



Universidad Autónoma de Entre Ríos
Facultad de Ciencia y Tecnología

PROYECTO FINAL DE TESIS

“Control de accesibilidad y circulación de auxilios para las emergencias en la Isla del Puerto de Concepción del Uruguay”.

SEDE: Concepción del Uruguay.

CARRERA: Licenciatura en Automatización y Control de Procesos Industriales.

AUTORES: Turczak Nicolas. DNI: 40408407.

Melchior Nicolás. DNI: 41188489.

CARÁCTER: Solución Tecnológica.

TUTOR: Eduardo Velazquez.

FECHA: 12/05/2024.

RESUMEN EJECUTIVO

El presente proyecto presenta un estudio de factibilidad técnica y tecnológica, para un sistema integral de Control del Tránsito en Emergencias de Eventos Trágicos. La arquitectura del sistema, hoy pensado para el “Complejo Recreativo de Usos Múltiples Isla del Puerto”, Concepción del Uruguay, abre las puertas como modelo replicable en casos similares, donde la acumulación temporal de vehículos pueda interferir en potenciales acciones en emergencias. El corazón del Sistema de información permite conductas activas sin incertidumbres, esenciales para el control ordenado de acciones, con el menor nivel de estrés. Adicionalmente la comunicación es un proceso vital en la educación preventiva del espacio público.

Palabras claves: accesibilidad, circulación, auxilio, emergencias, vehículos, rescate.

EXECUTIVE SUMMARY

This project presents a technical and technological feasibility study for a comprehensive Traffic Control system in Emergencies of Tragic Events. The architecture of the system, today designed for the “Complejo Recreativo de Usos Múltiples Isla del Puerto”, Concepción del Uruguay, opens the doors as a replicable model in similar cases, where the temporary accumulation of vehicles can interfere with potential actions in emergencies. The heart of the Information System allows active behaviors without uncertainties, essential for the orderly control of actions, with the lowest level of stress. Additionally, communication is a vital process in preventive education in public spaces.

ÍNDICE

Tabla de contenido

RESUMEN EJECUTIVO	1
EXECUTIVE SUMMARY	1
ÍNDICE	2
1. INTRODUCCIÓN	4
1.1 Enfoque Metodológico	4
2. MARCO TEÓRICO	6
2.1 Efectos del paso del tiempo en emergencia	6
2.2 Evacuación: tipos y plan de evacuación.	6
2.3 Importancia de un protocolo de emergencia	6
2.4 Ley de Tránsito Nacional. Vehículos de emergencia.	7
2.5 Señalética y señalización	7
2.6 Norma internacional de símbolos y pictogramas	8
2.7 Clasificación de señales.	8
3. ESTADO ACTUAL DEL CONOCIMIENTO DEL TEMA	9
4. OBJETIVOS	11
4.1 Generales	11
4.2 Particulares	11
5. ALCANCES	11
6. METODOLOGÍA.	12
6.1 Estudio del problema.	12
6.2 Planificación de tareas y selección de herramientas.	12
6.2.1 ID 01. Medición de distancia total de la Isla.	13
6.2.2 ID 02. Medición de capacidad de estacionamiento.	14
6.2.3 ID 03. Método para detección vehicular	18
6.3 Diseño y ensayos de prototipo.	19
6.3.1 Primer ensayo.	19
6.3.2 Segundo ensayo.	21
7. PROPUESTA BÁSICA	26
7.1 Manual de procedimiento	28
7.1.1 Caso de emergencia dentro de la Isla.	29
7.1.2 Protocolo de liberación de un carril para el paso del vehículo de emergencia.....	30

7.2 Especificaciones técnicas.....	36
7.2.2 Sistema de registro y detección vehicular	37
7.2.3 Instalación del sistema de registro y detección vehicular en la Isla del Puerto	41
7.2.4 Detección de cruce de vehículo de emergencia	42
7.2.5 Bases SOS	44
7.2.7 Sistema de cartelería	54
7.2.8 Sistema de balizas	56
8. CONCLUSIÓN	59
9. MEMORIAS	60
9.1 Investigación.	60
9.2 Población de estudio.	60
9.3 ¿Qué es un sistema de evacuación?	60
9.4 Grupos de emergencia.	60
9.5. Señalización.....	60
BIBLIOGRAFÍA.....	62
SIGLAS Y ACRÓNIMOS	64
ÍNDICE DE IMÁGENES.....	66
ÍNDICE DE TABLAS.....	68

1. INTRODUCCIÓN

La costanera de la Isla del Puerto surge en el año 2014, a partir de la construcción de un puente de 210 metros de longitud que une la ciudad con la Isla. Desde entonces se ha convertido en un importante punto de atracción para los visitantes. Cuenta con 3400 metros de costanera y finalizando el recorrido se encuentra el faro icónico Stella Maris. Posee una avenida de doble circulación con muy buena iluminación, capacidad de estacionamiento de 1263 vehículos y 3 rotondas a lo largo del recorrido.

En la situación actual, el predio no cuenta con ningún sistema para el monitoreo de capacidad vehicular estacionada o en tránsito. Especialmente en temporada alta, donde el acceso y la circulación libre es esencial en los servicios de emergencia en salud y seguridad.

Dado que el estudio será analizar diferentes alternativas viables para la evacuación de, al menos un carril, en la Isla del Puerto de la ciudad de Concepción del Uruguay para facilitar las tareas a las brigadas de emergencia, se recurrirá a un diseño experimental que se aplicará en forma de investigación aplicada, teniendo en cuenta que se busca poder aplicar un sistema en la realidad que solucione el problema de la conglomeración de vehículos a lo largo de la Isla ante un siniestro.

1.1 Enfoque Metodológico.

El enfoque de la investigación que se llevará a cabo en el presente proyecto será cuantitativo, dado a que se pretende medir la realidad que está en estudio, examinando el problema durante las visitas realizadas al lugar y recopilando información en forma objetiva, mediante observación directa, como así también por medio del diseño e implementación de sistemas de medición y recopilación de datos para poder desarrollar y probar hipótesis y así llegar a una solución o a un conjunto de soluciones para la problemática actualmente presente en la Isla [\[9.1\]](#).

Cumpliendo con una orientación cuantitativa, se realizarán mediciones con recopilación de datos estadísticos en base a la circulación vehicular, obteniendo un conteo en tiempo real de vehículos que ingresan y egresan de la Isla; se realizarán visitas programadas para la recopilación de información necesaria para el desarrollo del proyecto.

Teniendo en cuenta la definición de población [\[9.2\]](#) y considerando que no se trata sólo de personas físicas, sino también de objetos, familias, organizaciones, entre otros, consideraremos población al conjunto de vehículos que ingresan y egresan de la Isla del Puerto. Focalizamos nuestros estudios e investigaciones en todos aquellos automóviles, motocicletas u otros medios de transporte que hagan uso de los estacionamientos y circulen por la avenida de doble carril y puedan ser causantes de atascos o embotellamiento, alternándose la normal circulación y perjudicando a los vehículos de emergencia en caso de ocurrir un siniestro.

Las muestras que se obtengan para ensayar los diferentes experimentos serán consecuencia de la temporada, día de la semana y horario, dado que variarán de acuerdo con el número de visitantes que

se acerquen al sitio. Es por ello que estamos ante un universo infinito debido a que no es posible determinar la magnitud de las muestras a lo largo del tiempo. No obstante, se generará homogeneidad al dividir a la población en subgrupos definidos por el tipo de vehículo que están utilizando, independientemente de si se trata de habitantes de la ciudad de Concepción del Uruguay u otras localidades.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Efectos del paso del tiempo en emergencia.

El tiempo de respuesta es un factor clave a la hora de atender a los damnificados en un accidente, incendio u otro suceso en el que peligre la vida o integridad física de las personas.

La demora en las acciones de los socorristas trae desde situaciones de estrés hasta incremento del riesgo de muerte. A modo de ejemplo, ante una persona con un paro cardiorrespiratorio, por cada minuto que la víctima no recibe RCP, se pierde un 10 % de probabilidad de sobrevivir [1].

Los servicios médicos o de rescate ponen énfasis en cómo lograr reducir los tiempos de respuesta de las brigadas, ya que los centros urbanos tienen, por lo general, el obstáculo de las congestiones vehiculares, perturbando a la respuesta oportuna de los mismos.

“Tomar mejores decisiones de gestión vial en espacios urbanos es una necesidad inminente y, para ello, se requiere tener más y mejor información acerca del comportamiento del tráfico en las zonas incumbentes, a fin de poder identificar las acciones efectivas para su mitigación” [2].

Cada vez son más las personas que cuentan con un medio de transporte propio, llegando a haber, en muchos casos, más de un vehículo por familia. Este incremento vehicular, sumado a la escasa infraestructura y monitoreo vial provocan congestión en el tránsito.

2.2 Evacuación: tipos y plan de evacuación.

Existen dos tipos de evacuación. Por un lado, se encuentra la evacuación planificada, que es aquella que se da a partir de la activación metódica y organizada. Por otra parte, está la evacuación espontánea, que es la producida por la reacción automática e instintiva de las personas presentes que se desplazan hacia otro lugar que consideran seguro.

Un plan de evacuación es un acuerdo preestablecido por todas las personas que se encuentran ocupando un área y se establecen los puntos de reunión y los caminos que son más convenientes de tomar para realizar la evacuación en forma segura. Debe contener el conjunto de procedimientos y acciones que se deben llevar a cabo para que las personas, amenazadas por un peligro, protejan su vida e integridad, mediante su desplazamiento hasta y a través de lugares seguros.

2.3 Importancia de un protocolo de emergencia

La emergencia es una situación que se presenta fuera de control y que requiere de una intervención inmediata, ya que implica un desastre consumado o potencial.

La existencia de un protocolo de emergencia, en cualquier ámbito que se aplique, tiene el objetivo de generar un estándar de actuaciones que faciliten las tareas a las brigadas, disminuyendo el tiempo de respuesta y buscando efectividad y eficiencia en las operaciones.

2.4 Ley de Tránsito Nacional. Vehículos de emergencia.

La Ley de tránsito de la Nación Argentina, en su artículo 61 establece que “los vehículos de los servicios de emergencia pueden, excepcionalmente y en cumplimiento estricto de su misión específica, no respetar las normas referentes a la circulación, velocidad y estacionamiento, si ello les fuera absolutamente imprescindible en la ocasión que se trate siempre y cuando no ocasionen un mal mayor que aquel que intenten resolver [...] Sólo en tal circunstancia deben circular, para advertir su presencia, con sus balizas distintivas de emergencia en funcionamiento y agregando el sonido de una sirena si su cometido requiriera extraordinaria urgencia”.

Por otra parte, la Ley se refiere a las demás personas que transiten por la vía pública, aclarando que “tienen la obligación de tomar todas las medidas necesarias a su alcance para facilitar el avance de esos vehículos en tales circunstancias, y no pueden seguirlos” [3].

2.5 Señalética y señalización

Al hablar de señalética se hace referencia a la teoría a partir de la cual surge la señalización y esta última está destinada a la regulación de los flujos de gente o vehículos.

En el artículo 22 de la Ley de Tránsito Nacional Argentina se expresa que sólo son exigibles aquellas reglas transmitidas a través de las señales, símbolos y marcas del sistema uniforme de señalamiento vial y que la colocación de carteles que no sea realizada por la autoridad competente, debe ser autorizada por ella.

Aquellas señales que están destinadas a orientar, hacer referencia a servicios o dar cualquier información útil para los usuarios se las llama informativas y están conformadas por un rectángulo de dimensiones y posición variables según el tipo de señal. Respecto a los colores utilizados, se establece el fondo de color verde para destinos o itinerarios, el color azul para señales de carácter institucional, histórico y de servicios, el color blanco para anuncios especiales o educativos.

En cuanto a la información turística y de servicios, la norma establece que la conformación física de la señal debe ser un rectángulo azul con el lado menor horizontal de un mínimo de 0,7 m, conteniendo un cuadrado blanco equidistante de los laterales y de la parte superior, en el cual se ubican las figuras en color negro. En el sector inferior del rectángulo, se colocan las leyendas aclaratorias, flechas y/o distancias en km, en color blanco. El fin es brindar información útil a los usuarios de la vía pública y la ubicación queda a criterio de la autoridad.

2.6 Norma internacional de símbolos y pictogramas

La normativa internacional ISO 7010 regula la simbología sobre señales de peligro y advertencia, incluidas las que indican salidas de emergencia y señales de seguridad. Tiene el fin de prescribir señales para la prevención de accidentes, incendios, riesgos y dar información precisa de seguridad, evitando el uso de palabras, por lo que todo signo debe llevar un símbolo o pictograma que proporcione un mensaje claro, que informe independientemente de las palabras escritas. [4]

Usa los colores y principios establecidos en ISO 3864 para los símbolos, dando información de fácil comprensión sobre seguridad con el mínimo uso de palabras.

2.7 Clasificación de señales.

Las señales de seguridad pueden ser clasificadas en señales de prohibición, advertencia, obligación, evacuación y emergencia, equipos contra incendios [\[9.5\]](#).

La Ley de tránsito establece que “Todo cartel, propaganda o leyenda sobre la vía pública, que no se ajuste al presente, debe ser removido, sin perjuicio de las sanciones que puedan corresponder. Las autorizaciones al respecto, para ser válidas, deben tener en forma visible, la constancia del permiso de la autoridad del tránsito local”.

3. ESTADO ACTUAL DEL CONOCIMIENTO DEL TEMA

En nuestro país se han implementado diferentes tecnologías destinadas al control y optimización del tráfico.

La ciudad de Buenos Aires cuenta con un sistema de semáforos adaptativos funcionales, instalados desde la General Paz hasta la avenida Udaondo. Consiste en una serie de sensores magnetómetros que se colocan debajo de la calzada y obtienen datos en tiempo real de la demanda vehicular, la ocupación de cada carril y cuánto tiempo llevan los vehículos detenidos en el lugar.

El algoritmo de funcionamiento permite modificar los ciclos semaforicos, permitiendo que, en los horarios de mayor circulación, dure más tiempo la señal en verde, disminuyendo la congestión en el camino. [5]



Imagen 1 - Magnetómetros sobre la cinta asfáltica.

En el municipio de Pilar se instaló un semáforo inteligente que, con la ayuda de cámaras interconectadas, modifica el tiempo de las luces roja y verde según la carga vehicular de ese momento. El principio se basa en detectar los vehículos esperando para cruzar para determinar el tiempo de luz verde activa, lo cual permite descongestionar el ingreso al centro de la ciudad. [6]



Imagen 2 - Semáforo inteligente instalado en Pilar.

A nivel internacional, en la ciudad de Bellevue en el Estado de Washington se instaló un sistema desarrollado por la empresa GTT denominado Opticom Multimode Traffic Signal Priority Control System. El mismo favorece a los vehículos de emergencia y logra reducir los tiempos de respuesta ante una eventualidad.

Los semáforos que se encuentran sobre el recorrido de la brigada permanecen en verde y los que están en las calles que interceptan indican rojo. Posee un software de control centralizado de los semáforos de todos los cruces de la ciudad, sensores infrarrojos que reconoce los vehículos con preferencia y dispositivos GPS que están embarcados en dichos móviles. [7]

La aplicación de esta tecnología, en condiciones normales, disminuye los atascos, el consumo de gasolina y la emisión de gases contaminantes.



Imagen 3 - Opticom Multimode Traffic Signal Priority Control System.

4. OBJETIVOS

4.1 Generales

- Diseñar un Sistema para el Control de Tránsito capaz de dirigir con eficacia en los momentos eventuales más críticos.

4.2 Particulares

- Aplicar un sistema de conteo vehicular para el ingreso a la Isla.
- Estudiar alternativas viables para evacuar el carril de la avenida.

5. ALCANCES

- Conteo de vehículos.
- Control inteligente de semáforos en modo normal y en emergencia.
- Comunicación y enlaces con los sistemas de emergencia.
- Información dinámica para los automovilistas y peatones.
- Base de datos e imágenes para uso testimonial y estadístico.
- Protocolos visuales en emergencia.

6. METODOLOGÍA.

6.1 Estudio del problema.

El complejo posee una avenida de doble circulación y amplios estacionamientos pensados y diseñados para un flujo vehicular normal, sin embargo, no está preparado para el acceso rápido o la evacuación ordenada en caso de emergencias.

La infraestructura actual del complejo, no posee capacidad de dirigir el tránsito y circulación de vehículos en situaciones de emergencia y auxilio.

Durante la temporada alta de verano, se extreman las dificultades de acceso y circulación fluida de vehículos y en caso de emergencias no existe sistema para organizar el tránsito, ordenar prioridades de carriles ni informar a los automovilistas de la situación emergente.

El Tiempo y la Información de los incidentes actualmente demanda un sistema integrado de acción inmediata eficaz y eficiente.

Se sabe que:

- a. El tiempo de respuestas, es un factor clave y vital para la actuación temprana de las brigadas de emergencia.
- b. La información en tiempo real para el personal de emergencias, los administradores del complejo y los automovilistas es esencial para las tareas de rescate o evacuación.

La complejidad del caso, los fines de seguridad y salud de las personas afectadas, así como los avances tecnológicos de hoy permiten desarrollar un estudio completo con alcances de infraestructura básica y sistemas de Automatización y Control.

6.2 Planificación de tareas y selección de herramientas.

Al momento de realizar el estudio de un tema es importante conocer el contexto general donde transcurren los sucesos que se quieren evaluar, para ello se establecieron una serie de métodos para tener en cuenta a la hora de hacer las visitas a la Isla.

ID	Acción	Herramientas necesarias
01	Medir distancia total de la Isla.	Dispositivo móvil. Aplicación de geolocalización.
02	Medir capacidad de estacionamientos.	Google Earth, herramienta “medir superficies y distancias”.
03	Contabilizador de vehículos.	Sistema de contabilización. (Base de datos)

Tabla 1 - Planificación de tareas y herramientas.

6.2.1 ID 01. Medición de distancia total de la Isla.

Para tener conocimiento del área de estudio, fue necesario el dato de la distancia total de la Isla. Para obtenerlo se procedió de la siguiente manera.

Mediante una aplicación con geolocalización “Mi Ruta”, descargada gratuitamente en un teléfono móvil, se realizó la medición del recorrido total que se hizo en un vehículo desde la entrada hasta la última rotonda que retorna hacia Concepción del Uruguay.



Imagen 4 - Medición de distancia total de la Isla con aplicación móvil.

Se comparó el dato obtenido con la medición de distancia que realizó la computadora a bordo del automóvil utilizado en la visita. Ambos coincidieron en que la distancia total del complejo es de 3,4 Kilómetros.

6.2.2 ID 02. Medición de capacidad de estacionamiento.

En primer lugar, se realizó una sectorización del complejo, tal como se indica en la imagen, sumando un total de 6 zonas.



Imagen 5 - Sectorizado de la Isla del Puerto.

Los estacionamientos se contabilizaron mediante Google Earth, haciendo uso de la herramienta “medir superficies y distancias” en la unidad metro.

Para calcular la cantidad de estacionamientos en 45° presentes en los sectores D, E y F se procedió de la siguiente manera. Se enumeraron los conjuntos de estacionamientos, a fin de identificarlos y cargar los valores obtenidos en una tabla.



Imagen 6 - Grupos 1, 2 y 3 de estacionamientos en 45°.



Imagen 7 - Grupos 4, 5, 6, 7, 8, 9 y 10 de estacionamientos en 45°.



Imagen 8 - Grupos 11 y 12 de estacionamientos en 45°.

Con el propósito de mostrar el procedimiento, se tomó como ejemplo el grupo de estacionamientos número 6. En el mismo se midió la distancia total del conjunto, obteniendo como resultado 155,1 metros.

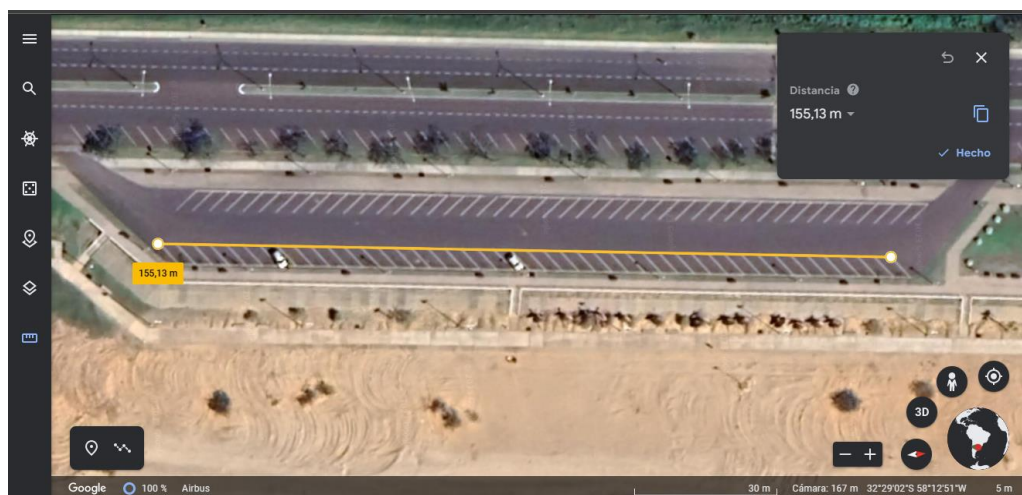


Imagen 9 - Medición de distancia total de un grupo de estacionamientos a 45°.

Luego se midió la distancia total de un estacionamiento individual y dio como resultado 3,5 metros.

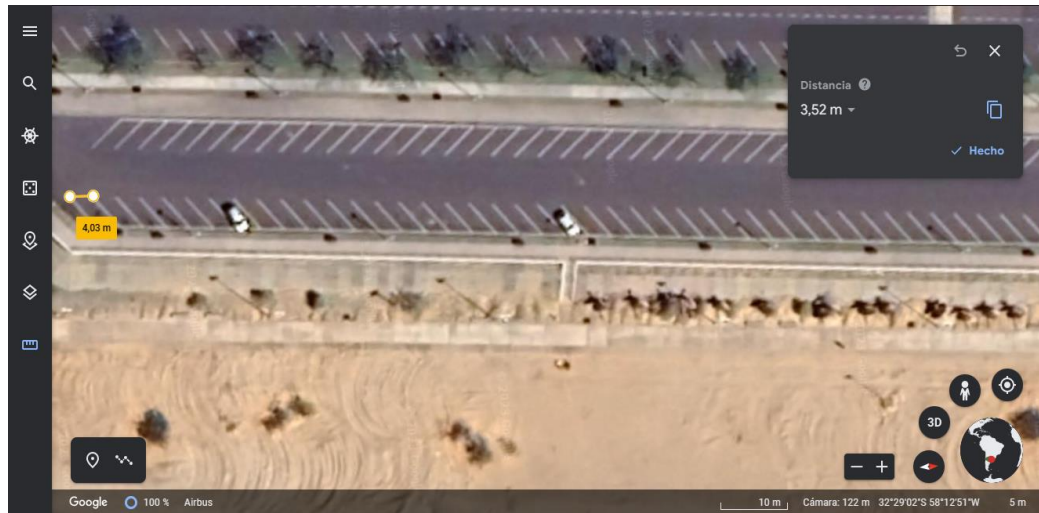


Imagen 10 - Medición de distancia de un estacionamiento individual a 45°.

Se realizó una división entre la distancia total del conjunto de estacionamientos y la distancia de un estacionamiento individual.

Estacionamientos en 45° sector 6 = 155,03 metros / 3,52 metros

Estacionamientos en 45° sector 6 = 44 vehículos.

Los resultados obtenidos fueron cargados en una tabla de cálculos y se realizó la sumatoria de los mismos.

Sector de estacionamiento en 45°	Cantidad de estacionamientos individuales
1	32
2	29
3	36
4	53
5	44
6	44
7	15
8	47
9	42
10	40
11	43

12	82
TOTAL ESTACIONAMIENTOS EN 45°	507

Tabla 2 - Cálculo de estacionamientos a 45°.

Utilizando la misma herramienta, se realizó también la suma de los metros lineales, destinados a estacionamientos en los sectores C, D, E y F, dando como resultado 4914 metros y, con el valor de medida promedio de un automóvil, se calculó la capacidad vehicular total.



Imagen 11 - Medición de distancia de estacionamientos lineales.

La medida promedio de los automóviles es de 4,5 metros de largo. Se consideró una distancia entre vehículos estacionados de 1 metro, por lo que son necesarios 6,5 metros de espacio libre por cada unidad aparcada.

Se realizó el cociente entre el espacio físico disponible y los metros necesarios para que estacione un vehículo.

$$\text{Capacidad de estacionamientos} = \frac{4914 \text{ metros}}{6,5 \text{ metros}}$$

$$\text{Capacidad de estacionamientos} = 756 \text{ vehículos}$$

Por último, se sumaron todos los resultados obtenidos (507 estacionamientos en 45° y 756 estacionamiento en línea), y se concluyó que dentro de la Isla pueden aparcarse 1263 unidades.

6.2.3 ID 03. Método para detección vehicular

En el contexto actual, donde hay una cantidad significativa de visitantes generando un tráfico considerable y careciendo el complejo de un registro del ingreso y egreso, resultará fundamental contar con una herramienta efectiva que recopile información para el sistema de control.

Se estudió y diseñó un método de medición capaz de identificar si se trata de un automóvil o una motocicleta, pensado para ser fabricado con materiales de fácil alcance y con la mayor precisión posible, apto para el uso en exteriores y que sea una solución versátil y replicable para todas aquellas aplicaciones en que se requiera un sistema de contabilización vehicular.

Consiste en medir el ancho del vehículo que esté pasando por la carretera en tiempo real, con el propósito de establecer umbrales que nos permitan clasificarlos ya que los automóviles poseen un ancho mayor que las motocicletas, permitiéndonos diferenciar entre ambos tipos de móviles con un alto grado de certeza.

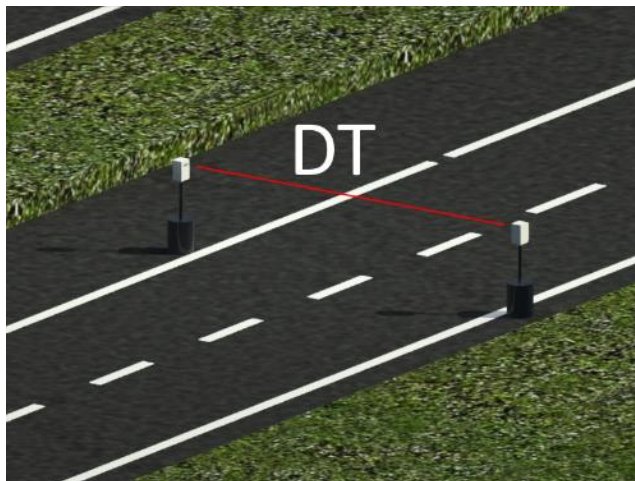


Imagen 12 - Sistema de detección vehicular. Medición de distancia entre sensores.

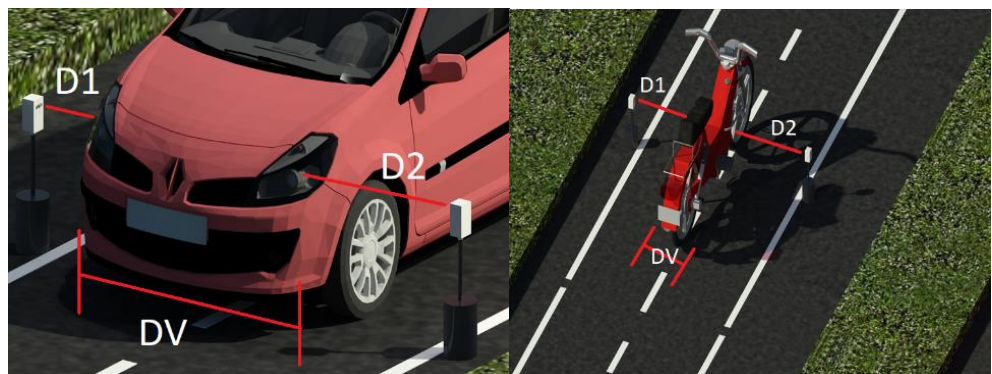


Imagen 13 - Sistema de detección vehicular. Detección de automóviles y motos.

DT: Distancia total entre sensores.

DV: Distancia o ancho de vehículo.

D1: Distancia entre sensor 1 y vehículo.

D2: Distancia entre sensor 2 y vehículo.

Por medio de la siguiente fórmula, el sistema calcula el ancho del vehículo y lo clasifica.

$$DV = DT - D1 - D2$$

La elección de un lugar estratégico para la implementación del sistema de conteo es de gran importancia para la aplicación en cuestión.

En este proyecto se propuso implementar dos sensores a la entrada de la Isla y dos a la salida, a fin de tener información de la totalidad de vehículos dentro del complejo.

6.3 Diseño y ensayos de prototipo.

En primer lugar, se llevó a cabo un prototipo de ensayo, con el cual realizamos pruebas piloto de medición de ancho de pequeños objetos y clasificación según el tamaño. Se analizaron las virtudes y falencias del sistema, teniendo en cuenta aspectos tales como la utilización del equipo en el exterior, el rango de medición de los sensores y la ubicación de estos.

6.3.1 Primer ensayo.

Se definió el microcontrolador, los sensores a utilizar y los cables de conexiones.

Componente	Código	Cantidad	Modelo
Microcontrolador	0001	1	Arduino Mega 2560
Sensor ultrasónico	0002	2	HC – SR04
Cables Dupont	0003	8	macho - hembra

Tabla 3 - Componentes del primer ensayo.

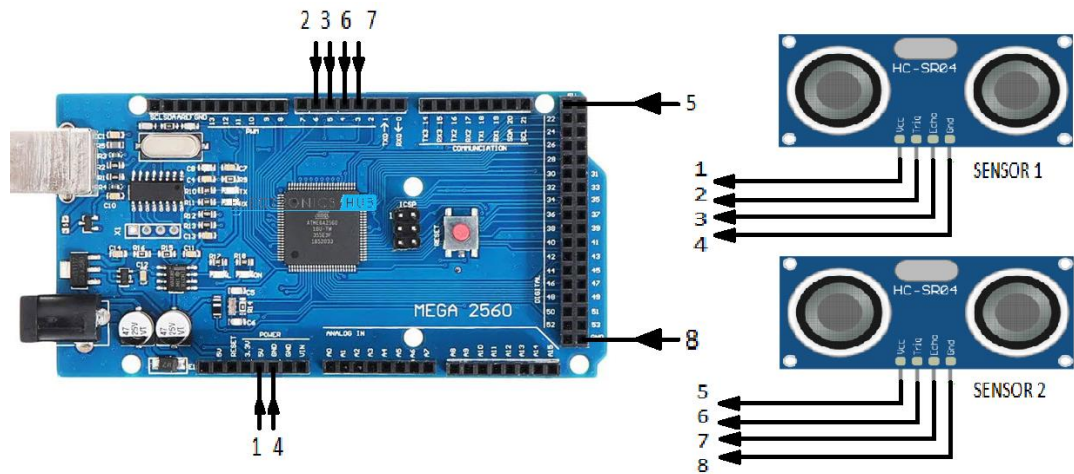


Imagen 14 - Esquema de conexión primer ensayo.

Tabla de conexiones	
Sensor 1 HC-SR04	Arduino Mega 2560
VCC	5 VDC
TRIG	D6
ECO	D5
GND	GND
Sensor 2 HC-SR04	
VCC	5 VDC
TRIG	D4
ECO	D3
GND	GND

Tabla 4 - Conexiones del primer ensayo.

Se realizó el programa base de medición y conteo y se efectuaron las pruebas piloto con diversos elementos de diferentes medidas de ancho. Se comprobó el incremento de los contadores de autos o motos de acuerdo a los umbrales establecidos al momento del ensayo.

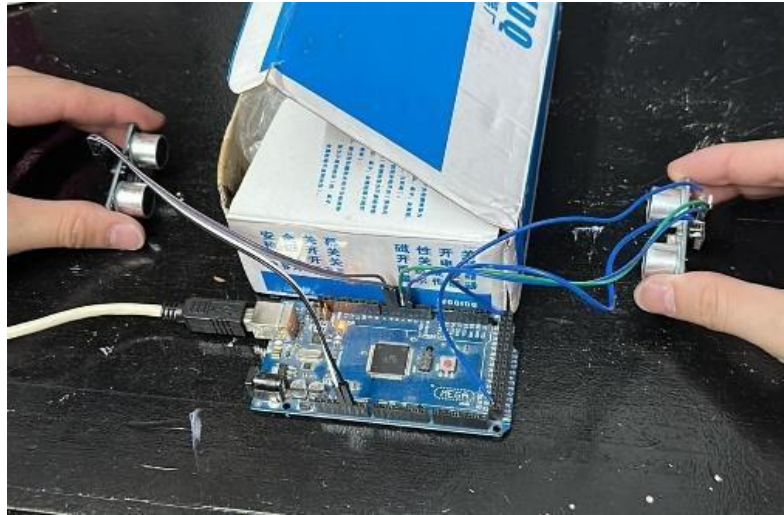


Imagen 15 - Prueba experimental del primer ensayo.

distancia del sensor 1: 11cm	
distancia del sensor 2: 11cm	
Ancho de Objeto 8	
Contador de MOTOS 12	
distancia del sensor 1: 11cm	distancia del sensor 1: 6cm
distancia del sensor 2: 11cm	distancia del sensor 2: 7cm
Ancho de Objeto 8	Ancho de Objeto 17
Contador de MOTOS 13	Contador de AUTOS 1
distancia del sensor 1: 11cm	distancia del sensor 1: 6cm
distancia del sensor 2: 11cm	distancia del sensor 2: 7cm
Ancho de Objeto 8	Ancho de Objeto 17
Contador de MOTOS 14	Contador de AUTOS 2

Imagen 16 - Resultados obtenidos del primer ensayo.

6.3.2 Segundo ensayo.

Una vez concluido el primer ensayo, habiendo superado los resultados esperados, se continuó con el diseño de un segundo prototipo. Al ser una corta distancia, ambos sensores se habían conectado a un mismo controlador. Para realizar mediciones en una calle transitada, fue necesario pensar en un sistema con conexión inalámbrica para la comunicación entre los sensores, evitando así el tendido de cables en la carretera.

Para tal fin, se utilizaron dos microcontroladores Wemos D1 mini, conectados a una red WiFi y se programó una aplicación que permitió el envío y recepción de datos de forma remota. Se implementó también, una base de datos para almacenar la información.

Componente	Código	Cantidad	Modelo
Microcontrolador	0101	2	Wemos D1 mini
Sensor ultrasónico	0102	2	HC – SR04
Fuente de alimentación 220 VAC - 5 VDC	0104	2	WX-DC12003
Cables Dupont	0105	8	macho - hembra
Cables Dupont	0106	12	macho - macho
Bornera divisible	0107	8	borneras para cable 1 mm ²
Caja estanca	0108	2	10 cm x 15 cm de IP 65
Prensa cable	0109	2	Prensa cable medida ¾ (5 a 10 mm)
Enchufe macho y cable	0110	2 * 2 m	2 conductores de 1 mm ²

Tabla 5 - Componentes del segundo ensayo.

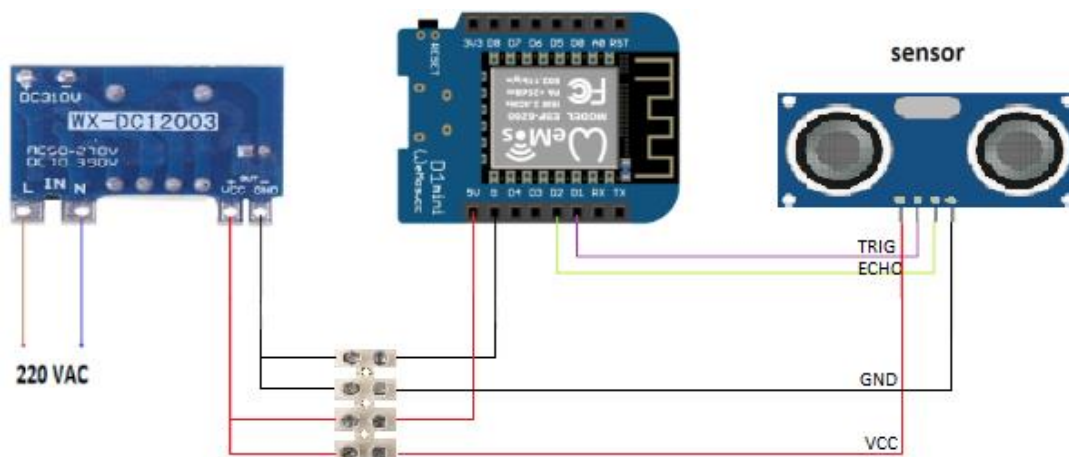


Imagen 17 - Esquema de conexión segundo ensayo.

Tabla de conexiones	
Sensor HC-SR04	D1 mini Wemos
VCC	5 VDC
TRIG	D1
ECO	D2
GND	GND

Tabla 6 - Conexiones del segundo ensayo.



Imagen 18 - ESP8266 WIFI con Wemos D1 Mini.



Imagen 19 - Sensor ultrasónico HC-SR04.

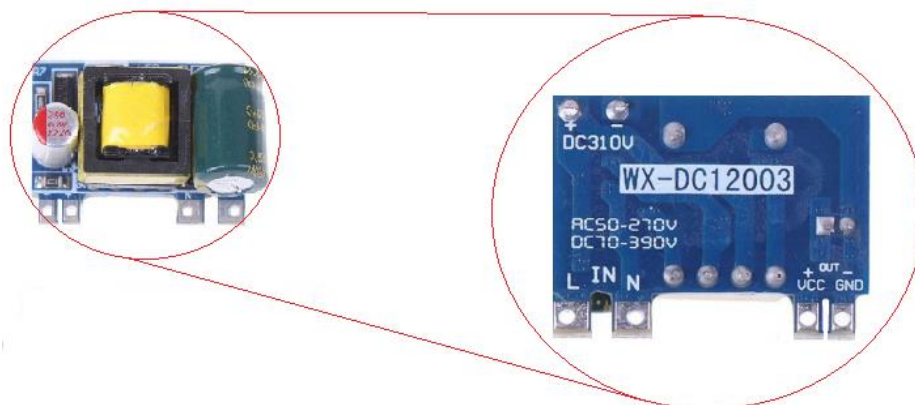


Imagen 20 - Fuente de alimentación 220 VAC a 5 VDC WX-DC12003.



Imagen 21 - Sensores de detención vehicular.

Se instalaron los sensores a 70 cm de altura con respecto al piso, enfrentados entre sí en una calle transitada y se obtuvieron resultados satisfactorios.



Imagen 22 - Pruebas en campo del segundo ensayo.

Todos los eventos fueron registrados en la base de datos, agrupando a los vehículos con el número 1 (automóviles) y con el número 2 (motocicletas).

En los umbrales establecidos en la programación se consideró la posibilidad de que algunos peatones pasen y sean medidos por los sensores. Dado ese caso, la medición será efectuada, pero no se incrementarán los contadores. Con este ensayo se concluyó que el método de registro y detección vehicular es viable y replicable en cualquier aplicación que se requiera.



Results		Messages		
	ID	ID_Tipo_Vehiculo	Fecha	Fecha_registro
1	535	1	2023-02-02 21:32:55.0000000	2023-02-02 21:32:56.7233333
2	536	1	2023-02-02 21:33:01.0000000	2023-02-02 21:33:02.0566667
3	537	1	2023-02-02 21:33:42.0000000	2023-02-02 21:33:43.8966667
4	538	1	2023-02-02 21:34:55.0000000	2023-02-02 21:34:56.6066667
5	539	1	2023-02-02 21:36:02.0000000	2023-02-02 21:36:03.6633333
6	540	2	2023-02-02 21:36:17.0000000	2023-02-02 21:36:18.0566667
7	541	1	2023-02-02 21:38:14.0000000	2023-02-02 21:38:15.2100000
8	542	1	2023-02-02 21:42:56.0000000	2023-02-02 21:42:57.5833333
9	543	1	2023-02-02 21:45:23.0000000	2023-02-02 21:45:24.1000000
10	544	1	2023-02-02 21:46:03.0000000	2023-02-02 21:46:04.6900000
11	545	1	2023-02-02 21:47:33.0000000	2023-02-02 21:47:34.5100000
12	546	1	2023-02-02 21:51:34.0000000	2023-02-02 21:51:35.7233333
13	547	1	2023-02-02 21:56:09.0000000	2023-02-02 21:56:10.3133333
14	548	1	2023-02-02 21:57:36.0000000	2023-02-02 21:57:37.9400000
15	549	1	2023-02-02 22:02:37.0000000	2023-02-02 22:02:38.5466667
16	550	1	2023-02-02 22:03:47.0000000	2023-02-02 22:03:48.9833333
17	551	1	2023-02-02 22:04:47.0000000	2023-02-02 22:04:48.0433333
18	552	1	2023-02-02 22:07:53.0000000	2023-02-02 22:07:54.9766667
19	553	1	2023-02-02 22:08:58.0000000	2023-02-02 22:08:59.0966667
20	554	1	2023-02-02 22:09:52.0000000	2023-02-02 22:09:53.5400000
21	555	1	2023-02-02 22:10:28.0000000	2023-02-02 22:10:29.7533333
22	556	1	2023-02-02 22:11:19.0000000	2023-02-02 22:11:20.6600000
23	557	1	2023-02-02 22:14:00.0000000	2023-02-02 22:14:01.3033333
24	558	1	2023-02-02 22:17:47.0000000	2023-02-02 22:17:48.6000000
25	559	1	2023-02-02 22:20:02.0000000	2023-02-02 22:20:03.3033333
26	560	1	2023-02-02 22:24:34.0000000	2023-02-02 22:24:35.4833333
27	561	1	2023-02-02 22:24:45.0000000	2023-02-02 22:24:46.3500000
28	562	1	2023-02-02 22:28:30.0000000	2023-02-02 22:28:31.1333333
29	563	1	2023-02-02 22:29:34.0000000	2023-02-02 22:29:35.5333333

Imagen 23 - Resultados del segundo ensayo.

7. PROPUESTA BÁSICA

El sistema de liberación de carril en caso de emergencia dentro de la Isla del Puerto, tiene como objetivo proporcionar una guía clara y segura para el despeje de una vía de circulación. La propuesta de mejora del complejo contempla un sistema automatizado para el manejo del tránsito tanto en condiciones de circulación normal, como así también ante un evento de emergencia. Pese a la solución automática del proceso de evacuación que se propone implementar, será necesario contar con personal capacitado para la operación del panel de mando en la sala de control, donde se recibirá información en tiempo real de la carga vehicular en la Isla y se concentrará la central de llamadas SOS.

La sala de control contará con una serie de dispositivos que complementarán al sistema. Por un lado, una computadora vinculada con el sistema de control que será la interfaz con el humano. La misma estará situada en un armario rack, junto con una UPS, un Gateway LoRa, una antena WiFi y un switch ethernet. Además, se propone la instalación de un pulsador de emergencia en dicha sala, que permitirá activar y desactivar el protocolo como método físico redundante a la computadora.

Se implementarán semáforos para el control del tráfico y carteles informativos distribuidos tanto en cercanías al acceso como dentro de la Isla.

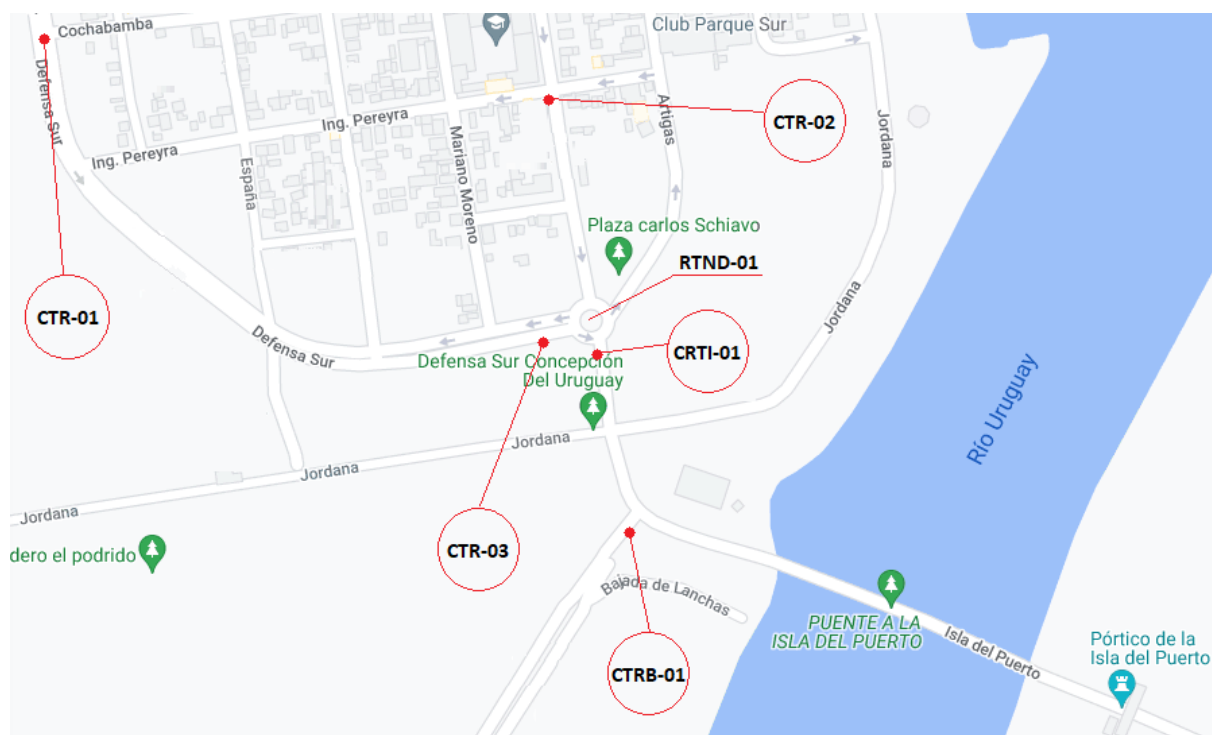


Imagen 24 - Ubicación geográfica de carteles en la ciudad.



Imagen 25 - Ubicación geográfica de carteles en la Isla. Sector C.



Imagen 26 - Ubicación geográfica de carteles en la Isla. Sectores D, E y F.

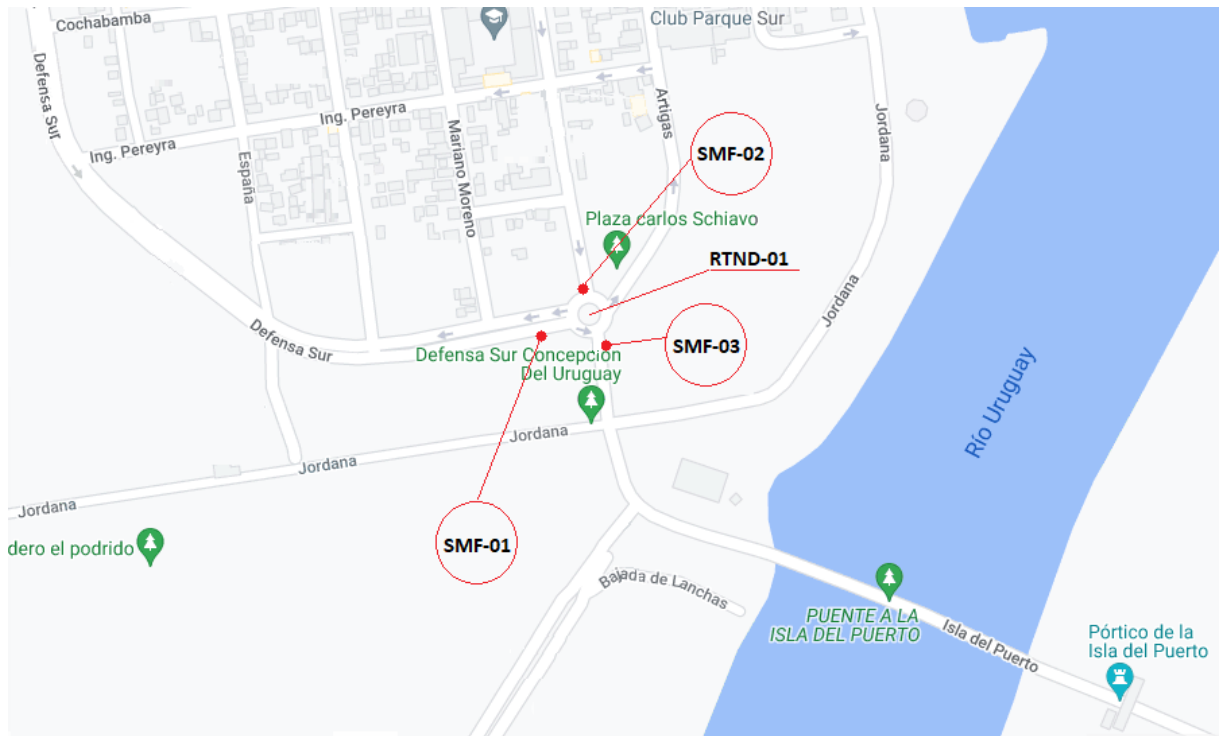


Imagen 27 - Ubicación geográfica de semáforos inteligentes.

7.1 Manual de procedimiento

Por medio del sistema de registro y detección vehicular ubicado tanto en la entrada, como en la salida del complejo, se tendrá información en tiempo real de la cantidad de vehículos dentro de la Isla. Esta información será procesada y comparada con la capacidad máxima de estacionamiento y a partir de allí se determinará si será necesario llevar a cabo un control de tránsito en RTND-01.

En temporada de verano, la costanera de la Isla del Puerto es visitada por cientos de personas, provocando grandes masas vehiculares y generando una ocupación total de la capacidad de aparcamiento. Para evitar ese inconveniente, se implementará un valor porcentual configurable, el cual determinará el momento en que se comenzará a llevar a cabo la acción de control de tráfico.

La implementación de tres semáforos (SMF-01, SMF-02, SMF-03), estratégicamente ubicados en RTND-01, ha demostrado ser una solución efectiva para optimizar el tiempo de evacuación del carril de emergencia dado a que generarán espacios libres de tráfico a lo largo de las calles del complejo, brindando beneficios sustanciales tanto para la circulación vehicular como para la seguridad de los visitantes. Su implementación también reducirá posibles atascos de tráfico causados por vehículos que se encuentren estacionando en la avenida.

En días en los que no se experimente un flujo de automóviles considerable ingresando al complejo, la operación de los semáforos se adaptará para reflejar esta condición específica. Durante estos períodos,

se implementará un modo especial en el que los semáforos permanecerán encendidos en luz amarillo intermitente.

7.1.1 Caso de emergencia dentro de la Isla.

Con el objetivo de brindar asistencia rápida en situaciones de emergencia, se implementará un sistema de bases para llamadas SOS a lo largo de toda la Isla. Estas estarán estratégicamente ubicadas en áreas de acceso público, asegurando que cualquier persona pueda acceder fácilmente en caso de necesidad, proporcionando un medio sencillo y efectivo para solicitar auxilio.

El pulsador único, ubicado en ellas, servirá como un método directo para activar el llamado de auxilio, eliminando cualquier complicación en el proceso. Al presionar el botón, se establecerá automáticamente una conexión con la sala de control, facilitando una respuesta inmediata ante cualquier situación crítica.

El sistema de llamadas SOS estará respaldado por un centro de atención de emergencias, donde un operario capacitado se encargará de gestionar y coordinar la respuesta adecuada a cada situación. Este jugará un papel fundamental en la gestión y resolución del problema. Deberá recopilar la información relevante mediante el diálogo con la persona que llama, obteniendo de esta manera, detalles cruciales para evaluar la magnitud de la emergencia y determinar la respuesta más adecuada.

En un monitor de control, el operario verá un mapa interactivo de la Isla que mostrará una representación mímica de la zona desde la cual se está haciendo la solicitud. Este elemento visual le proporcionará información adicional y le permitirá tener una comprensión más completa del entorno específico de la emergencia. Además, habrá un botón que activará un protocolo específico de liberación de un carril a lo largo de toda la Isla.



Imagen 28 - Monitor presente en la sala de control.

Una vez que se haya evaluado la situación, el operador deberá determinar a qué brigada de emergencia será necesario solicitar y coordinará su desplazamiento hacia la ubicación indicada. La integración de la tecnología y la capacidad de respuesta rápida de quien se encuentre al mando en la sala de control, asegurará una gestión eficiente de cada llamada SOS, maximizando la efectividad de los servicios de emergencia en el predio.

7.1.2 Protocolo de liberación de un carril para el paso del vehículo de emergencia.

La implementación de carteles con tecnología LED tanto en la ciudad como en la Isla del Puerto, representa una medida innovadora para orientar a las personas durante situaciones de emergencia, proporcionando información clara y visible sobre las instrucciones a seguir.

Especialmente en las intersecciones de las calles Defensa Sur y Cochabamba, Juan Domingo Perón e Ingeniero Pereyra, así como en 3 de febrero y Cochabamba, se utilizarán carteles dinámicos para mostrar un símbolo de "prohibido avanzar" o semáforos direccionales en el momento que se active el protocolo. Dicha indicación visual alertará a los conductores y les brindará instrucciones claras sobre la restricción temporal de avanzar en esa dirección específica.

Este enfoque tiene como objetivo evitar la acumulación de automóviles en el camino del vehículo de emergencia (vía marcada en amarillo) y garantizar un paso seguro y eficiente. Para ofrecer opciones de desvíos seguros, los conductores podrán retornar a la ciudad utilizando las calles alternativas de España, Mariano Moreno o José Gervasio Artigas.

La tecnología LED garantiza que estas indicaciones sean visibles tanto de día como de noche, y su uso en intersecciones críticas mejora la capacidad de respuesta de los conductores ante situaciones de emergencia.



Imagen 29 - Protocolo de liberación de carril en la ciudad.

En el punto de ingreso a la rotonda RTND-01, se implementará una estrategia específica de semáforos para optimizar la circulación vehicular. El semáforo SMF-01 estará configurado para mostrar luz verde, permitiendo que, los vehículos que se desplazan desde la calle Defensa Sur, continúen su ruta hacia la calle José Gervasio Artigas manteniéndose así la fluidez del tráfico y evitando interrupciones innecesarias. Simultáneamente, el cartel LED (CTR-03), indicará que, durante el intervalo de tiempo que dure la emergencia, estará prohibido el ingreso a la Isla.



Imagen 30 - Vehículo de Emergencia llegando a la rotonda de acceso a la Isla.

El semáforo SMF-02, tendrá una configuración específica, que incluirá una luz roja que indicará claramente a los conductores que no está permitido dirigirse hacia la Isla en ese momento específico.

Adicionalmente, mostrará una flecha que apunta hacia la derecha, indicando que es posible dirigirse por la calle Defensa Sur, para retornar a la ciudad.

El semáforo SMF-03 permanecerá en rojo, prohibiendo la salida del complejo y balneario.



Imagen 31 - Semáforo SMF - 02. Habilitación hacia calle Defensa Sur.

El cartel CRTI-01 indicará que queda prohibido el ingreso a la Isla y el Balneario mientras se encuentre activo el protocolo de emergencia.

Una vez que el VE haya doblado hacia la calle de ingreso a la Isla, la luz del semáforo SMF-01 pasará a rojo y aquellos conductores que quedaran atrás, deberán esperar hasta que se indique la señal en color verde, al finalizar la tarea de rescate de la brigada.



Imagen 32 - Semáforo SMF - 01. Prohibición de circulación.

La señal luminosa de la flecha que señala el giro hacia la calle Defensa Sur en el semáforo SMF-02 se modificará, prohibiendo la circulación.



Imagen 33 - Semáforo SMF - 02. Prohibición de circulación.

El semáforo SMF-03 cambiará a luz verde a fin de que todos los vehículos que se encontraban saliendo, retornen a la ciudad, liberando el camino de salida a la brigada.



Imagen 34 - Semáforo SMF - 03. Habilitación de circulación.

Los vehículos que se retiran del balneario podrían ser ocasión de demora para el VE que se dirige a asistir a los damnificados. Por tal motivo, quedará prohibida la salida del Balneario mientras perduren las tareas de auxilio.



Imagen 35 - Cartel CTRB - 01. Prohibición de salir del Balneario.

Dentro de la Isla, los visitantes sabrán que hay una emergencia activa al visualizar las balizas prendidas distribuidas a lo largo del complejo.



Imagen 36 - Balizas indicadoras de Isla en emergencia.

Por otra parte, habrá carteles estratégicamente ubicados para dirigir el tráfico de manera eficiente en momentos de crisis. Estos están diseñados con colores llamativos y texto claro, proporcionando instrucciones precisas sobre la ruta de evacuación y las acciones recomendadas. La ubicación de estos carteles permite una rápida orientación, asegurando que los conductores puedan tomar decisiones informadas y seguras. Una vez estacionados, deberán permanecer allí hasta que finalice la emergencia.



Imagen 37 - Cartel informativo en la Isla.

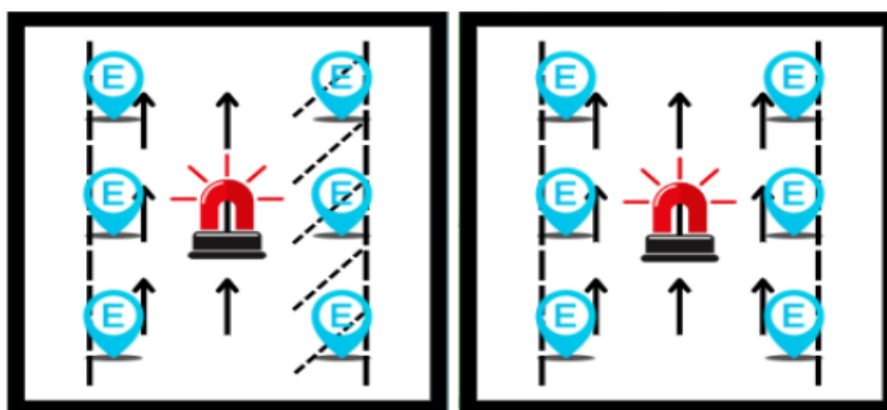


Imagen 38 - Información proyectada en los carteles dentro de la Isla.

Adicionalmente, en la calle que circunda la Isla del Puerto, habrá una señalización específica para identificar el carril que debe ser despejado durante una evacuación de emergencia. Para lograr esto, se seleccionó la letra "E" como símbolo distintivo. Debe ser realizada de manera visible y duradera, utilizando materiales reflectantes para garantizar una visibilidad óptima tanto de día como de noche.

Dicha señalización es parte de un enfoque universalmente comprensible para la señalización de emergencia, permitiendo que tanto los residentes locales como los visitantes comprendan fácilmente la importancia de despejar esos carriles en caso de una situación crítica. Esta medida no solo tiene como objetivo optimizar la eficiencia de la evacuación, sino también educar a la comunidad sobre la importancia de seguir las indicaciones en situaciones de emergencia para garantizar la seguridad colectiva.



Imagen 39 - Indicación de carril de emergencia.

7.2 Especificaciones técnicas

En el siguiente apartado se describen los tipos de comunicación propuestos, los controladores y sensores a utilizar, diagramas de conexión y consideraciones básicas.

7.2.1 Comunicación LoRa

Es un protocolo de modulación inalámbrica diseñado para la transmisión de datos de bajo consumo en redes de área amplia. Basado en la tecnología de modulación de espectro ensanchado (CSS), LoRa (Long Range) se distingue por su capacidad para operar en frecuencias no licenciadas y su habilidad para mantener la conectividad a largas distancias con un consumo de energía mínimo.

Se diseñó un esquema que contará de un Gateway encargado de recibir y transmitir todos los datos con cada uno de los nodos hacia el sistema de control. El Dragino OLG02 soporta hasta 300 nodos con una cobertura de 5 a 10 kilómetros. Necesitará una acometida de 220 VAC para suministrar energía a una fuente transformadora a 12 VDC.

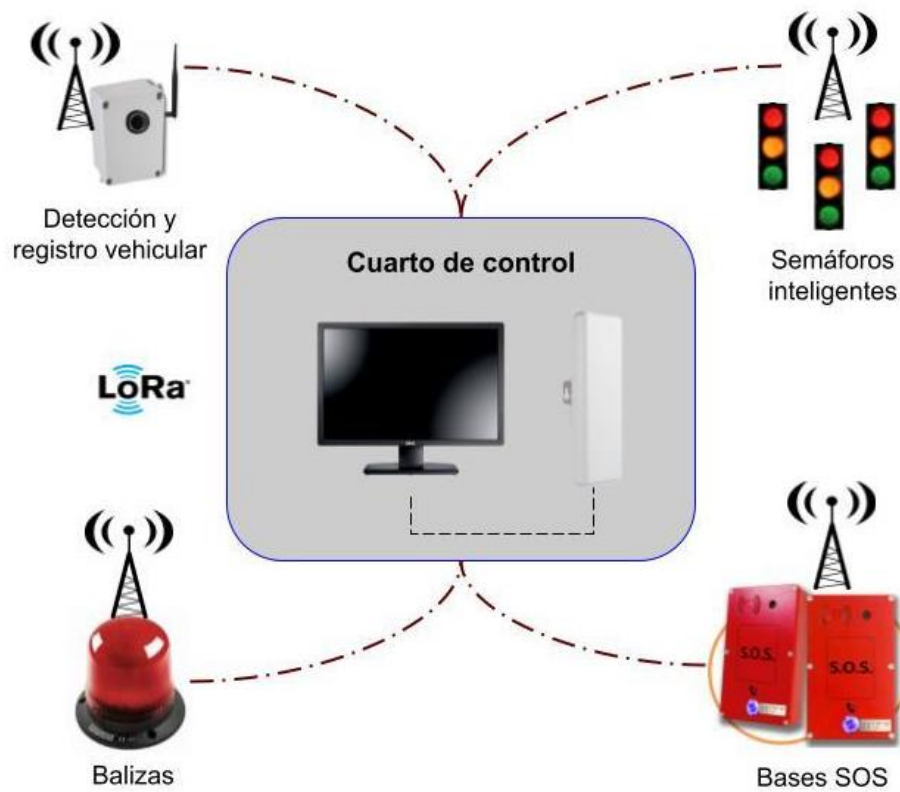


Imagen 40 - Diagrama de comunicación LoRa.

7.2.2 Sistema de registro y detección vehicular

En los prototipos de estudio se utilizaron los sensores ultrasónicos HC-SR04 dado a su buena relación calidad/precio. Estos poseen un rango de 2 a 400 cm, lo que permitió instalar los sensores de ambos lados de la calle sin inconvenientes.

Considerando el entorno donde se situaría el sistema de registro y detección vehicular, fue necesario pensar en sensores resistentes al agua y aptos para realizar mediciones en el exterior.

El sensor ultrasónico JSN-SR04T tiene esas cualidades, contando con un alcance de 20 a 600 cm y con la misma conexión que el codificado HC-SR04.

- VCC (+5V DC)
- TRIG (*Disparo del ultrasonido*)
- ECHO (*Recepción del ultrasonido*)
- GND (0V)

Así mismo, se estudió el uso de microcontroladores Heltec LoRa 32 que le permitirán al sistema una comunicación bidireccional de largo alcance y con bajo consumo de energía.

Componente	Código	Cantidad	Modelo
Microcontrolador	0201	2	Heltec LoRa 32
Antena	0202	2	Antena externa mediante conector I-PEX
Sensor ultrasónico	0203	2	JSN- SR04T
Fuente de alimentación 220 VAC - 5 VDC	0204	2	WX-DC12003
Cables Dupont	0205	8	macho - hembra.
Cables Dupont	0206	12	macho - macho
Bornera divisible	0207	8	borneras para cable 1 mm ²
Caja estanca	0208	2	10 cm x 15 cm de IP 65
Prensa cable	0209	2	Prensa cable medida $\frac{3}{4}$ (5 a 10 mm)
Enchufe macho y cable	0210	2 * 2 m	2 conductores de 1 mm ²

Tabla 7 - Componentes del sistema de registro y detección vehicular.

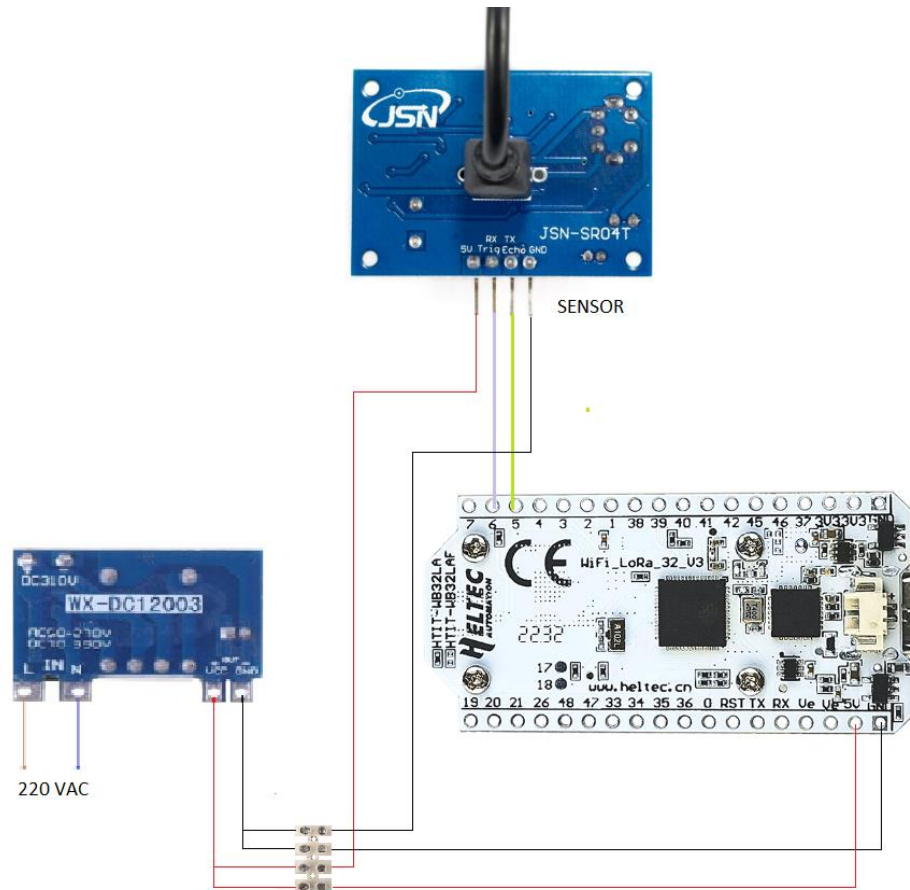


Imagen 41 - Esquema de conexión de sistema de detección vehicular con comunicación LoRa.

Tabla de conexiones	
Sensor JSN - SR04T	Heltec LoRa 32
VCC	5 VDC
TRIG	GPIO12
ECO	GPIO13
GND	GND

Tabla 8 - Conexiones del sistema de registro y detección vehicular.

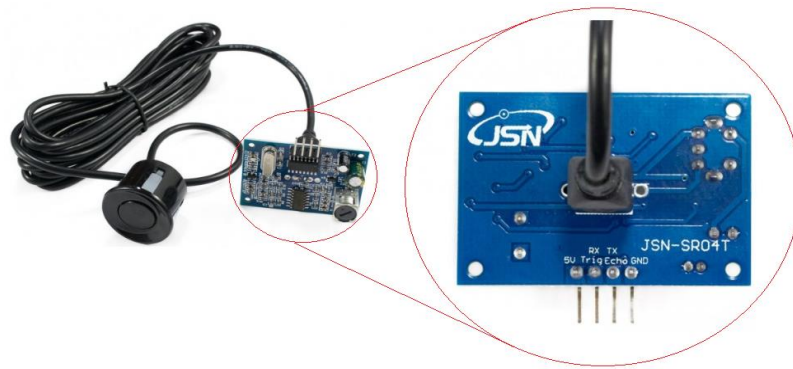


Imagen 42 - Sensor ultrasónico JSN - SR04T.

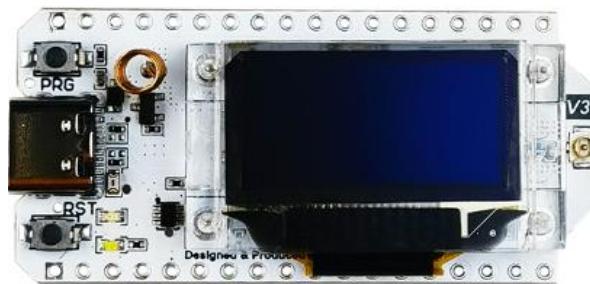


Imagen 43 - Heltec LoRa 32 V3.



Imagen 44 - Antena externa mediante conector I-PEX.



Imagen 45 - Sistema de registro y detección vehicular.

7.2.3 Instalación del sistema de registro y detección vehicular en la Isla del Puerto

Al momento de instalar el sistema mencionado en el apartado anterior en ARC-01, será necesario tener en cuenta los aspectos detallados a continuación, para garantizar un correcto funcionamiento.

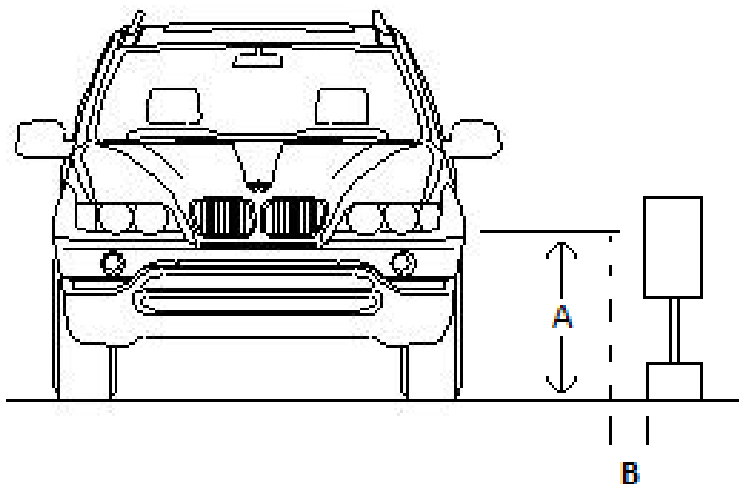


Imagen 46 - Especificaciones de instalación de sensores de registro y detección vehicular.

- a- La altura (A) del sensor respecto al piso no debe ser superior a 70 cm.
- b- Considerar que el sensor posee una zona muerta (B) de 20 cm.
- c- Instalar 4 sensores, para registrar el ingreso y salida de vehículos.
- d- Cada sensor Individual está provisto de un cable alimentador. Habrá que suministrarles 220 VAC.



Imagen 47 - Ubicación gráfica de sensores en el pórtico de entrada.

7.2.4 Detección de cruce de vehículo de emergencia

Una vez que el vehículo de emergencia haya pasado por el semáforo SMF-01, este pasará a rojo indicando la prohibición de seguir avanzando por la calle Defensa Sur o ingresar a la Isla. Esta acción tiene dos propósitos. Por un lado, evitar que los visitantes ingresen mientras esté activo el protocolo de liberación de carril y, por otra parte, liberar el tráfico en RTND-01 con el fin de despejar el camino de salida a la brigada.

Junto al SMF-01 se equipará un sistema de identificación por radiofrecuencia (RFID), que leerá TAGS programados exclusivamente para los vehículos de brigadas de auxilio.

Los lectores Impinj Speedway son lectores fijos RAIN RFID de alto rendimiento que para lograr una detección de hasta 30 metros deben contar con antenas diseñadas específicamente para maximizar el alcance de lectura. Las características a tener en cuenta son una ganancia mayor a 9 dbi y la directividad, ya que si son direccionales pueden concentrar la energía en una dirección específica. Estas consideraciones son esenciales al momento de implementar un lector RFID para aplicaciones viales.

Para procesar el dato de dicho lector, se proveerá la interconexión con el Heltec LoRa 32 ya incluido en el SMF-01. Dicho controlador se comunicará con el lector por medio de señales eléctricas digitales entre ambos.



Imagen 48 - Impinj R700.

La salida digital del lector RFID suministra 5 Vdc. Dado a que los microcontroladores Heltec LoRa sólo admiten 3.3 Vdc en sus entradas, será necesario realizar un circuito para reducir la tensión. Para ello se utilizará un regulador de tensión TL431, una resistencia de 220 ohm, una de 10K ohm y una de 33K ohm.

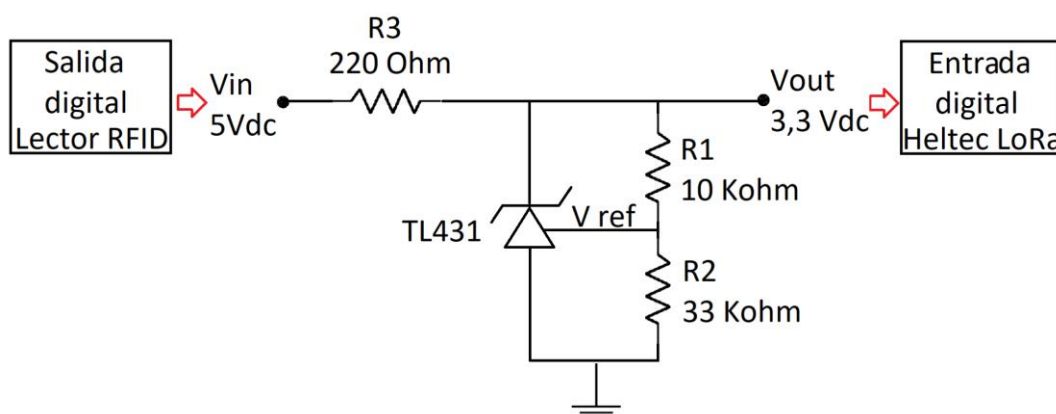


Imagen 49 - Circuito de reducción de tensión.

$$V_{out} = V_{ref} * (1 + (R1/R2))$$

$$V_{ref} = 2,5 Vdc$$

$$V_{out} = 2,5 Vdc * (1 + (10k\ ohm / 33K\ ohm))$$

$$V_{out} = 3,26 Vdc$$

7.2.5 Bases SOS

Distribuidas a lo largo de la Isla, proporcionarán una nueva forma de comunicación con el centro de control, disminuyendo el tiempo de espera ante un siniestro y facilitando la tarea de auxilio.

Instalar las bases en la avenida de forma intercalada cada 250 metros, es una buena manera de generar cobertura en toda el área del complejo, siendo necesario un total de 14 postes. De esta manera, las personas que necesiten del servicio de auxilio no deberán recorrer grandes distancias para lograr acceder a una de ellas.

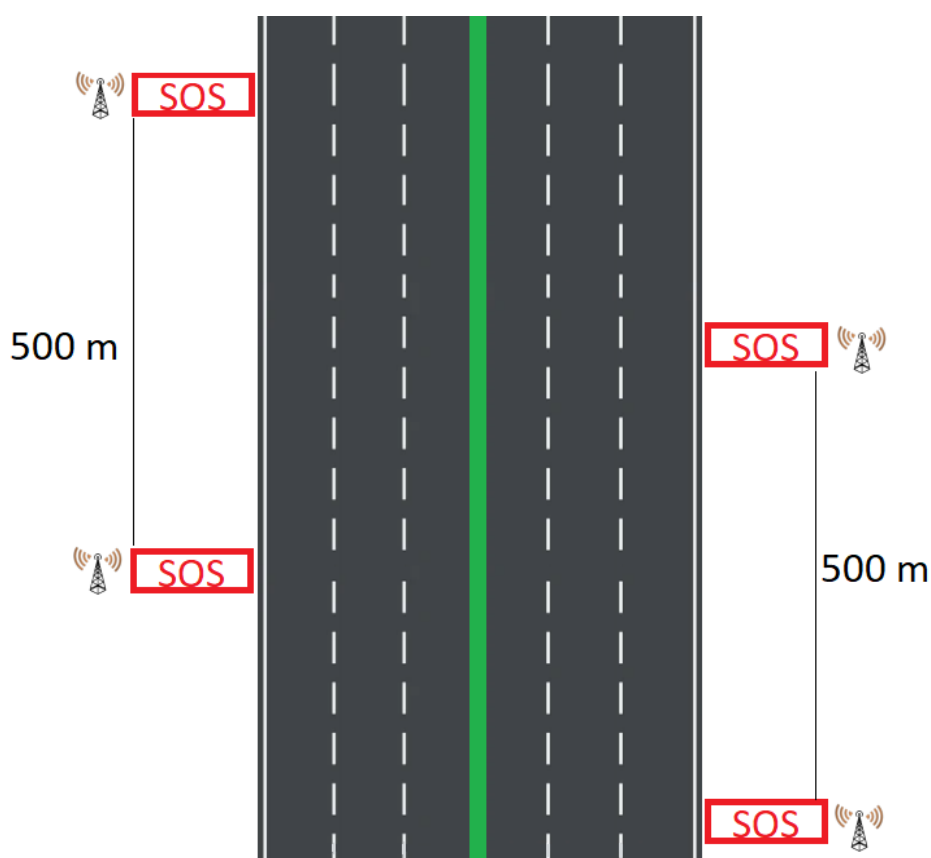


Imagen 50 - Distribución de Bases SOS.

Estas bases deben estar dotadas de un intercomunicador de fácil utilización, para evitar demoras en la comunicación. Su diseño intuitivo contará con un único pulsador de fácil acceso. La simplicidad de esta interfaz permitirá que cualquier usuario, independientemente de su nivel de familiaridad con la tecnología, pueda realizar una llamada de emergencia de manera rápida y efectiva. También contarán con características adicionales para mejorar la eficacia del servicio, tales como la implementación de bandas reflectivas en los postes para la identificación de la estación en horarios nocturnos y un área bien iluminada.



Imagen 51 - Intercomunicador SOS.

Mediante un pulsador antivandálico y un altavoz, las personas pueden comunicarse para pedir auxilio. Estos equipos son intercomunicadores GSM. Las tarjetas GSM de intercomunicación son ideales para sitios donde no se requiere llegar con cableado y permite marcar hasta 10 números preconfigurados mediante el pulsador, si hay una falla en la llamada o no contestan.

Posee conectores de pines para dispositivos externos como teclados, pulsadores, altavoces y lector de tarjetas de proximidad.

En cada punto de instalación será necesaria una acometida de 220 VAC para suministrar energía a una fuente transformadora a 12 VDC de al menos 2 A. En el conector SMA se conecta la antena la cual debe estar a más de 50 cm de distancia de la placa intercomunicadora y normalmente se coloca en lugares altos sin obstáculos.

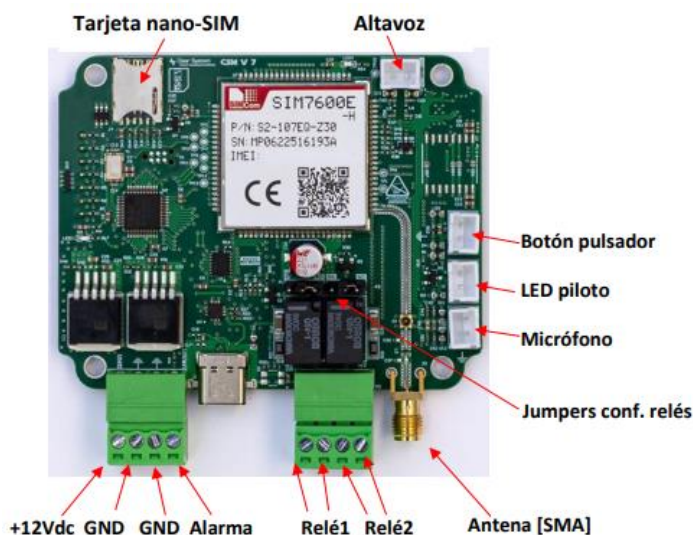


Imagen 52 - Especificaciones de conexiones del módulo GSM.

7.2.6 Semáforos inteligentes

Para regular el tráfico, se hará uso de semáforos inteligentes, que permanecerán en amarillo intermitente cuando haya bajo nivel de vehículos en la Isla o se activarán en caso de que el flujo vehicular aumente. De ocurrir una emergencia, su función será habilitar o prohibir la circulación dependiendo del paso del VE y del evento en cuestión.

Las indicaciones viales estarán compuestas por los tradicionales colores Rojo, Amarillo, Verde (SMF-01 y SMF-03) y se agregará una señal de dirección en SMF-02. El control será realizado mediante un controlador WIFI LoRa 32.



Imagen 53 - Semáforos Led.

Se hará uso de una salida digital del controlador por cada luz Led y cada una de estas activará un relé correspondiente del módulo relé de 4 canales opto acoplados de 5 VDC, 10A.

Cada lámpara individual será protegida con una protección termomagnética y el circuito electrónico contará con un fusible que actuará en caso de que la corriente sea elevada, asegurando la conservación del sistema.

El lugar de instalación deberá contar con una acometida de 220 VAC para suministrar energía eléctrica a cada circuito.

Componente	Código	Cantidad	Modelo
Microcontrolador	0301	1	Heltec LoRa 32
Antena	0302	1	Antena externa mediante conector I-PEX
Fuente de alimentación 220 VAC - 5 VDC	0303	1	WX-DC12003
Cables Dupont	0304	5	macho - hembra.
Cables Dupont	0305	8	macho - macho
Bornera divisible	0306	8	borneras para cable 2.5 mm ²
Termomagnéticas	0307	3	Termomagnéticas unipolares de Clase C 0.5 A
Fusible	0308	1	Fusible 1A
Porta fusible	0309	1	20 mm * 5 mm con tapa PCB
Caja estanca	0310	1	40*30*160 de IP 65
Prensa cable	0311	4	Prensa cable medida $\frac{3}{4}$ (5 a 10 mm)
Cable	0312	8 * 5 m	TPR 3 * 1 mm ²
Pines	0313	14	Pines 1 mm ²
Luz Semáforo Roja	0314	2	12-14 W diámetro 300
Luz Semáforo Amarilla	0315	2	12-14 W diámetro 300

Luz Semáforo Verde	0316	2	12-14 W diámetro 300
--------------------	------	---	----------------------

Tabla 9 - Componentes de semáforo inteligente SMF - 01.

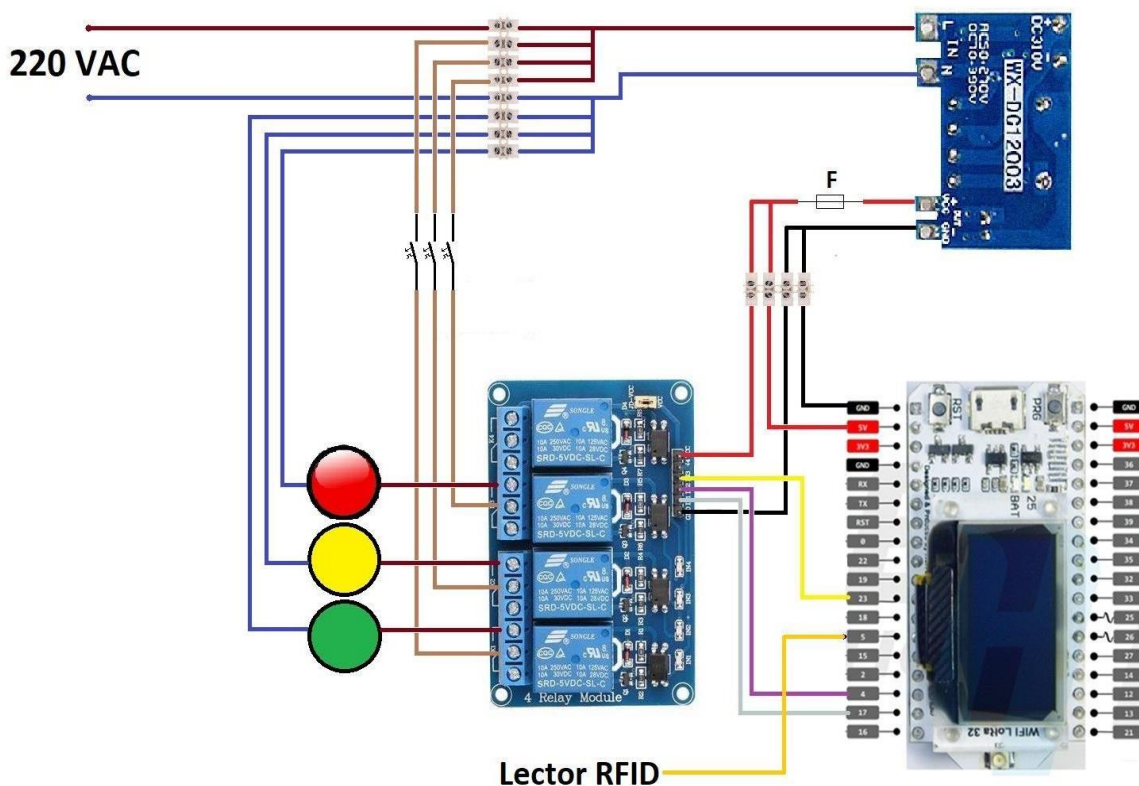


Imagen 54 - Diagrama de conexión SMF - 01.

Tabla de conexiones			
Módulo 4 relés	Heltec LoRa 32	Salida	Entrada
VCC	5 VDC	-	-
IN 1	GPIO 17	Luz verde	-
IN 2	GPIO 04	Luz amarilla	-
IN 3	GPIO 23	Luz roja	-
GND	GND	-	-
	GPIO 47	-	Lector RFID (Impinj R700)

Tabla 10 - Conexiones del semáforo inteligente SMF - 01.

Componente	Código	Cantidad	Modelo
Microcontrolador	0401	1	Heltec LoRa 32
Antena	0402	1	Antena externa mediante conector I-PEX
Fuente de alimentación 220 VAC - 5 VDC	0403	1	WX-DC12003
Cables Dupont	0404	10	macho - hembra.
Cables Dupont	0405	10	macho - macho
Bornera divisible	0406	14	borneras para cable 2.5 mm ²
Termomagnéticas	0407	6	Termomagnéticas unipolares de Clase C 0.5 A
Fusible	0408	1	Fusible 1A
Porta fusible	0409	1	20 mm * 5 mm con tapa PCB
Caja estanca	0410	1	30*30*150 de IP 65
Prensa cable	0411	7	Prensa cable medida ¾ (5 a 10 mm)
Cable	0412	13 *5 m	TPR 3 * 1 mm ²
Pines	0413	26	Pines 1 mm ²
Luz Semáforo Flecha Rojo	0414	2	6-8 W diámetro 300
Luz Semáforo Amarillo	0415	2	12-14 W diámetro 300

Luz Semáforo Flecha Verde.	0416	2	6-8 W diámetro 300
----------------------------	------	---	--------------------

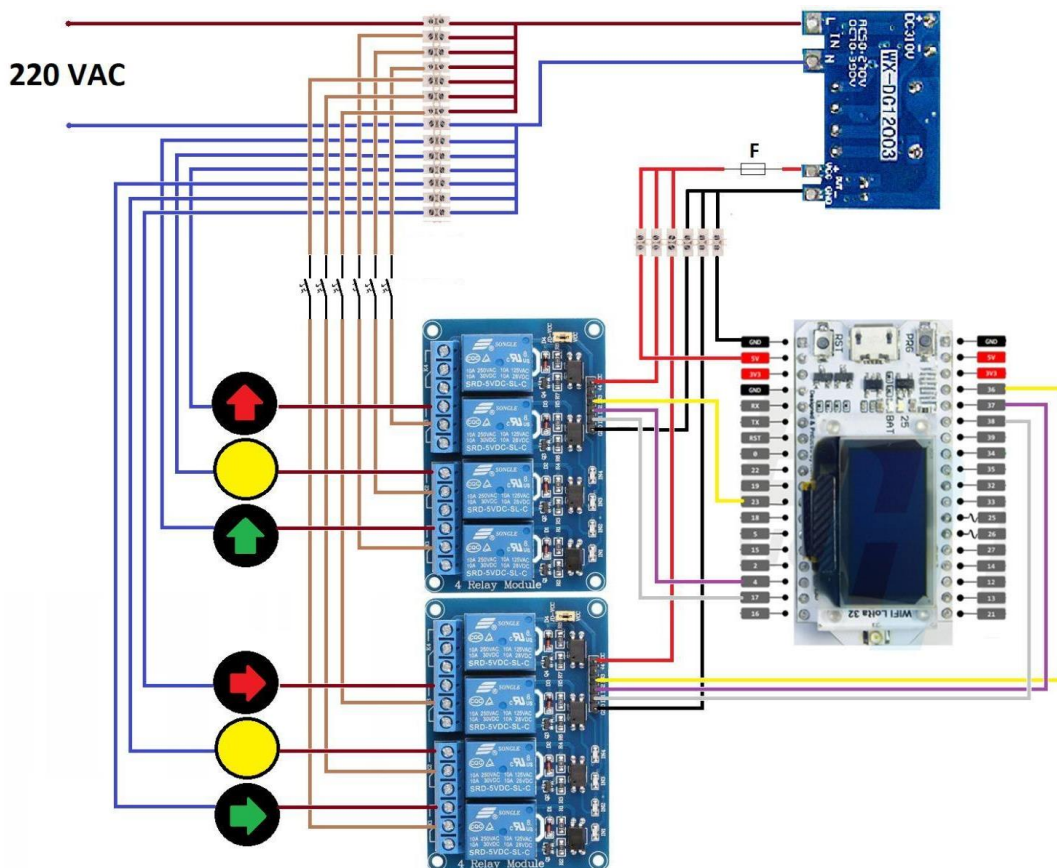


Tabla de conexiones		
Módulo 1 de 4 relés	Heltec LoRa 32	Salida
VCC	5 VDC	-
IN 1	GPIO 17	Luz flecha verde
IN 2	GPIO 04	Luz amarilla
IN 3	GPIO 23	Luz flecha roja

GND	GND	-
Módulo 2 de 4 relés		
VCC	5 VDC	-
IN 1	GPIO 36	Luz flecha verde
IN 2	GPIO 37	Luz amarilla
IN 3	GPIO 38	Luz flecha roja
GND	GND	-

Tabla 12 - Conexiones de semáforo inteligente SMF - 02.

Componente	Código	Cantidad	Modelo
Microcontrolador	0501	1	Heltec LoRa 32
Antena	0502	1	Antena externa mediante conector I-PEX
Fuente de alimentación 220 VAC - 5 VDC	0503	1	WX-DC12003
Cables Dupont	0504	5	macho - hembra.
Cables Dupont	0505	8	macho - macho
Bornera divisible	0506	8	borneras para cable 2.5 mm ²
Termomagnéticas	0507	3	Termomagnéticas unipolares de Clase C 0.5 A
Fusible	0508	1	Fusible 1A
Porta fusible	0509	1	20 mm * 5 mm con tapa PCB
Caja estanca	0510	1	30*30*150 de IP 65
Prensa cable	0511	4	Prensa cable medida $\frac{3}{4}$ (5 a 10 mm)
Cable	0512	8 * 5 m	TPR 3 * 1 mm ²
Pines	0513	14	Pines 1 mm ²
Luz Semáforo Roja	0514	2	12-14 W diámetro 300
Luz Semáforo Amarilla	0515	2	12-14 W diámetro 300

Luz Semáforo Verde	0516	2	12-14 W diámetro 300
--------------------	------	---	----------------------

Tabla 13 - Componentes de semáforo inteligente SMF - 03.

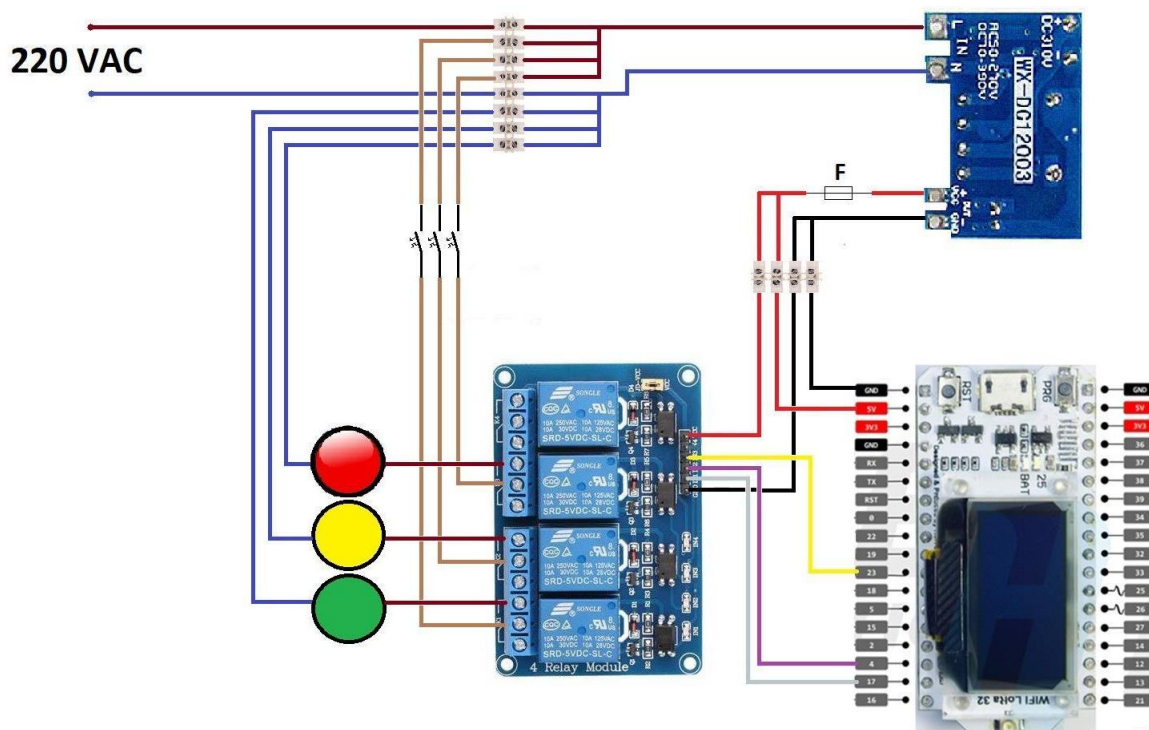


Imagen 56 - Diagrama de conexión SMF - 03.

Tabla de conexiones		
Módulo 4 relés	Heltec LoRa 32	Salida
VCC	5 VDC	-
IN 1	GPIO 17	Luz verde
IN 2	GPIO 04	Luz amarilla
IN 3	GPIO 23	Luz roja
GND	GND	-

Tabla 14 - Conexiones de semáforo inteligente SMF - 03.

7.2.7 Sistema de cartelería

El sistema de cartelería dinámico es una solución tecnológica que permite dar información detallada de las acciones que se deben tomar ante una emergencia, para cumplir con el protocolo de liberación de un carril, como así también brindar datos de interés para los visitantes del complejo.

En cuanto a la instalación, en el mercado se pueden encontrar módulos de 96 cm x 96 cm o de 64 cm x 64 cm. Estos son vinculables, es decir se unen unos con otros para formar el tamaño de pantalla que se desee, con conectores estancos que distribuyen la energía y el video para cada uno.

Por otro lado, existen distintos tamaños de los leds que la conforman, mientras más chicos, se obtiene mayor calidad de imagen. Estos van desde 4 a 10 milímetros y para esta aplicación, se utilizarán los de 6,66 mm los cuales tienen una distancia visual óptima de 5/100 metros.

Cuentan con un grado de protección IP65 en el frente e IP54 en la parte posterior. Tanto el gabinete como los conectores están fabricados con materiales aptos para la intemperie y con protección ultravioleta, lo cual asegura una vida útil superior a las 100.000 horas.

En las recomendaciones indicadas por el fabricante se encuentran que el cartel debe estar a 3,5 metros de altura como mínimo y en esa circunstancia, el mínimo tamaño de pantalla debe ser 2 metros * 1 metro. Es decir, dos paneles de las dimensiones mencionadas.



Imagen 57 - Paneles pantalla Led.

La controladora posee un puerto RJ-45 el cual nos permitirá establecer una comunicación LAN y a su vez, mediante protocolo UDP, se controlará el contenido a mostrar a los visitantes.

Dicha comunicación se establecerá por medio de un enlace Ethernet punto a multipunto, tomando como punto la sala de operaciones hacia cada uno de los paneles Leds.

Como medio de transmisión se utilizarán antenas TP-Link CPE de Exterior de 9 dBi en 2.4GHz a 300Mbps que son direccionales, con una potencia de transmisión ajustable para transmisiones inalámbricas de largo alcance de más de 5 km.



Imagen 58 - Antena TP-Link.

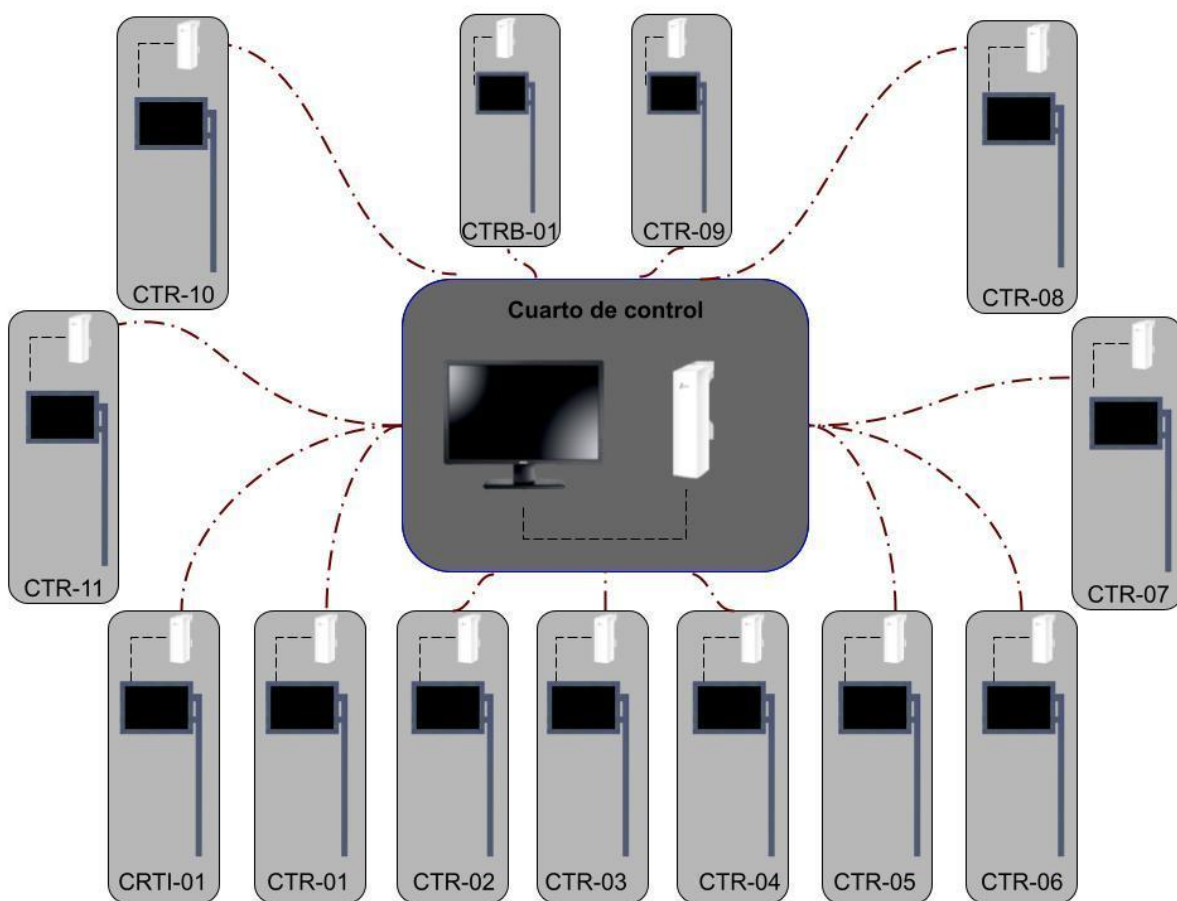


Imagen 59 - Diagrama de red.

7.2.8 Sistema de balizas

Colocar balizas a lo largo de la Isla es incorporar otro método de advertencia para los visitantes. Si están activas, demostrarán que el lugar se encuentra en estado de emergencia y que se está llevando a cabo el despeje de carril para el paso de los VE. Quienes posean un vehículo estacionado no podrán circular hasta que las balizas se apaguen.

La baliza intermitente LED de 120 mm Emas IT120R220 son un buen ejemplo aplicable para tal fin. Son resistentes al agua, el calor, el polvo, los rayos UV. Está construida de plástico ignífugo con una lente de policarbonato roja y no posee piezas móviles, dejándola libre de desgaste mecánico. Poseen 8 efectos de flash diferentes (selección: DIP Switch)



Imagen 60 - Balizas.

Componente	Código	Cantidad	Modelo
Microcontrolador	0501	1	Heltec LoRa 32
Antena	0502	1	Antena externa mediante conector I-PEX
Fuente de alimentación 220 VAC - 5 VDC	0503	1	WX-DC12003
Balizas	0504	2	Emas IT120R220 3.4W
Cables Dupont	0505	6	macho - hembra.
Cables Dupont	0506	10	macho - macho
Bornera divisible	0507	6	borneras para cable 1 mm2
Termomagnéticas	0508	2	Termomagnéticas unipolares de Clase C 0.5 A
Fusible	0509	1	Fusible 1A
Porta fusible	0510	1	20 mm * 5 mm con tapa PCB
Caja estanca	0511	1	30*30*150 de IP 65
Prensa cable	0512	2	Prensa cable medida ¾ (5 a 10 mm)
Cable	0513	2 * 1 m	TPR 3 * 1 mm2
Pines	0514	10	Pines 1 mm2

Tabla 15 - Componentes de sistema de Balizas.

La tabla descrita anteriormente corresponde a una sola instalación de balizas. Si se ubican cada 50 metros, serán necesarios 68 tableros con las mismas características constructivas.

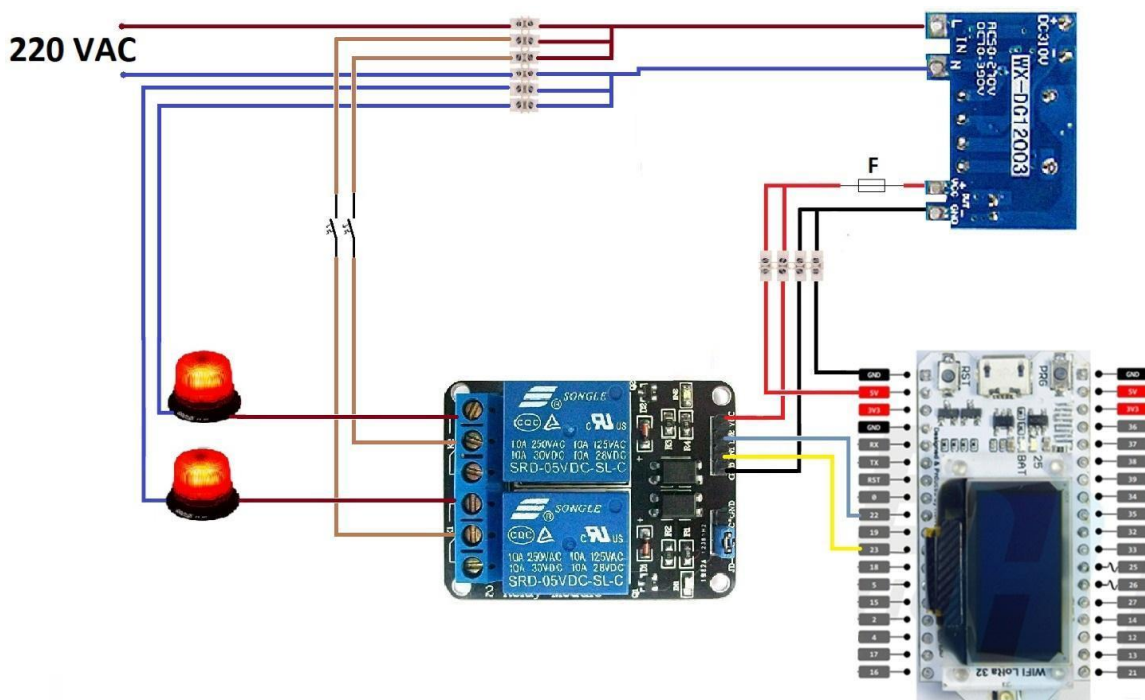


Imagen 61 - Diagrama de conexión de balizas.

Tabla de conexiones		
Módulo de 2 relés	Heltec LoRa 32	Salida
VCC	5 VDC	-
IN 1	GPIO 23	Baliza 1
IN 2	GPIO 22	Baliza 2
GND	GND	-

Tabla 16 - Conexiones de Balizas.

8. CONCLUSIÓN

En este proyecto, hemos explorado la problemática de la congestión vehicular en la Isla del Puerto de Concepción del Uruguay y su impacto en la seguridad y la movilidad, especialmente en situaciones de emergencia. Nuestra investigación destaca la importancia de implementar soluciones efectivas para facilitar la evacuación rápida y segura en caso de siniestros.

Para abordar este desafío, hemos desarrollado un sistema de conteo vehicular que registra los ingresos y egresos de la Isla, utilizando tecnología de bajo costo pero de alto rendimiento. Esta herramienta nos permite recopilar datos precisos sobre el flujo vehicular, los cuales son almacenados en una base de datos para generar diversos tipos de informes y análisis. Proponemos además la implementación de un sistema de gestión del tráfico adaptado a las necesidades específicas de la isla, con el fin de mejorar la fluidez vehicular y garantizar una respuesta eficiente de los servicios de emergencia.

En conclusión, nuestro trabajo ofrece una visión integral de los desafíos de la conglomeración vehicular y propone soluciones prácticas para mejorar la movilidad y la seguridad en la Isla, lo cuales son replicables a áreas similares.

9. MEMORIAS

9.1 Investigación.

"La investigación es un conjunto de procesos sistemáticos, críticos y empíricos que se aplican al estudio de un fenómeno o problema. [...] El enfoque cuantitativo utiliza la recolección de datos para probar hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico, con el fin establecer pautas de comportamiento y probar teorías". [8]

"La investigación aplicada "busca la generación de conocimiento con aplicación directa a los problemas de la sociedad o el sector productivo. Esta se basa fundamentalmente en los hallazgos tecnológicos de la investigación básica, ocupándose del proceso de enlace entre la teoría y el producto". [9]

9.2 Población de estudio.

"La población de estudio es un conjunto de casos, definido, limitado y accesible, que formará el referente para la elección de la muestra, y que cumple con una serie de criterios predeterminados". [10]

9.3 ¿Qué es un sistema de evacuación?

Al hablar de un sistema de evacuación se está haciendo referencia a la organización y procedimientos que se llevan a cabo para que las personas que se encuentran amenazadas por una situación de peligro de incendio o accidente protejan su vida e integridad física, mediante un desplazamiento, hasta llegar a lugares de menor riesgo.

Es trascendental mantener la calma y el orden para responder al tipo de emergencia que se plantee.

9.4 Grupos de emergencia.

Los grupos de emergencia están formados por personas que se encuentran debidamente capacitadas y entrenadas para actuar antes, en el transcurso y después de ocurrida una emergencia. Se los denomina también brigada de emergencia.

9.5. Señalización.

Señales de Prohibición: Aquellas que expresan que no se puede realizar alguna acción en una vía o lugar, por seguridad, orden o respeto. Su forma es redonda, con borde rojo y fondo blanco, excepto la de prohibido el paso, que es toda roja con una franja blanca, y las de estacionamiento, que son azules con texto blanco.

Algunas señales de prohibición pueden tener un texto opcional que aclare la prohibición, como el horario, la distancia, el motivo, etc.

El pictograma negro en el centro muestra lo que está prohibido, como adelantar, girar, circular con cierto peso o tamaño, entre otras cosas.

La señal de prohibición dura hasta que se indique lo contrario. Por eso también es habitual ver señales de fin de prohibición o restricción. Son redondas y de color blanco con el interior con un mensaje en gris y con cinco líneas negras en diagonal en nuestro país. En otros lugares puede variar el número de bandas negras.

Señales de advertencia: tienen la finalidad de alertar posibles riesgos o peligros en la vía pública o en lugares de trabajo. Pueden indicar obligación, prohibición, precaución, emergencia, evacuación, incendio, etc. Deben estar bien visibles, iluminadas, limpias y en buen estado para cumplir su función. El cumplimiento de las señalizaciones garantiza la seguridad propia y la de los demás.

Señales de obligación: Cómo su nombre lo indica, indican obligación a realizar un determinado comportamiento. Su forma debe ser redonda, con el pictograma blanco sobre un fondo azul.

Señales de evacuación y emergencia: proporcionan indicaciones relativas a las salidas de evacuación, primeros auxilios o a dispositivos de salvamento.

Deben estar compuestas por un fondo verde y los símbolos o palabras de color blanco, además tienen que ser fotoluminiscentes para casos de corte de suministro eléctrico y no contar con las necesarias condiciones de iluminación, además de realizarse un mantenimiento anual de las mismas.

Señales de equipos contra incendios: son en forma de panel, o luminosas, nos indican la situación de alguno de los dispositivos no automáticos de extinción de incendios presentes en el lugar. Las señales relativas a los equipos de lucha contra incendios tienen forma rectangular o cuadrada, y presentan un pictograma blanco sobre fondo rojo.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] [Primeros auxilios en situaciones de emergencia | Argentina.gob.ar](#)
- [2] Santiago Sánchez (2020) [Más congestión, menos tiempo de respuesta ante emergencias - Moviliblog \(iadb.org\)](#)
- [3] [Ley N° 24.449 \(Ley Nacional de Tránsito y Seguridad Vial\)](#)
- [4] [Símbolos y Pictogramas: Señalización de Seguridad - Blog Construmatica](#)
- [5] [En una importante avenida porteña colocarán semáforos que se adaptarán al flujo de vehículos - LA NACION.](#)
- [6] [Ya funciona el primer semáforo inteligente de Pilar](#)
- [7] [Un sistema para priorizar el paso de los vehículos de emergencia en ciudad - TecnoCarreteras](#)
- [8] Hernández, Fernández & Baptista (2014). “Metodología de la investigación”. Sexta edición.
- [9] José Lozada (2014) Revista de divulgación científica de la Universidad Tecnológica Indoamérica. Vol 3. N°1. [Investigación Aplicada: Definición, Propiedad Intelectual e Industria](#)
- [10] Arias-Gómez; Villasís-Keeverl; Miranda Novales (2016) “El protocolo de investigación III: la población de estudio”. [El protocolo de investigación III: la población de estudio](#)

ENLACES DE CONSULTA.

Emergencia y evacuación.

[Definición de emergencia - Qué es, Significado y Concepto](#)

[Tipos de evacuación](#)

[Doce reglas para saber qué hacer ante un accidente \(clarin.com\)](#)

Señalización vial.

[Tipos de señalética \(ejemplos.net\)](#)

[Sistema de Señalización Vial Uniforme](#)

Bases SOS.

<https://www.cisersystem.es/intercomunicadores-gsm/>

<https://www.inventable.eu/2013/11/15/sistema-fotovoltaico-simplificado/>

<https://at.sofexamericas.com/resumen/2019/p9.pdf>

<https://www.panphone.es/wp-content/uploads/2021/04/Manual-PANPHONE-GSM-4G-LTE-ES.pdf>

GSM en Argentina.

https://www.enacom.gob.ar/tecnologia-y-equipos_p93

Heltec LoRa 32 v3.

<https://heltec.org/project/wifi-lora-32-v3/>

Pinout Heltec LoRa 32 v3.

[https://resource.heltec.cn/download/WiFi_LoRa_32_V3/HTIT-WB32LA\(F\)_V3.png](https://resource.heltec.cn/download/WiFi_LoRa_32_V3/HTIT-WB32LA(F)_V3.png)

Gateway LoRa.

<https://www.dragino.com/products/lora-lorawan-gateway/item/136-olg02.html>

Semáforos Led.

<https://www.bael.com.ar/producto/vial/>

Sensor JSN-SR04T.

<https://naylampmechatronics.com/img/cms/Datasheets/JSN-SR04T-2-0.pdf>

Datasheet Impinj R700.

[Datasheet Impinj R700](#)

SIGLAS Y ACRÓNIMOS

Sigla/Acrónimos	Descripción
RTND-01	Rotonda de acceso. Ubicada sobre la defensa sur. Une las calles Juan Domingo Perón, José Gervasio Artigas, Calle Defensa Sur, entrada al Balneario e Isla del Puerto.
CRTI-01	Cartel prohibición de ingreso a la Isla del Puerto.
CTRB-01	Cartel de información en tiempo real ubicado en la calle de salida del Balneario.
CTR-01	Cartel de información en tiempo real ubicado en las intersecciones de Defensa Sur y Cochabamba.
CTR-02	Cartel de información en tiempo real ubicado en las intersecciones de Juan Domingo Perón e Ing. Pereyra.
CTR-03	Cartel de información en tiempo real ubicado en Defensa Sur, próximo a la rotonda RTND-01.
CTR-04	Cartel de información en tiempo real ubicado en la Isla del Puerto, entrada sector C.
CTR-05	Cartel de información en tiempo real ubicado en la Isla del Puerto, salida sector C.
CTR-06	Cartel de información en tiempo real ubicado en la Playa Isla del Puerto entrada.
CTR-07	Cartel de información en tiempo real ubicado en la Playa Isla del Puerto salida.
CTR-08	Cartel de información en tiempo real ubicado en la Playa Isla del Puerto - Centro entrada.
CTR-09	Cartel de información en tiempo real ubicado en la Playa Isla del Puerto - Centro salida.
CTR-10	Cartel de información en tiempo real ubicado en la Rotonda Final de la Isla del Puerto, entrada.

CTR-11	Cartel de información en tiempo real ubicado en la Rotonda Final de la Isla del Puerto, salida.
SMF-01	Semáforo inteligente ubicado en Calle Defensa Sur.
SMF-02	Semáforo inteligente ubicado en Juan Domingo Perón.
SMF-03	Semáforo inteligente ubicado en la calle de salida de la Isla.
ARC-01	Arco simbólico de ingreso, ubicado posterior al paso del puente.
VE	Vehículo de Emergencia.
SOS	Señal de socorro utilizada mundialmente que permite solicitar ayuda a través de algún medio de comunicación.
UPS	Abreviación del inglés Uninterruptible Power Supply, en español Sistema de Alimentación Ininterrumpida.
GSM	Sistema Global de Comunicaciones Móviles. En América se utiliza 850 - 1900 MHz.

ÍNDICE DE IMÁGENES.

Imagen 1. Magnetómetros sobre la cinta asfáltica.....	9
Imagen 2. Semáforo inteligente instalado en Pilar.....	9
Imagen 3. Opticom Multimode Traffic Signal Priority Control System.....	10
Imagen 4. Medición de distancia total de la Isla con aplicación móvil.....	13
Imagen 5. Sectorizado de la Isla del Puerto.....	14
Imagen 6. Grupos 1,2 y 3 de estacionamientos en 45°.....	14
Imagen 7. Grupos 4, 5, 6, 7, 8, 9 y 10 de estacionamientos en 45°.....	15
Imagen 8. Grupos 11 y 12 de estacionamientos en 45°.....	15
Imagen 9. Medición de distancia total de un grupo de estacionamientos a 45°.....	15
Imagen 10. Medición de distancia de un estacionamiento individual a 45°.....	16
Imagen 11. Medición de distancia de estacionamientos lineales.....	17
Imagen 12. Sistema de detección vehicular. Medición de distancia entre sensores.....	18
Imagen 13. Sistema de detección vehicular. Detección de automóviles y motos.....	18
Imagen 14. Esquema de conexión primer ensayo.....	20
Imagen 15. Prueba experimental del primer ensayo.	21
Imagen 16. Resultados obtenidos del primer ensayo.....	21
Imagen 17. Esquema de conexión segundo ensayo.....	22
Imagen 18. ESP8266 WIFI con Wemos D1 Mini.....	23
Imagen 19. Sensor ultrasónico HC-SR04.....	23
Imagen 20. Fuente de alimentación 220 VAC a 5 VDC WX-DC12003.....	23
Imagen 21. Sensores de detención vehicular.....	24
Imagen 22. Pruebas en campo del segundo ensayo.....	24
Imagen 23. Resultados del segundo ensayo.....	25
Imagen 24. Ubicación geográfica de carteles en la ciudad.....	26
Imagen 25. Ubicación geográfica de carteles en la Isla. Sector C.....	27
Imagen 26. Ubicación geográfica de carteles en la Isla. Sectores D, E y F.....	27
Imagen 27. Ubicación geográfica de semáforos inteligentes.....	28
Imagen 28. Monitor presente en la sala de control.....	29
Imagen 29. Protocolo de liberación de carril en la ciudad.....	30
Imagen 30. Vehículo de Emergencia llegando a la rotonda de acceso a la Isla.....	31
Imagen 31. Semáforo SMF - 02. Habilitación hacia calle Defensa Sur.....	32

Imagen 32. Semáforo SMF - 01. Prohibición de circulación.....	32
Imagen 33. Semáforo SMF - 02. Prohibición de circulación.....	33
Imagen 34. Semáforo SMF - 03. Habilitación de circulación.....	34
Imagen 35. Cartel CTRB - 01. Prohibición de salir del Balneario.....	34
Imagen 36. Balizas indicadoras de Isla en emergencia.....	34
Imagen 37. Cartel informativo en la Isla.	35
Imagen 38. Información proyectada en los carteles dentro de la Isla.....	35
Imagen 39. Indicación de carril de emergencia.....	36
Imagen 40. Diagrama de comunicación LoRa.....	37
Imagen 41. Esquema de conexión de sistema de detección vehicular con comunicación LoRa.....	39
Imagen 42. Sensor ultrasónico JSN - SR04T.....	40
Imagen 43. Heltec LoRa 32 V3.....	40
Imagen 44. Antena externa mediante conector I-PEX.	40
Imagen 45. Sistema de registro y detección vehicular.	41
Imagen 46. Especificaciones de instalación de sensores de registro y detección vehicular.....	41
Imagen 47. Ubicación gráfica de sensores en el pórtico de entrada.....	42
Imagen 48. Impinj R700.....	43
Imagen 49. Circuito de reducción de tensión.....	43
Imagen 50. Distribución de Bases SOS.....	44
Imagen 51. Intercomunicador SOS.....	45
Imagen 52. Especificaciones de conexiones del módulo GSM.	45
Imagen 53. Semáforos Led.....	46
Imagen 54. Diagrama de conexión SMF - 01.....	48
Imagen 55. Diagrama de conexión SMF - 02.....	50
Imagen 56. Diagrama de conexión SMF - 03.....	53
Imagen 57. Paneles pantalla Led.....	54
Imagen 58. Antena TP-Link.....	55
Imagen 59. Diagrama de red.....	55
Imagen 60. Balizas.....	56
Imagen 61. Diagrama de conexión de balizas.....	58

ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla 1. Planificación de tareas y herramientas.....	13
Tabla 2. Cálculo de estacionamientos a 45°.....	17
Tabla 3. Componentes del primer ensayo.....	19
Tabla 4. Conexiones del primer ensayo.....	20
Tabla 5. Componentes del segundo ensayo.....	22
Tabla 6. Conexiones del segundo ensayo.....	23
Tabla 7. Componentes del sistema de registro y detección vehicular.....	38
Tabla 8. Conexiones del sistema de registro y detección vehicular.....	39
Tabla 9. Componentes de semáforo inteligente SMF - 01.....	48
Tabla 10. Conexiones del semáforo inteligente SMF - 01.....	48
Tabla 11. Componentes de semáforo inteligente SMF - 02.....	50
Tabla 12. Conexiones de semáforo inteligente SMF - 02.....	51
Tabla 13. Componentes de semáforo inteligente SMF - 03.....	53
Tabla 14. Conexiones de semáforo inteligente SMF - 03.....	53
Tabla 15. Componentes de sistema de Balizas.....	57
Tabla 16. Conexiones de Balizas.....	58