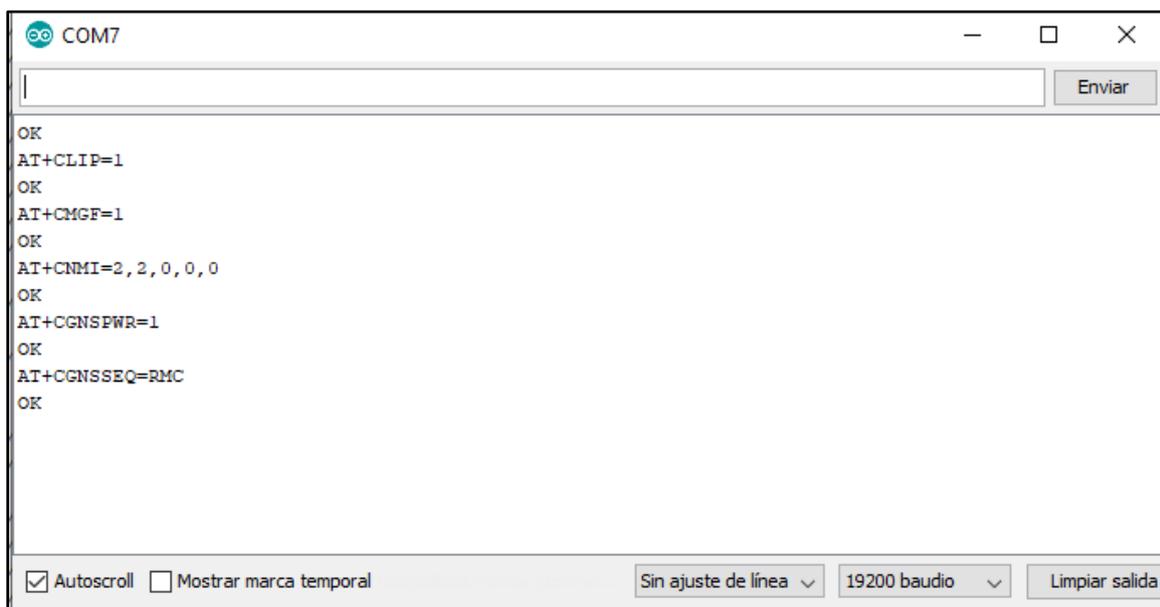
Se realizaron diferentes pruebas para verificar el correcto funcionamiento del sistema de monitorización, las cuales se ejecutaron en dos ciudades diferentes, con el fin de encontrar un margen de error. La primera ciudad es Baños de Agua Santa, los parámetros de indicaron en la figura 11. La segunda ciudad es Quito, en donde se estableció las siguientes coordenadas para la zona de recorrido habitual.

- Latitud inferior= -0.4120
- Latitud superior = -0.3070
- Longitud inferior= -78.5460
- Longitud superior = -78.3050

Inicialmente se establece las configuraciones con los comandos AT, como se visualiza en la figura 13. En este caso se imprime un mensaje de OK indicando que la comunicación se estableció, luego se configura el modo CLIP para hacer o recibir llamadas telefónicas, se configura el modo texto para enviar o recibir mensajes de texto, se agrega el comando para imprimir el contenido del mensaje recibido por el puerto serial del SIM808, se activa el GPS del módulo y por último se agrega el comando para obtener la información en formato RMC es decir; fecha, hora, posición, curso y velocidad del dispositivo.

Figura 13

Configuraciones iniciales con comandos AT



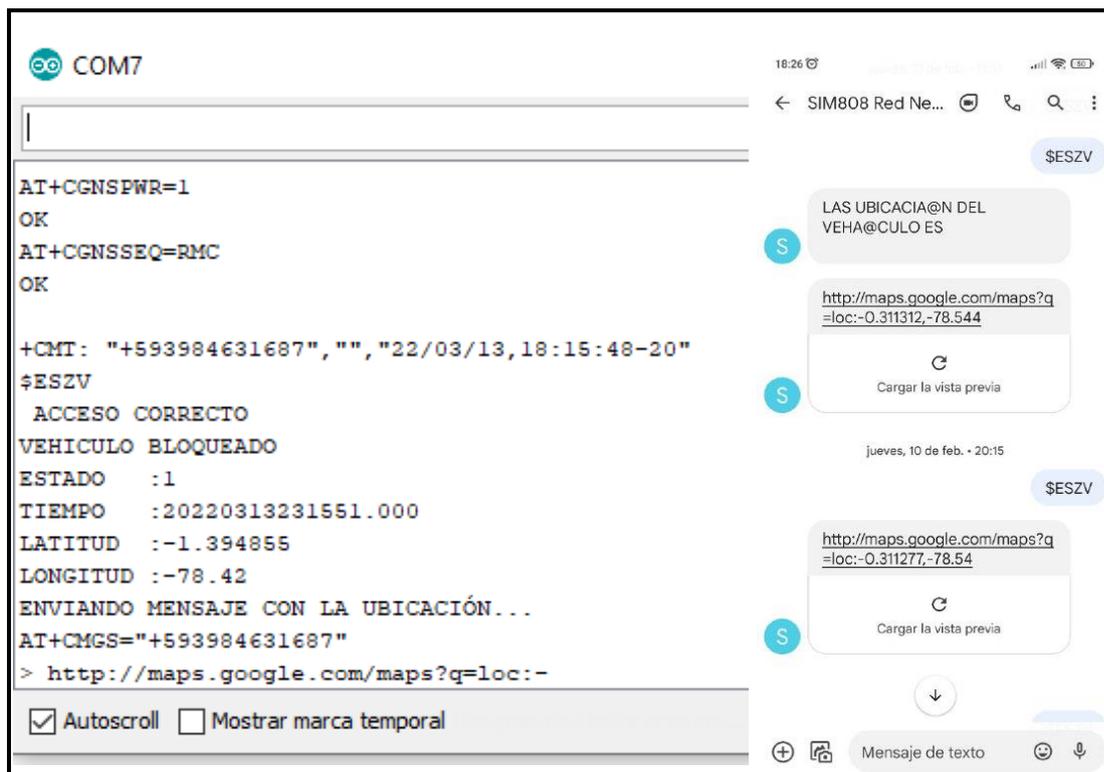
Elaborado por: El investigador

Envió de un código vía SMS para bloquear o detener el automotor

Para bloquear o detener el vehículo, se ha considerado activar una salida del microcontrolador pin (13), con el fin de colocar un actuador, como una electroválvula que impida el paso de la gasolina hasta que se detenga el automotor, esto va a depender el dueño ya que se puede generar otro tipo de bloqueos. El código para bloquear el vehículo va a depender del propietario y se lo puede cambiar cuando se lo requiera, para este caso es \$ESZV como se presenta en la figura 14.

Figura 14

Envío del código para bloquear o detener el vehículo a través de un SMS



Elaborado por: El investigador

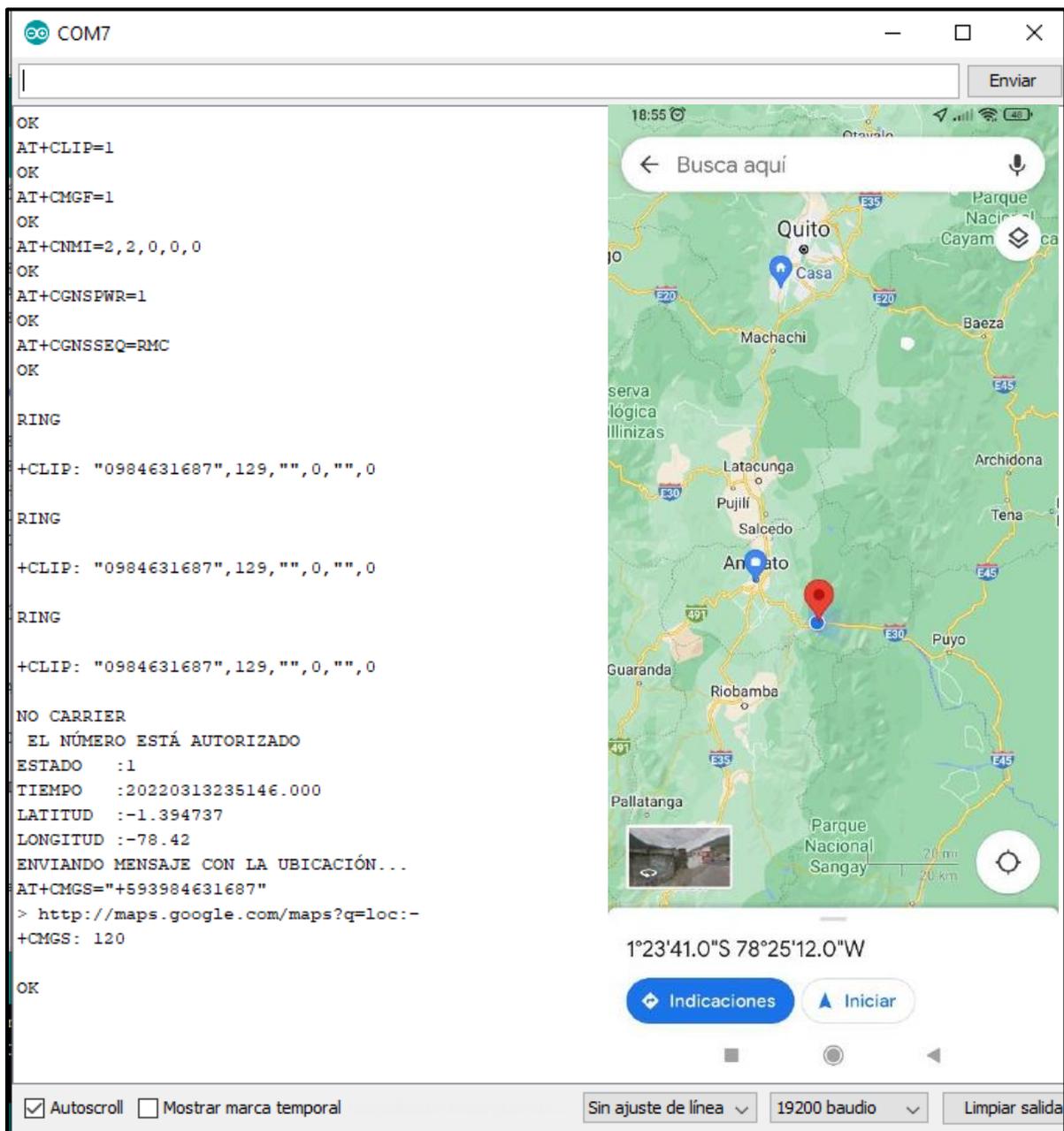
El sistema lo que hace es comparar cada carácter que ingresa al puerto serie, con el código propuesto por el propietario, si es el mismo código procederá a activar el pin(13) para bloquear o detener el automotor. Una vez activado el pin de salida, el sistema enviará al mismo celular las coordenadas del automotor a través de un mensaje de texto, con lo que se verificará la ubicación del vehículo y se podrá actuar de manera rápida.

Realizar una llamada para obtener la ubicación del vehículo

Para realizar una llamada y obtener la ubicación del vehículo, el número debe estar autorizado y grabado en el código para permitir el acceso y así enviarle los datos. Para esto, el sistema realiza una comparación de cada carácter de la secuencia de números para verificar su autenticidad. Una vez que el teléfono ha sido autorizado se procede a enviar las coordenadas como se visualiza en la figura 15.

Figura 15

Recepción de llamada para obtener la ubicación del vehículo



The image shows a terminal window titled 'COM7' on the left and a Google Maps interface on the right. The terminal displays the following text:

```
OK
AT+CLIP=1
OK
AT+CMGF=1
OK
AT+CNMI=2,2,0,0,0
OK
AT+CGNSPWR=1
OK
AT+CGNSSEQ=RMC
OK
RING
+CLIP: "0984631687",129,"",0,"",0
RING
+CLIP: "0984631687",129,"",0,"",0
RING
+CLIP: "0984631687",129,"",0,"",0
NO CARRIER
EL NÚMERO ESTÁ AUTORIZADO
ESTADO :1
TIEMPO :20220313235146.000
LATITUD :-1.394737
LONGITUD :-78.42
ENVIANDO MENSAJE CON LA UBICACIÓN...
AT+CMGS="+593984631687"
> http://maps.google.com/maps?q=loc:-
+CMGS: 120
OK
```

The Google Maps interface shows a map of Ecuador with a red location pin near Anáto. The search bar contains 'Busca aquí'. Below the map, the coordinates $1^{\circ}23'41.0''S$ $78^{\circ}25'12.0''W$ are displayed. At the bottom of the map, there are buttons for 'Indicaciones' and 'Iniciar'. The terminal window has a status bar at the bottom with options like 'Autoscroll', 'Mostrar marca temporal', 'Sin ajuste de línea', '19200 baudio', and 'Limpiar salida'.

Elaborado por: El investigador

Recibir una alarma(llamada) cuando el vehículo sale de la zona habitual

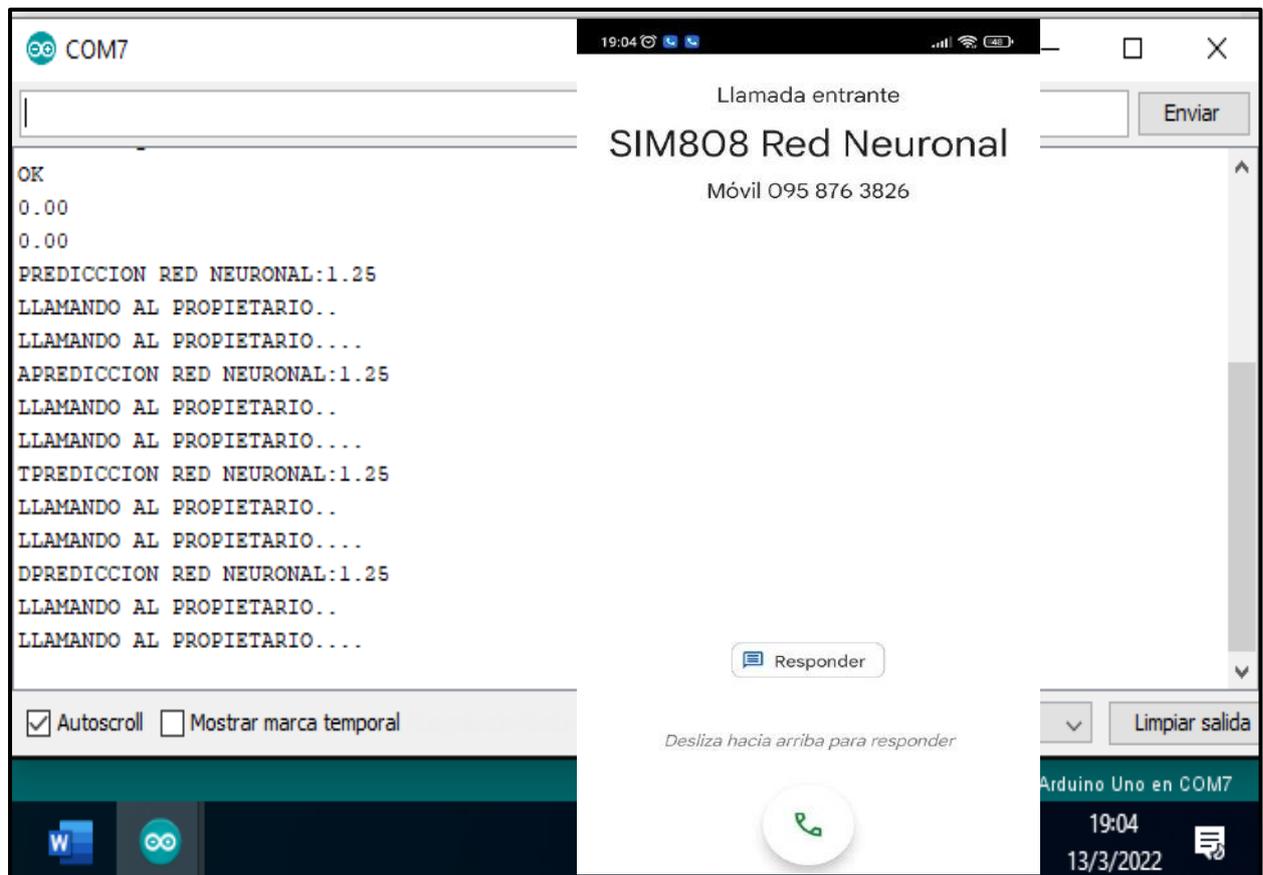
En este apartado la Red Neuronal Artificial, se encarga de predecir si el vehículo sale de su zona de recorrido habitual de acuerdo a las coordenadas en las que se encuentre, en donde la función de salida se establese de la siguiente manera con los parámetros obtenidos en el entrenamiento previo:

$$y(t) = x_1(1.101622) + x_2(-1.290791) - 0.101621985$$

Donde x_1 y x_2 son la latitud y longitud respectivamente. En el momento que la RNA detecta que las coordenadas no están dentro del rango establecido, se genera una alarma, en donde el sistema procede a llamar al celular del propietario del vehículo hasta que responda con el mensaje de bloqueo.

Figura 16

Recibir una llamada(alarma)



Elaborado por: El investigador

En la ciudad de Baños se realizaron un total de 20 pruebas del sistema, obteniéndose los datos de la tabla 7, en donde las coordenadas de donde se encontraba el dispositivo eran: (-1.3947S, -78.4258W). Con estos puntos originales y los puntos que envía el sistema de monitorización, se realiza el cálculo para encontrar un margen de error en la precisión del dispositivo. Para este caso el margen se calculó sumando el error absoluto de latitud y longitud, multiplicándolo por 10, ya que, al modificar los dos últimos dígitos, la ubicación presenta una alta variación.

Tabla 7

Datos de las pruebas realizadas en la ciudad de Baños

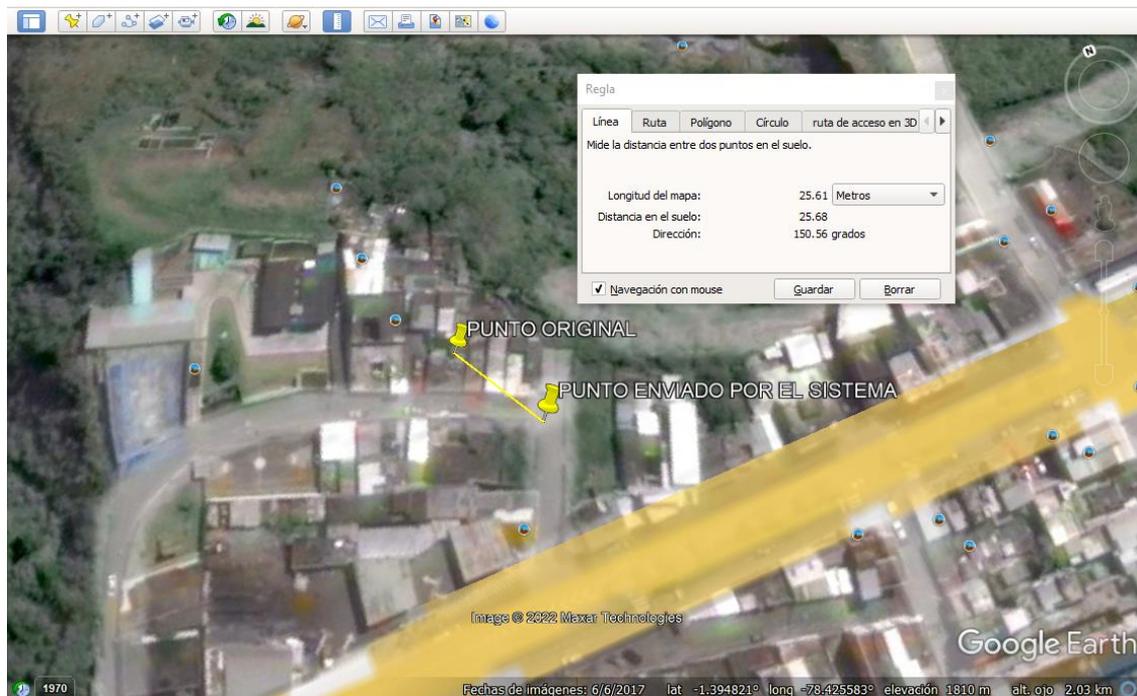
PRUEBA	LATITUD	LONGITUD	(E) LAT	(E) LOG	MARGEN (E)
1	-1,3940	-78,4255	0,0007	0,0003	1,0%
2	-1,3946	-78,4244	0,0001	0,0014	1,5%
3	-1,3947	-78,4223	0,0000	0,0035	3,5%
4	-1,3944	-78,4238	0,0003	0,0020	2,3%
5	-1,3942	-78,4257	0,0005	0,0001	0,6%
6	-1,3941	-78,4222	0,0006	0,0036	4,2%
7	-1,3948	-78,4209	0,0001	0,0049	5,0%
8	-1,3946	-78,4285	0,0001	0,0027	2,8%
9	-1,3947	-78,4235	0,0000	0,0023	2,3%
10	-1,3948	-78,4238	0,0001	0,0020	2,1%
11	-1,3949	-78,4255	0,0002	0,0003	0,5%
12	-1,3941	-78,4237	0,0006	0,0021	2,7%
13	-1,3950	-78,4229	0,0003	0,0029	3,2%
14	-1,3951	-78,4290	0,0004	0,0032	3,6%
15	-1,3945	-78,4281	0,0002	0,0023	2,5%
16	-1,3955	-78,4244	0,0008	0,0014	2,2%
17	-1,3952	-78,4235	0,0005	0,0023	2,8%
18	-1,3951	-78,4224	0,0004	0,0034	3,8%
19	-1,3947	-78,4205	0,0000	0,0053	5,3%
20	-1,3949	-78,4249	0,0002	0,0009	1,1%

Elaborado por: El investigador

El margen de error más alto que se encontró, fue del 5.3%, lo cual es bastante aceptable ya que al monitorearse un vehículo de tamaño grande no se requiere de tanta precisión. Así mismo se verifica que el módulo SIM808 presenta un error en la ubicación de 25,6[m], como se muestra en la figura 17. Lo cual depende de la zona en donde se encuentre y si no se encuentra debajo de edificios o construcciones grandes que impiden la geolocalización.

Figura 17

Distancia en el suelo del máximo error en la ubicación que emite el sistema - Baños

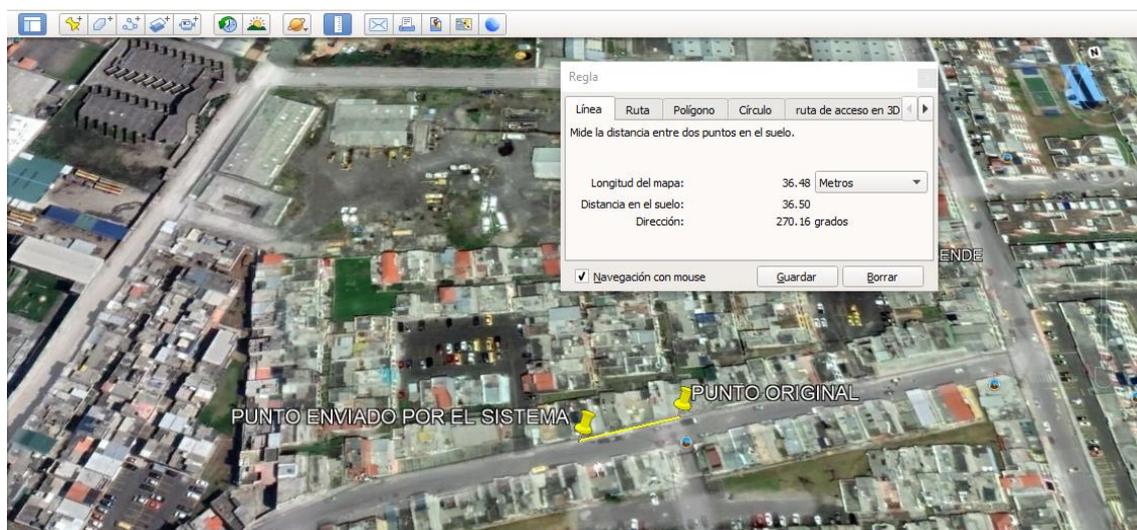


Elaborado por: El investigador

En la ciudad de Quito se realizaron un total de 20 pruebas del sistema, obteniéndose los datos de la tabla 8, en donde las coordenadas de donde se encontraba el dispositivo eran: (-0.3113S, -78.5429W). Con estos puntos originales y los puntos que envía el sistema de monitorización, se realiza el cálculo para encontrar un margen de error, como se indicó anteriormente.

Figura 18

Distancia en el suelo del máximo error en la ubicación que emite el sistema - Quito



Elaborado por: El investigado

Tabla 8

Datos de las pruebas realizadas en la ciudad de Quito

PRUEBA	LATITUD	LONGITUD	(E) LAT	(E) LOG	MARGEN (E)
1	-0,3118	-78,5429	0,0005	0,0000	0,5%
2	-0,3119	-78,5428	0,0006	0,0001	0,7%
3	-0,3110	-78,5433	0,0003	0,0004	0,7%
4	-0,3111	-78,5440	0,0002	0,0011	1,3%
5	-0,3111	-78,5432	0,0002	0,0003	0,5%
6	-0,3109	-78,5425	0,0004	0,0004	0,8%
7	-0,3115	-78,5422	0,0002	0,0007	0,9%
8	-0,3119	-78,5421	0,0006	0,0008	1,4%
9	-0,3118	-78,5415	0,0005	0,0014	1,9%
10	-0,3110	-78,5412	0,0003	0,0017	2,0%
11	-0,3112	-78,5420	0,0001	0,0009	1,0%
12	-0,3120	-78,5431	0,0007	0,0002	0,9%
13	-0,3110	-78,5433	0,0003	0,0004	0,7%
14	-0,3115	-78,5435	0,0002	0,0006	0,8%
15	-0,3111	-78,5440	0,0002	0,0011	1,3%
16	-0,3113	-78,5439	0,0000	0,0010	1,0%
17	-0,3114	-78,5445	0,0001	0,0016	1,7%
18	-0,3109	-78,5409	0,0004	0,0020	2,4%
19	-0,3117	-78,5411	0,0004	0,0018	2,2%
20	-0,3117	-78,5400	0,0004	0,0029	3,3%

Elaborado por: El investigador

El margen de error más alto que se encontró para este caso fue del 3.3%, lo cual es bastante aceptable. Así mismo se verifica que el módulo SIM808 presenta un error en la ubicación de 36,4[m], como se ilustra en la figura 18, esto debido a que esas pruebas se realizaron en el interior de un edificio lo cual dificulta la geolocalización.

2.3. Validación de la propuesta

Para la elección de especialistas se ha considerado un perfil acorde a los siguientes criterios: formación académica relacionada con el tema investigativo, experiencia académica y/o laboral orientada a la gestión administrativa y motivación para participar. En la tabla 9 se presenta información detallada de los actores seleccionados para la validación del modelo. **“Sistema de monitorización y control inteligente autónomo para vehículos combinando tecnología IoT y Redes Neuronales.”**

Tabla 9

Descripción del perfil de los validadores

Nombres y Apellidos	Años de experiencia	Titulación Académica	Cargo
Manuel Rigoberto Otorongo Cornejo	28	Ing. Eléctrico Mg. Redes y Telecomunicaciones	Docente
Danilo Fabricio Trujillo Ronquillo	8	Ing. Electrónica y Telecomunicaciones Mg. Energía Solar Fotovoltaica	Docente
Diego Alexander Pilco Peñaherrera	7	Ing. Electrónica y Telecomunicaciones Mg. Administración de Empresas	Jefe Técnico Provincial TELCONET

Elaborado por: El investigador

Los objetivos perseguidos mediante la validación son los siguientes:

- Validar la metodología de trabajo aplicada en el desarrollo de la investigación.
- Aprobar los resultados, conclusiones y recomendaciones obtenidas.
- Redefinir (si es necesario) el enfoque de los elementos desarrollados en la propuesta, considerando la experiencia de los especialistas.
- Constatar las posibilidades potenciales de aplicación del modelo de gestión propuesto.

Instrumento para validar

Luego de seleccionar a los profesionales que conformaron el panel para la validación, se procedió a desarrollar los criterios de evaluación; facilitando un link de acceso que detalla los parámetros considerados a cada validador. A continuación, se especifican los criterios en mención:

Tabla 10

Criterios de evaluación

Criterios	Descripción
Impacto	Representa el alcance que tendrá el modelo de gestión y su representatividad en la generación de valor público.
Aplicabilidad	La capacidad de implementación del modelo considerando que los contenidos de la propuesta sean aplicables
Conceptualización	Los componentes de la propuesta tienen como base conceptos y teorías propias de la gestión por resultados de manera sistémica y articulada.
Actualidad	Los contenidos de la propuesta consideran los procedimientos actuales y los cambios científicos y tecnológicos que se producen en la nueva gestión pública.
Calidad Técnica	Miden los atributos cualitativos del contenido de la propuesta.
Factibilidad	Nivel de utilización del modelo propuesto por parte de la Entidad.
Pertinencia	Los contenidos de la propuesta son conducentes, concernientes y convenientes para solucionar el problema planteado.

Elaborado por: UISRAEL

Se han establecido los niveles de importancia y representatividad y un valor máximo de cinco puntos, el cual, será otorgado según el desempeño adecuado del criterio; y un mínimo de un punto en el caso de observarse un cumplimiento insuficiente.

Tabla 11

Preguntas Instrumentos de validación

Criterios	Preguntas
Impacto	¿Considera que el modelo de gestión propuesto representará un impacto significativo en la generación de valor público?
Aplicabilidad	¿Los contenidos de la propuesta son aplicables?
Conceptualización	¿Los componentes de la propuesta tienen como base conceptos y teorías de la gestión por resultados?
Actualidad	¿Los contenidos de la propuesta consideran los procedimientos actuales y nuevos cambios que puedan producirse?
Calidad Técnica	¿El modelo propicia el cumplimiento de los protocolos de atención analizados desde la óptica técnico-científica?
Factibilidad	¿Es factible incorporar un modelo de gestión por resultados en el sector?
Pertinencia	¿Los contenidos de la propuesta pueden dar solución al problema planteado?

Elaborado por: UISRAEL

Resultados de la validación

Tabla 12

Escala de evaluación de criterios por parte del Mg. Manuel Otorongo

CRITERIOS	EVALUACION SEGUN IMPORTANCIA Y REPRESENTATIVIDAD				
	En Total Desacuerdo	En Desacuerdo	Ni de Acuerdo Ni en Desacuerdo	De Acuerdo	Totalmente Acuerdo
Impacto					X
Aplicabilidad					X
Conceptualizació				X	
Actualidad					X
Calidad Técnica					X
Factibilidad					X
Pertinencia					X

Elaborado por: El investigador

Tabla 13

Escala de evaluación de criterios por parte del Mg. Danilo Trujillo

CRITERIOS	EVALUACION SEGUN IMPORTANCIA Y REPRESENTATIVIDAD				
	En Total Desacuerdo	En Desacuerdo	Ni de Acuerdo Ni en Desacuerdo	De Acuerdo	Totalmente Acuerdo
Impacto				X	
Aplicabilidad					X
Conceptualizació					X
Actualidad					X
Calidad Técnica					X
Factibilidad					X
Pertinencia					X

Elaborado por: El investigador

Tabla 14

Escala de evaluación de criterios por parte del Mg. Diego Pilco

CRITERIOS	EVALUACION SEGUN IMPORTANCIA Y REPRESENTATIVIDAD				
	En Total Desacuerdo	En Desacuerdo	Ni de Acuerdo Ni en Desacuerdo	De Acuerdo	Totalmente Acuerdo
Impacto					X
Aplicabilidad					X
Conceptualizació					x
Actualidad					X
Calidad Técnica				X	
Factibilidad					X
Pertinencia					X

Elaborado por: El investigador

2.4. Matriz de articulación de la propuesta

Tabla 15

Matriz de articulación

EJES O PARTES PRINCIPALES	SUSTENTO TEÓRICO	SUSTENTO METODOLÓGICO	ESTRATEGIAS / TÉCNICAS	DESCRIPCIÓN DE RESULTADOS	INSTRUMENTOS APLICADOS
Internet de las cosas (IoT)	Se basó la investigación en Rose <i>et al</i> (2015) y en Ferrer (2019) ya que sus fundamentos teóricos permitieron analizar las tecnologías e instrumentos para implementar el presente proyecto.	Los fundamentos metodológicos se basaron en Bernal (2010) y trabajos e investigaciones relacionadas al tema.	Selección de dispositivos adecuados de acuerdo con las condiciones del prototipo y de del problema.	Mediante dispositivos IoT se controla y monitorea sistema de acceso remoto.	Se empleó métodos de prueba y error. Medición y tabulación de datos.
Redes Neuronales Artificiales (RNA)	Se empleo los fundamentos de Ponce (2010) ya que estudia la inteligencia artificial a través de aplicaciones en la ingeniería con sus modelos y algoritmos.	Aplicación de sistemas adaptables a través de algoritmos autogenerados.	El entrenamiento de la RNA se lo realizo en Google Colab, ya que permite trabajar sin necesidad de recursos computacionales y sin configuraciones extras.	La red neuronal artificial de una capa tiene la capacidad de presentar una respuesta de 4 posibles.	Plataforma de Google Datos de aprendizaje

Elaborado por: El investigador

CONCLUSIONES

Con el desarrollo del sistema de monitorización inteligente autónomo para vehículos combinando tecnología IoT y Redes Neuronales, se obtuvieron las siguientes conclusiones en base a los resultados y hallazgos obtenidos durante el proceso de investigación.

- De acuerdo con los datos de robos de vehículos en el año 2020 y 2021, en el país se pierden alrededor de 16 vehículos en un solo día, sin contar las motocicletas, cuadrones o automotores no terrestres, estos atracos se realizan con mayor frecuencia en la madrugada y noche, ya que los atracadores aprovechan la poca circulación de personas y la falta de custodia o resguardo por parte de los propietarios.
- Los parámetros y características de los dispositivos IoT son muy importantes ya que dependiendo de estos se puede estimar un consumo de energía o establecer modos de funcionamiento, con el fin de economizar recursos ya que al combinar esta tecnología con las redes neuronales se requiere de una alta capacidad y rendimiento en procesamiento de datos.
- Para la implementación del sistema de monitorización inteligente se consideró una red neuronal artificial de una capa (perceptrón), ya que se requería detectar si el vehículo está en su zona de recorrido habitual, así mismo para obtener los pesos y el bias se entrenó la red un total de 500 veces, con lo que se consiguió una eficiencia del 99%. Lo cual permite detectar con exactitud cuando el vehículo sale del área prefijada por el propietario.
- En el módulo SIM808 se aplicaron comandos AT, a través del microcontrolador, ya que permiten obtener las coordenadas, hora y fecha de donde se encuentre el dispositivo, además se configuró de tal manera que, con solo timbrar y colgar una llamada, el sistema envíe la ubicación por medio de un mensaje de texto al celular del propietario. Esto tiene una latencia aproximada de 30 segundos, debido a que depende de la red GSM en el sector y al procesamiento de datos del microcontrolador.
- El sistema permite agregar varios números de teléfono para poder controlar y monitorear el vehículo, así mismo se puede recargar o realizar transferencia de saldo al dispositivo sin necesidad de desmontarlo del automotor. En el caso de la batería de respaldo (backup) del sistema, si se debe recargar cuando esté en un 30% de su capacidad, no menor ya que tienden a averiarse.

RECOMENDACIONES

- Los robos o asaltos de vehículos se han convertido en uno de los problemas fundamentales para la sociedad, ya que en la mayoría de las veces se pierden carros nuevos generando pérdidas económicas o en los peores casos vidas humanas, es por ello, que es importante mantener un sistema de monitorización inteligente en cualquier tipo de automotor con el fin de mantenerlo en custodia todo el tiempo.
- Es importante verificar el voltaje y corriente de funcionamiento de los dispositivos IoT ya que al no tener suficiente corriente estos no pueden operar de manera adecuada, así mismo tener cuidado con las baterías de Li-Ion ya que son delicadas y evitar que se descarguen en su totalidad.
- Se recomienda colocar en el módulo SIM808 un chip de una operadora que tenga una buena cobertura celular dependiendo del sector en donde se encuentre, debido a que en función de la red GSM va a funcionar el sistema de monitorización inteligente.
- Para el aprendizaje de la Red Neuronal Artificial, es de vital importancia entrenarla un gran número de veces, ya que con esto se consigue un mejor aprendizaje de máquina mejorando la precisión.
- Para futuras investigaciones sobre el presente tema, se recomienda combinar estas tecnologías con redes neuronales multicapas, ya que puede realizar tareas más complejas que no son lineales, lo cual es una limitación de las redes de una capa (perceptrón).

BIBLIOGRAFÍA

Trabajos citados

- Aranda, D. (2014). *Electronica: Plataformas Arduino y Raspberry Pi*. Buenos Aires: redusers. Recuperado el 11 de Febrero de 2022, de <https://books.google.com.ec/books?id=QDS5DQAAQBAJ&pg=PA125&dq=internet+sobre+modulo+gsm+gps+y+gprs&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwizwbGw14j2AhXfrjABHQiTDCsQ6AF6BAgJEAl#v=onepage&q&f=false>
- Arduino. (11 de Marzo de 2022). *Arduino Products*. Obtenido de <https://www.arduino.cc/en/Main/Products>
- Azimut. (2022). ¿Qué es y para qué sirve el GPS? Obtenido de <https://www.azimutmarine.es/sistema-posicionamiento-gps>
- Bernal, C. (2010). *Metodología de la investigación*. Bogotá: PEARSON EDUCACIÓN. Recuperado el 11 de Febrero de 2022, de <https://abacoenred.com/wp-content/uploads/2019/02/El-proyecto-de-investigaci%C3%B3n-F.G.-Arias-2012-pdf.pdf>
- Cegarra, J. (2004). *METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA*. Madris: Díaz de Santos.
- Del Cid, A., Méndez, R., & Franco, S. (2007). *Investigación. Fundamentos Y Metodología*. México: PEARSON EDUCACIÓN.
- Ferrer, M. (30 de Julio de 2019). *Ecured*. Obtenido de <https://ecured.cubava.cu/2019/07/30/evolucion-de-la-internet-el-internet-de-las-cosas/>
- Fiscalía General del Estado. (2022). *FISCALÍA GENERAL DEL ESTADO*. Recuperado el 1 de Marzo de 2022, de Estadísticas de robos : <https://www.fiscalia.gob.ec/estadisticas-de-robos/>
- Google. (11 de Marzo de 2022). *Google Colab*. Obtenido de <https://colab.research.google.com/?hl=es#scrollTo=OwuxHmxllTwN>
- Gui, W., Jun, T., & Xun, X. (2019). Application and Design of Wireless Community Alarm System Based on. *Chinese Control And Decision Conference (CCDC)*, 1(978), 1991-1995. Obtenido de <https://ieeexplore.ieee.org/document/8832864>
- Hernández, J. G. (2019). *SISTEMA DE MONITOREO GPS PARA LOS VEHÍCULOS DE LA ESCUELA DE CAPACITACIÓN PARA CONDUCTORES PROFESIONALES DE PÍLLARO.*. Pillaro: UNIVERSIDAD

TÉCNICA DE AMBATO. Obtenido de https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/30083/1/Tesis_t1620ec.PDF

Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. (Diciembre de 2021). Estadísticas de Seguridad Integral. Obtenido de <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/justicia-y-crimen/>

Palacio, M. G., Cano, L. M., Montealegre, J. Q., & D'Amato, J. (2020). Mejoramiento del algoritmo ADR en una red de Internet de las Cosas LoRaWAN usando Aprendizaje de Máquina. *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías de Informação*, 1(39), 67-83. Obtenido de http://www.scielo.pt/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1646-98952020000400006&lang=es

Ponce, P. (2010). *Inteligencia artificial con aplicaciones a la ingeniería*. Mexico: Alfaomega Grupo Editor, S.A.

Porras, E. (16 de Abril de 2012). Tecnología GSM. Recuperado el 11 de Febrero de 2022, de Ingeniería de sistemas: <http://eve-ingsistemas-u.blogspot.com/2012/04/el-sistema-global-para.html>

Rose, K., Eldridge, S., & Chapin, L. (2015). *LA INTERNET DE LAS COSAS - UNA BREVE RESEÑA*. Geneva: Carolyn Marsan. Obtenido de <https://www.internetsociety.org/wp-content/uploads/2017/09/report-InternetOfThings-20160817-es-1.pdf>

Sistemas. (s.f.). *Sistemas.com*. Obtenido de <https://sistemas.com/gprs.php>

Tomasi, W. (2003). *Sistemas de Comunicaciones Electrónicas*. México: PEARSON EDUCACIÓN. Recuperado el 2022

Torrente, Ó. (2013). *Arduino. Curso práctico de formación*. Mexico: Alfaomega Grupo Editor, S.A.

Yáñez, E. X. (2021). Desarrollo de una red domótica aplicando el Internet de las Cosas con una herramienta tecnológica de simulación y verificación de conectividad. Quito: Universidad Tecnológica Israel. Recuperado el 22 de Febrero de 2022, de <http://repositorio.uisrael.edu.ec/bitstream/47000/2845/1/UISRAEL-EC-MASTER-TELECOMUNICACIONES%20-378.242-2021-007.pdf>

ANEXOS

ANEXO 1

CÓDIGO EN EL SOFTWARE LIBRE ARDUINO

```
#include <SoftwareSerial.h>          // SE AGREGA LA LIBRERÍA PARA LA
COMUNICACIÓN SERIAL

SoftwareSerial sim808(7,8);         // SE CONFIGURA EL PUERTO SERIAL PARA LA
COMUNICACION ENTRE EL SIM808 Y EL ARDUINO UNO (7, 8) PIN 7(RX) Y PIN 8(TX)
// PARA EL CASO DEL ARDUINO NANO SON LOS MISMOS PINES Y PARA EL MEGA SON LOS
PINES 10 y 11

char character = 0; // VARIABLE QUE ALMACENA LOS CARÁCTERES QUE ENVÍA EL
SIM808

String agenda[] = {"0984631687" , "0958763826"}; // ARRAY CON LOS NÚMEROS
AUTORIZADOS PARA REALIZAR LLAMADAS AL SIM808

int numtotal = 2; // CANTINDAD DE NÚMEROS DE TELÉFONOS AUTORIZADOS

String mensaje = ""; // VARIABLE QUE ALMACENA EL MENSAJE

int alarma =2; // PIN(2) DEL ARDUINO QUE INDICA UNA ALARMA (SALE DE LA
ZONA DE RECORRIDO HABITUAL)

int bloqueo =13; // PIN(13) DEL ARDUINO QUE SE ACTIVA PARA BLOQUEAR EL
VEHÍCULO

String data[5]; // ARRAY CON LOS DATOS DEL GPS

#define DEBUG true

String state,timegps,latitude,longitude;

// VARIABLES PARA OBTENER LOS DATOS EL GPS

//PUNTOS LÍMITES DE LA ZONA HABITUAL

float latitud_sup = -0.3860;

float latitud_inf = -0.4120;

float longitud_sup = -78.4040;

float longitud_inf = -78.4722;

float x1,x2,y; // VARIABLES PARA ALMACENAR LOS PESOS Y LA SALIDA DE LA RED
NEURONAL ARTIFICIAL

float latitud_act, longitud_act;

void setup() {

    pinMode(alarma, INPUT); // ENTRADA QUE INDICA QUE SE DEBE GENERAR
UNA ALARMA

    pinMode(bloqueo, OUTPUT) ; // ACTIVACIÓN DE UNA SALIDA DEL ARDUINO
PARA BLOQUEAR EL VEHÍCULO
```

```

    sim808.begin(19200); // SE CONFIGURA LA VELOCIDAD DEL PUERTO SERIE
    PARA EL SIM808

    Serial.begin(19200); // SE CONFIGURA LA VELOCIDAD DEL PUERTO SERIE
    PARA EL ARDUINO UNO

    delay(200); // RETARDO PARA QUE SE ESTABLESCA LA COMUNICACIÓN

    Serial.println("OK"); // SE IMPRIME UN MENSAJE INDICANDO QUE LA
    COMUNICACIÓN SE ESTABLECIÓ

    sim808.print("AT+CLIP=1\r"); // SE CONFIGURA EL MODO LLAMADA PARA
    HACER O RECIBIR LLAMADAS TELEFÓNICAS

    delay(1000);

    sim808.print("AT+CMGF=1\r"); // SE CONFIGURA EL MODO TEXTO PARA
    ENVIAR O RECIBIR MENSAJES DE TEXTO

    delay(1000);

    sim808.print("AT+CNMI=2,2,0,0,0\r"); // IMPRIME EL CONTENIDO DEL
    MENSAJE RECIBIDO POR EL PUERTO SERIAL DEL SIM808

    delay(1000);

    sendData("AT+CGNSPWR=1",1000,DEBUG); // FUNCIÓN CON EL COMANDO AT QUE
    ACTIVA EL GPS

    delay(50);

    sendData("AT+CGNSSEQ=RMC",1000,DEBUG); // FUNCIÓN CON EL COMANDO
    PARA OBTENER EN FORMATO RMC LA FECHA, POSICIÓN, CURSO Y VELOCIDAD

    delay(150);

#define debug(a) Serial.println(a);

    latitud_act = latitude.toFloat();

    debug(latitud_act);

    longitud_act = longitude.toFloat();

    debug(longitud_act);

}

void loop() {

    if (sim808.available() > 0){ // VERIFICA SI HAY UN CARACTER EN EL
    PUERTO SERIAL

        character = sim808.read(); // VARIABLE EN LA QUE SE GUARDA LOS
    CARACTERES DEL SIM808

        Serial.print(character); // SE MUESTRA EL CARACTER EN EL MONITOR
    SERIAL

        mensaje = mensaje + character ; // SE AÑADE EL CARACTER LEIDO AL
    MENSAJE TOTAL

    }

```

```

if( latitud_inf < latitud_act && latitud_act < latitud_sup){
    x1 = 0;
}else{
    x1 = 1;}
if( longitud_inf < longitud_act && longitud_act < longitud_sup){
    x2 = 0;
}else{
    x2 = 1;
}
y= x1*0.5007152 + x2*0.49677032 + 0.24995881; // w1=0.5007152 PESO 1 DEL
ENTRENAMIENTO, w2=0.49677032 PESO 2 DEL ENTRENAMIENTO Bias=0.24995881

Serial.print("PREDICCIÓN RED NEURONAL:");
Serial.println(y);
delay (1000);
if (y<0.5){
    digitalWrite(bloqueo, LOW);
}else {
    digitalWrite(bloqueo, HIGH);
Serial.println("LLAMANDO AL PROPIETARIO..");
    llamar_propietario(); // SE SOLICITA AL MÉTODO PARA LLAMAR AL
PROPIETARIO YA QUE EL VEHÍCULO SALIÓ DE SU ZONA HABITUAL
}
    identificar_llamada (); // SE SOLICITA AL MÉTODO PARA IDENTIFICAR
EL NÚMERO QUE ESTÁ LLAMANDO
    identificar_mensaje (); // SE SOLICITA AL MÉTODO PARA
IDENTIFICAR LA CLAVE EN EL MENSAJE RECIBIDO
}

void identificar_llamada(){ // MÉTODO (FUNCIÓN) PARA IDENTIFICAR LA LLAMADA
RECIBIDA

    int finllamada=mensaje.indexOf("NO CARRIER"); // VARIABLE PARA
FINALIZAR LA LLAMADA "NO CARRIER"

    if (finllamada >= 0){

        for ( int i = 0; i < numtotal; i++){

            int pos = mensaje.indexOf(agenda[i]); // LA FUNCIÓN .indexOf DEVUELVE
LA POSICIÓN MEDIANTE UN NÚMERO ENTERO DE UNA CADENA DE CARÁCTERES

```

```

        if (pos >= 0){          // EN CASO DE QUE NO EXISTE DEVUELVE "-1".
POR LO QUE SE PONE >=0

        Serial.println("\n EL NÚMERO ESTÁ AUTORIZADO");

        enviar_mensaje();      // SE SOLICITA AL MÉTODO PARA ENVIAR EL
MENSAJE CON LA UBICACIÓN AL PROPIETARIO

        }}

        mensaje = "" ;        // SE BORRA EL CONTENIDO DE LA VARIABLE "mensaje"
PARA DEJARLA LIBRE PARA UNA POSTERIOR LLAMADA

        }}

        void identificar_mensaje(){          // MÉTODO(FUNCIÓN)
PARA IDENTIFICAR EL MENSAJE CON LA CLAVE Y BLOQUEAR EL VEHICULO

        int clave = mensaje.indexOf("$ESZV");          // LA FUNCION .indexOf
DEVUELVE LA POSICIÓN EN LA QUE SE ENCUENTRA DICHO CARACTER DENTRO DE LA
CADENA

        if (clave >=0){          // SI ENCUENTRA EL/LOS
CARACTERES DEVUELVE UN VALOR MAYOR O IGUAL A CERO (POS 0,1,2,3...)

        Serial.println("\n ACCESO CORRECTO");          // SE IMPRIME UN
MENSAJE INDICANDO QUE EL ACCESO ES CORRECTO

        digitalWrite(bloqueo, HIGH);

        Serial.println("VEHICULO BLOQUEADO");

        enviar_mensaje();          // SE SOLICITA AL
MÉTODO PARA ENVIAR EL MENSAJE CON LA UBICACIÓN AL PROPIETARIO

        mensaje = "" ;          // SE BORRA EL
CONTENIDO DE LA VARIABLE "mensaje" PARA DEJARLA LIBRE PARA UNA POSTERIOR
LLAMADA

        }}

void llamar_propietario() {          // MÉTODO(FUNCIÓN) QUE PERMITE REALIZAR UNA
LLAMADA DE EMERGENCIA AL PROPIETARIO DEL VEHÍCULO

        Serial.println("LLAMANDO AL PROPIETARIO....");

        sim808.println("ATD 0984631687;");          // NÚMERO DEL CELULAR A CUÁL SE
VA A LLAMAR

        delay(20000); //SE ESPERA 30 SEGUNDOS PARA QUE CONTENTEN LA LLAMADA

        sim808.println("ATH");          // COMANDO AT PARA COLGAR EL TELÉFONO

        delay(1000);          // RETARDO DE 1 SEGUNDO

    }

    void enviar_mensaje(){          // MÉTODO(FUNCIÓN) PARA ENVIAR EL MENSAJE AL
PROPIETARIO DEL VEHÍCULO

        sendTabData("AT+CGNSINF",1000,DEBUG);          // FUNCIÓN CON EL
COMANDO AT PARA OBTENER LA INFORMACIÓN DEL GPS

```

```

        if (state !=0) { // SI EL ESTADO DEL
GPS ES DIFERENTE DE 0, OBTENER LOS VALORES DEL GPS

        Serial.println("ESTADO :"+state); // SE OBTIENE EL ESTADO
DEL GPS

        Serial.println("TIEMPO :"+timegps); // SE OBTIENE LA HORA
Y FECHA DEL GPS

        Serial.println("LATITUD :"+latitude); // SE OBTIENE LA
LATITUD

        Serial.println("LONGITUD :"+longitude); // SE OBTIENE LA
LONGITUD

        Serial.println("ENVIANDO MENSAJE CON LA UBICACIÓN...");

        sim808.println("AT+CMGS="+593984631687+""); // SE AGREGA EL NÚMERO
DEL PROPIETARIO A QUIEN SE VA A ENVIAR EL MENSAJE

        delay(200);

        sim808.print("http://maps.google.com/maps?q=loc:"); // SE COLOCA EL
FORMATO DE GOOGLE MAP PARA UNA UBICACIÓN

        sim808.print(latitude); // SE AGREGA LA LATITUD EN EL MENSAJE

        sim808.print(",");

        sim808.print(longitude); // SE AGREGA LA LONGITUD EN EL MENSAJE

        delay(200);

        sim808.println((char)26); // COMANDO PARA FINALIZAR Y ENVIAR EL
MENSAJE

        delay(200);

        sim808.println();

        delay(20000);

        sim808.flush(); // LA FUNCIÓN Flush() LIMPIA EL BUFFER UNA VEZ
ENVIADO TODOS LOS CARACTERES

    }

    else {

        Serial.println("INICIANDO GPS...");

        Serial.println("SI NO RECIBE EL SMS, LLAMAR NUEVAMENTE EN 1 MIN...");

        }

}

void sendTabData(String command , const int timeout , boolean debug){

    sim808.println(command); // IMPRIME EL COMANDO INGRESADO "AT+CGNSINF"
PARA OBTENER LA INFORMACIÓN DEL GPS

    long int time = millis(); // VARIABLE PARA MEDIR EL TIEMPO EN TOMAR
LOS VALORES DEL GPS

```

```

    int i = 0;                // VARIABLE PARA INICIAR CONTADOR

    while((time+timeout) > millis()){           // LA INSTRUCCIÓN
millis() ENTREGA EL TIEMPO EN MILISEGUNDOS DESDE QUE SE ENCIENDE EL ARDUINO

        while(sim808.available()){             // MIENTRAS EL SIM808 ESTE
HABILITADO RECIBIENDO DATOS

            char c = sim808.read();           // SE TOMA LECTURA DE LOS CARATERES
EN EL PUERTO SERIAL DEL SIM808

            if (c != ',') {                 // SE TOMA CADA DATO SEPARADO POR UNA COMA (,)
data[i] +=c; // SE ALMACENA EL DATO EN LA VARIABLE CONTADOR i

            delay(100);                    // RETARDO DE 100 MILISEGUNDO PARA VOLVER A TOMAR OTRO
DATO

            }

            else {

                i++;

            }

            if (i == 5) {                   // SE OBTIENE 4 DATOS, LA FECHA,LATITUD, LONGITUD Y
ESTADO DEL GPS, AL QUINTO SALE DEL CICLO

                delay(100);

                goto exitL;                // REALIZA UN SALTO A LA ETIQUETA EXITL

            }}

        }exitL:

        if (debug) {

            state = data[1];

            timegps = data[2];

            latitude = data[3];

            longitude = data[4];

        }}

String sendData (String command , const int timeout ,boolean debug){

    String response = "";

    sim808.println(command);

    long int time = millis();

    int i = 0;

    while ( (time+timeout ) > millis()){

        while (sim808.available()){

            char c = sim808.read();

```

```

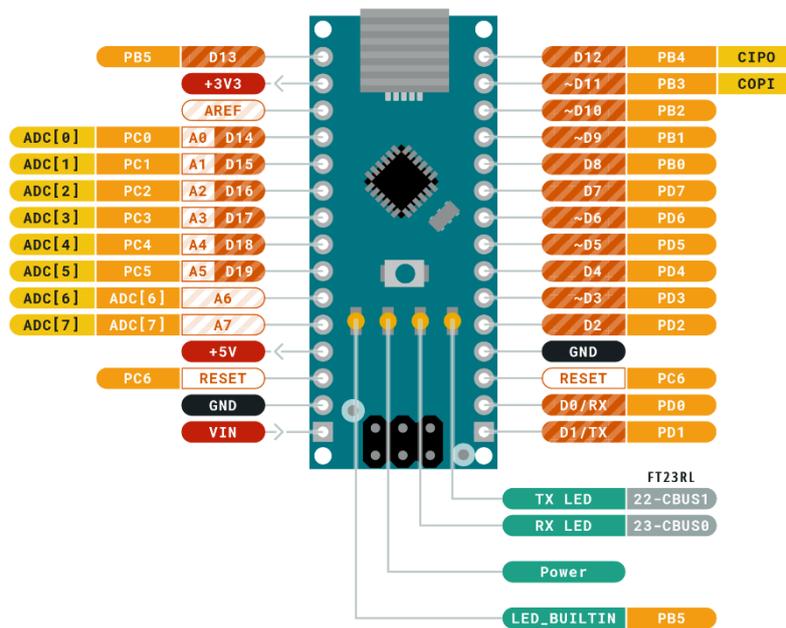
    response +=c;
  }}
  if (debug) {
    Serial.print(response);
  }
  return response;
}

```

ANEXO 2 DATASHEET DEL ARDUINO NANO



**ARDUINO
NANO**

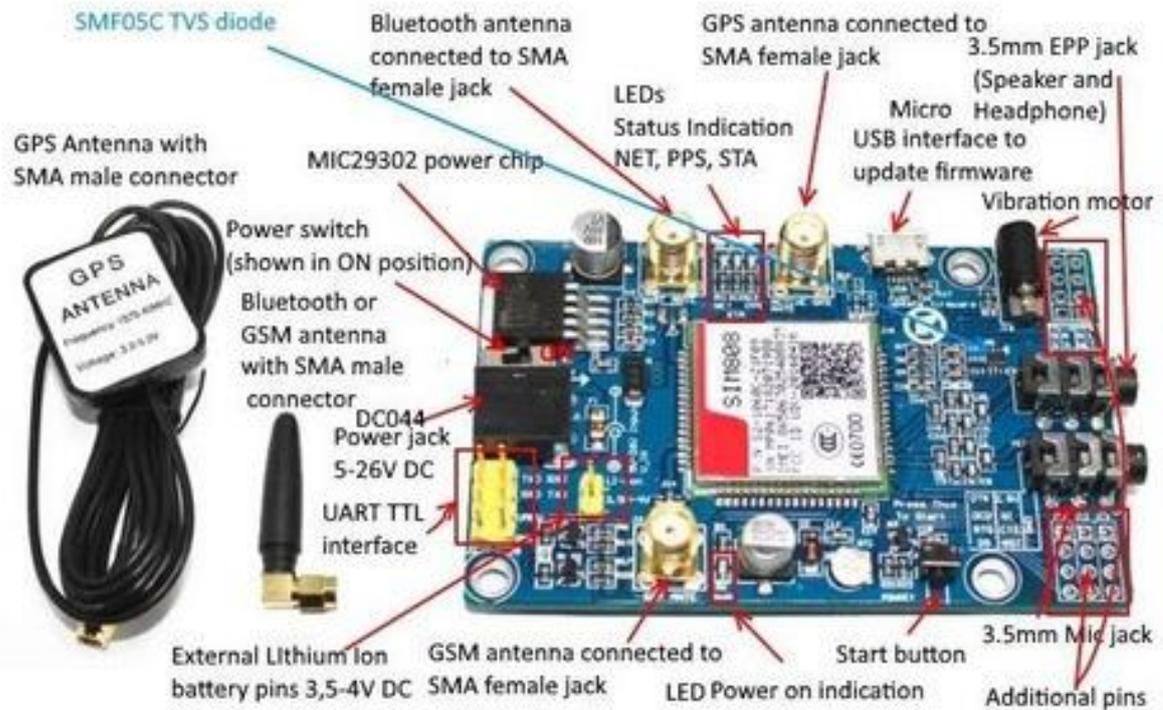


Ground	Internal Pin	Digital Pin	Microcontroller's Port
Power	SWD Pin	Analog Pin	
LED	Other Pin	Default	

This work is licensed under the Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License. To view a copy of this license, visit <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/> or send a letter to Creative Commons, PO Box 1866, Mountain View, CA 94042, USA.

ANEXO 3

DATASHEET DEL MODULO SIM808



Feature	Implementation
Power supply	3.4V ~ 4.4V
Power saving	Typical power consumption in sleep mode is 1.07 mA (BS-PA-MFRMS=9)
Charging	Supports charging control for Li-ion battery

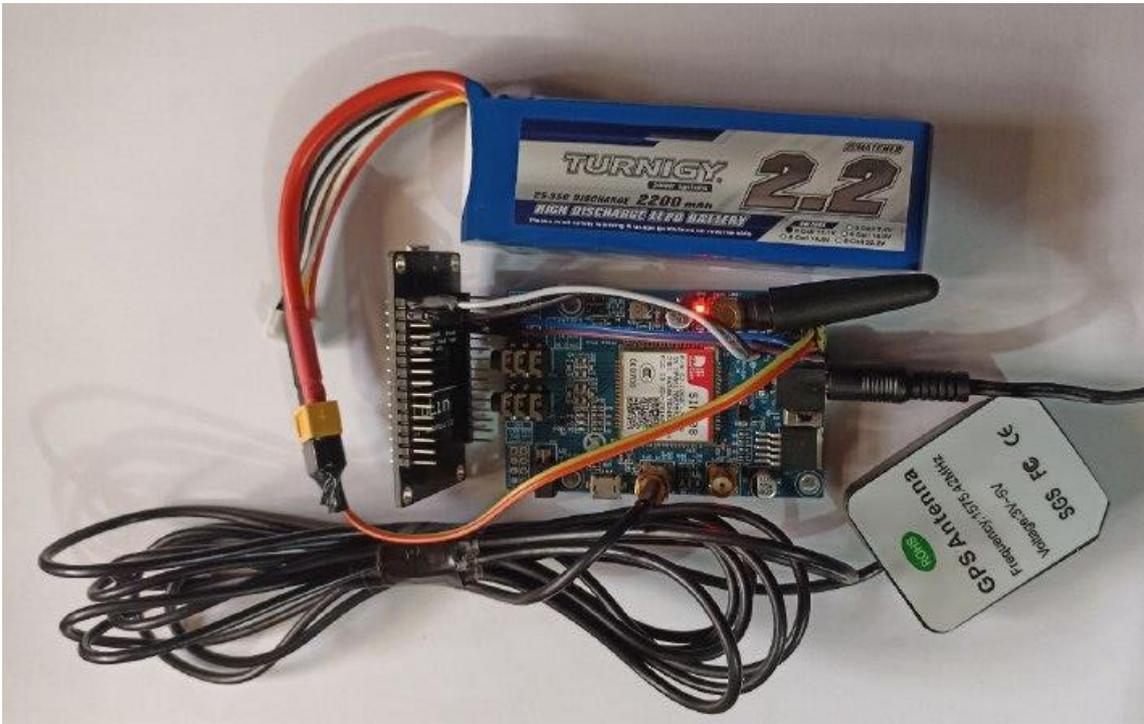
Frequency bands	<ul style="list-style-type: none"> ● SIM808 Quad-band: GSM 850, EGSM 900, DCS 1800, PCS 1900. SIM808 can search the 4 frequency bands automatically. The frequency bands also can be set by AT command "AT+CBAND". For details, please refer to <i>document [1]</i>. ● Compliant to GSM Phase 2/2+
Transmitting power	<ul style="list-style-type: none"> ● Class 4 (2W) at GSM 850 and EGSM 900 ● Class 1 (1W) at DCS 1800 and PCS 1900
GPRS connectivity	<ul style="list-style-type: none"> ● GPRS multi-slot class 12 (default) ● GPRS multi-slot class 1~12 (optional)
Temperature range	<ul style="list-style-type: none"> ● Normal operation: -40°C ~ +85°C ● Storage temperature -45°C~ +90°C
Data GPRS	<ul style="list-style-type: none"> ● GPRS data downlink transfer: max. 85.6 kbps ● GPRS data uplink transfer: max. 85.6 kbps ● Coding scheme: CS-1, CS-2, CS-3 and CS-4 ● PAP protocol for PPP connect ● Integrate the TCP/IP protocol. ● Support Packet Broadcast Control Channel (PBCCH) ● CSD transmission rates: 2.4,4.8,9.6,14.4 kbps
CSD	<ul style="list-style-type: none"> ● Support CSD transmission
USSD	<ul style="list-style-type: none"> ● Unstructured Supplementary Services Data (USSD) support
SMS	<ul style="list-style-type: none"> ● MT, MO, CB, Text and PDU mode ● SMS storage: SIM card
SIM interface	Support SIM card: 1.8V, 3V
External antenna	Antenna pad
Audio features	<p>Speech codec modes:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Half Rate (ETS 06.20) ● Full Rate (ETS 06.10) ● Enhanced Full Rate (ETS 06.50 / 06.60 / 06.80) ● Adaptive multi rate (AMR) ● Echo Cancellation ● Noise Suppression
Serial port and USB interface	<p>Serial port:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Full modem interface with status and control lines, unbalanced, asynchronous. ● 1200bps to 460800bps. ● Can be used for sending AT commands or transmitting data stream. ● Support RTS/CTS hardware handshake and software ON/OFF flow control. ● Multiplex ability according to GSM 07.10 Multiplexer Protocol. ● Autobauding supports baud rate from 1200 bps to 115200bps. <p>USB interface:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Can be used for debugging and firmware upgrading.
Phonebook management	Support phonebook types: SM, FD, LD, RC, ON, MC.
SIM application toolkit	GSM 11.14 Release 99
Real time clock	Support RTC
Alarm function	Can be set by AT command
Physical characteristics	Size: 24*24*2.6mm

Parameter	Description	Performance			
		Min	Type	Max	Unit
Horizontal Position Accuracy ⁽¹⁾	Autonomous		<2.5		m
Velocity Accuracy ⁽²⁾	Without Aid		0.1		m/s
	DGPS		0.05		m/s
Acceleration Accuracy	Without Aid		0.1		m/s ²
	DGPS		0.05		m/s ²
Timing Accuracy			10		nS
Dynamic Performance	Maximum Altitude			18000	m
	Maximum Velocity			515	m/s
	Maximum Acceleration			4	G
Time To First Fix ⁽³⁾	Hot start		1		s
	Warm start		28		s
	Cold start		30		s
Sensitivity	Autonomous acquisition(cold start)		-148		dBm
	Re-acquisition		-159		dBm
	Tracking		-165		dBm
Receiver	Channels		22/66		
	Update rate			5	Hz
	Tracking L1, CA Code				
	Protocol support NMEA				
Power consumption ⁽⁴⁾	Acquisition		42		mA
	Continuous tracking		24		mA

Parameter	Condition	Performance			
		Min	Type	Max	Unit
Frequency Range		2402		2480	MHz
Maximum Transmit Power			7		dBm
Gain Step			4		dB
Receiver Sensitivity	DH1 (BER<0.1%)		-91.4		dBm

ANEXO 4

PROTOTIPO DEL SISTEMA DE MONITORIZACIÓN AUTÓNOMO INTELIGENTE



ANEXO 5

CERTIFICADOS DE VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA



Yo, **Manuel Rigoberto Otorongo Cornejo**, con C.I **1802248995**, en mi calidad de validador de la propuesta del proyecto titulado: **Sistema de monitorización y control inteligente autónomo para vehículos combinando tecnología IoT y Redes Neuronales**.

Elaborado por el Ing. **Erick Steven Zambrano Valencia**, con C.I **1313660902**, estudiante de la Maestría en Telecomunicaciones, mención gestión de las telecomunicaciones de la Universidad Tecnológica Israel (UISRAEL), como parte de los requisitos para obtener el Título de Magister, me permito declarar haber revisado el proyecto y realizado la evaluación de criterios.

Quito 17 de marzo de 2022

Manuel Rigoberto Otorongo Cornejo

C.I : 1802248995

Registro SENESCYT: 1010-14-86045561



Yo, **Danilo Fabricio Trujillo Ronquillo**, con C.I **1803547320**, en mi calidad de validador de la propuesta del proyecto titulado: **Sistema de monitorización y control inteligente autónomo para vehículos combinando tecnología IoT y Redes Neuronales**.

Elaborado por el Ing. **Erick Steven Zambrano Valencia**, con C.I **1313660902**, estudiante de la Maestría en Telecomunicaciones, mención gestión de las telecomunicaciones de la Universidad Tecnológica Israel (UISRAEL), como parte de los requisitos para obtener el Título de Magister, me permito declarar haber revisado el proyecto y realizado la evaluación de criterios.

Quito 17 de marzo de 2022

Danilo Fabricio Trujillo Ronquillo

C.I : 1803547320

Registro SENESCYT: 7241143858



Yo, **Diego Alexander Pilco Peñaherrera**, con C.I **1104090277**, en mi calidad de validador de la propuesta del proyecto titulado: **Sistema de monitorización y control inteligente autónomo para vehículos combinando tecnología IoT y Redes Neuronales.**

Elaborado por el Ing. **Erick Steven Zambrano Valencia**, con C.I **1313660902**, estudiante de la Maestría en Telecomunicaciones, mención gestión de las telecomunicaciones de la Universidad Tecnológica Israel (UISRAEL), como parte de los requisitos para obtener el Título de Magister, me permito declarar haber revisado el proyecto y realizado la evaluación de criterios.

Quito 17 de marzo de 2022

Diego Alexander Pilco Peñaherrera

C.I : 1104090277

Registro SENESCYT: 1031-2021-2387846

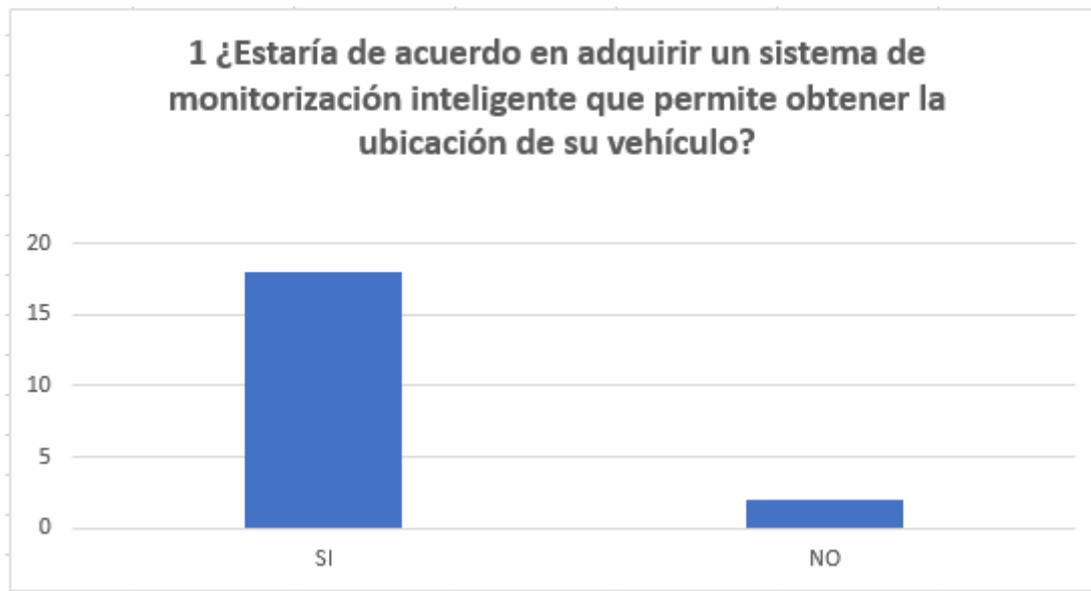
ANEXO 6

ENCUESTA

1 ¿Estaría de acuerdo en adquirir un sistema de monitorización inteligente que permite obtener la ubicación de su vehículo?

SI

NO

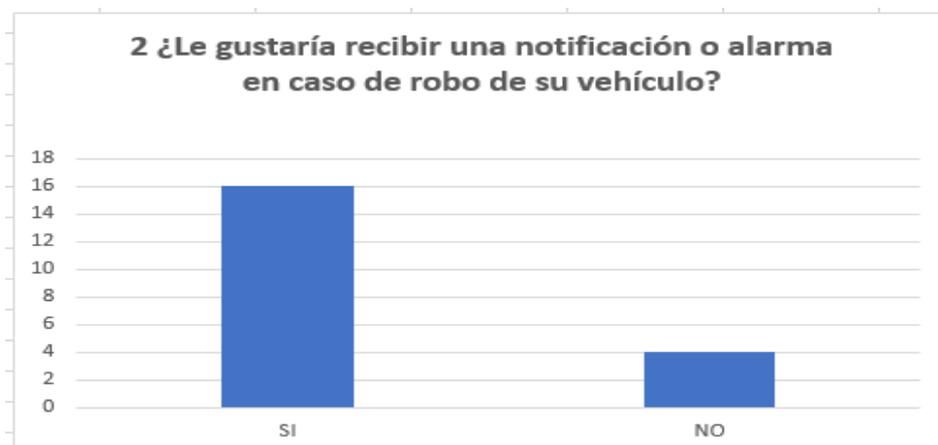


De 20 personas encuestadas, 18 están de acuerdo en adquirir un sistema de monitorización inteligente debido a altos índices de robos de vehículos en el país.

2 ¿Le gustaría recibir una notificación o alarma en caso de robo de su vehículo?

SI

NO

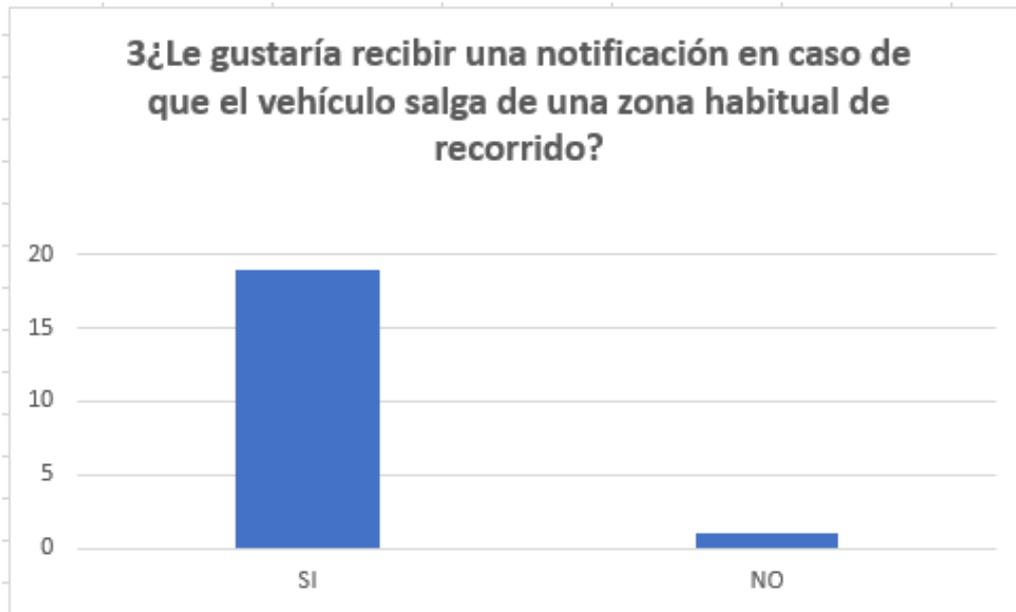


16 personas están de acuerdo en recibir una notificación en caso de robo del vehículo, ya que pueden proceder de manera inmediata para así recuperar el automotor.

3¿Le gustaría recibir una notificación en caso de que el vehículo salga de una zona habitual de recorrido?

SI

NO



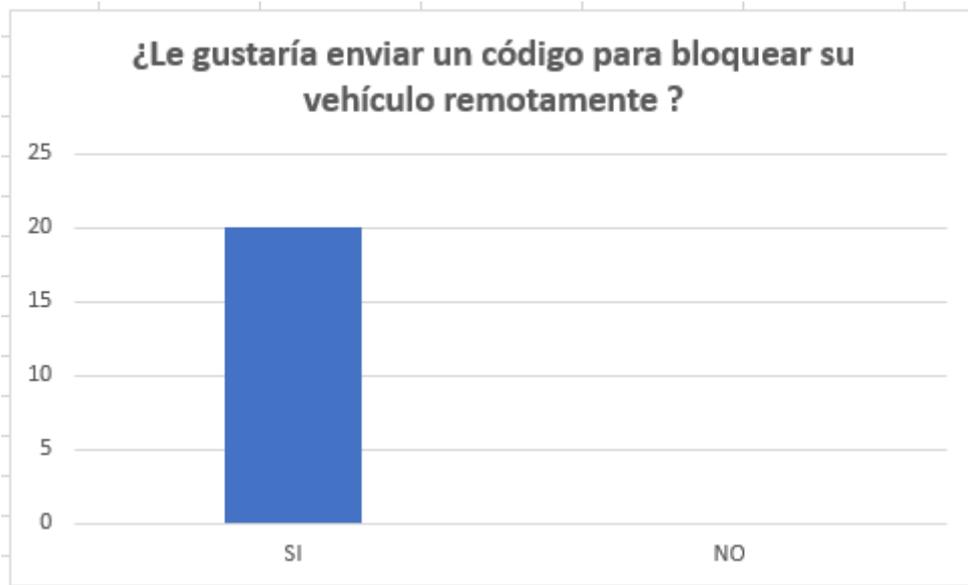
De las 20 personas encuestadas, 19 están de acuerdo en recibir algún tipo de notificación, cuando el vehículo sale de su zona de recorrido habitual, ya que con eso podrían geolocalizar el automotor.

4 ¿Le gustaría enviar un código para bloquear su vehículo remotamente ?

SI

NO

El 100% de personas encuestadas están de acuerdo en enviar un código para bloquear o detener el vehículo remotamente y a su vez obtener las coordenadas del automotor.



5 ¿Por qué plataforma de comunicación cree usted que es mejor para recibir los avisos o notificaciones?

LLAMADA

MENSAJE DE TEXTO

AMBOS

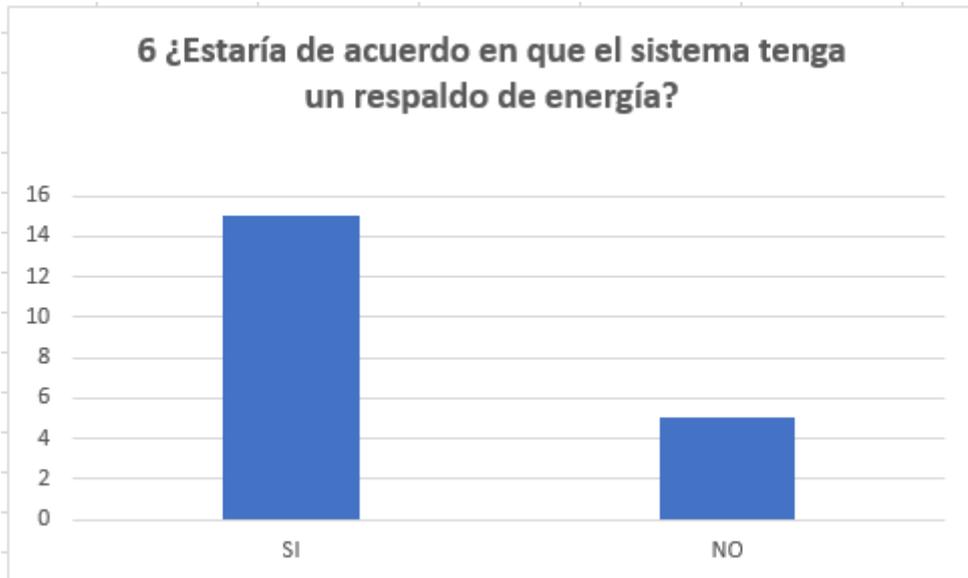


La mayoría de las personas, consideran que sería bueno recibir los avisos o notificaciones tanto por mensajes de texto y por llamada celular ya que se tiene dos plataformas u opciones para actuar de manera rápido ante un atraco.

6 ¿Estaría de acuerdo en que el sistema tenga un respaldo de energía?

SI

NO



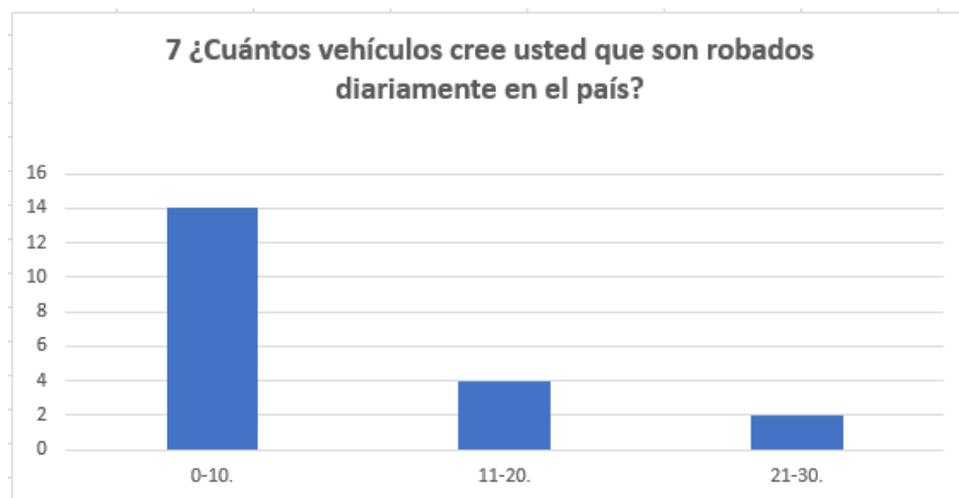
La mayoría de las personas consideran necesario que el sistema tenga un backup de energía ya que, si se corta o falla la energía principal, el sistema debe mantenerse encendido.

7 ¿Cuántos vehículos cree usted que son robados diariamente en el país?

0-10

11-20

21-30



La mayoría de las personas consideran que se pierden de 0 a 10 vehículos diariamente, pero en el país en el año 2021 se perdieron alrededor de 18 vehículos, sin considerar motocicletas o cuadrones.

8 ¿Cuánto estaría dispuesto a pagar por un sistema de monitorización inteligente?

0-100\$

100-200\$

300-500\$

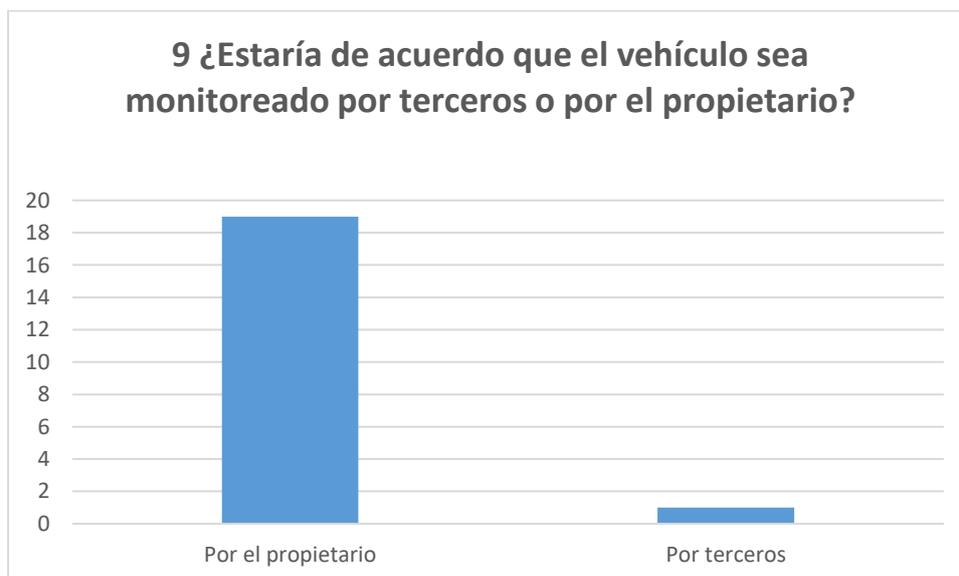


Los usuarios consideran que el sistema debe ser económico y eficiente, por lo que un gran porcentaje de personas eligieron un valor cercano a 100\$.

9 ¿Estaría de acuerdo que el vehículo sea monitoreado por terceros o por el propietario?

Por el propietario

Por terceros



Los propietarios prefieren monitorear el vehículo ellos mismos ya que así pueden saber la ubicación del automotor en cualquier momento, sin necesidad de acudir a terceros.

10 ¿Considera que es indispensable un sistema de monitoreo 24/7 para un vehículo?

SI

NO



La mayoría de las personas encuestadas consideran que es sumamente importante monitorear el vehículo todo el tiempo.