

UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA

Ingeniería Electrónica.

Proyecto de graduación para optar por el grado académico de
Bachiller en Ingeniería Electrónica.

SISTEMA DE SEÑALIZACIÓN PREVENTIVA DE ACCIDENTES EN
LOS CRUCES DEL FERROCARRIL PARA PERSONAS NO
VIDENTES O CON PÉRDIDA DE AUDICIÓN.

Estudiante

Wagner Mauricio Rodríguez Gómez

Tutor

Mauricio Daniel Armas Sandi

2017

CONTENIDO

CONTENIDO	2
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	7
ÍNDICE DE TABLAS.....	11
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	12
ABREVIATURAS.....	14
CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	15
1.1 INTRODUCCIÓN al tema del proyecto	16
1.2 Justificación del problema	17
1.3 Definición del problema.....	20
1.4 Objetivos	21
1.4.1 Objetivo general.....	21
1.4.2 Objetivos específicos	21
1.5 ALCANCES Y LIMITACIONES	22
1.5.1 Alcances	22
1.5.2 Limitaciones.....	23
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	25
2.1 Marco Conceptual	26
2.1.1 Sistema Electrónico a lazo abierto.....	26

	3
2.1.2 Microcontrolador	27
2.1.3 Arduino	27
2.1.4 Magnetismo	28
2.1.5 Radiofrecuencia	31
2.1.6 HTML5	36
2.1.7 Servidor Web	38
2.2 Marco de gestión de proyecto	41
2.2.1 Servo Motor SG90	41
2.2.2 Arduino Nano	43
2.2.3 Arduino Mega.....	48
2.2.4 Modulo DFPlayer – Mini Mp3 player	50
2.2.5 Sensores Magnetic Hall	52
2.2.6 Módulos RF 433 MHz	60
2.2.7 Arduino Shield 2 GSM	64
2.2.8 NeoPixel Stick.....	68
2.3 Marco conceptual de impacto	71
2.3.1 Función principal del sistema ferroviario.....	71
2.3.1 Qué se entiende por señalización por señalización ferroviaria	71

2.3.3 Sistemas de semáforos en cruces con ferrocarril y señalización ferroviaria vigente en Costa Rica:.....	72
2.4 Antecedentes teóricos o de concepto	76
CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO.....	77
3.1 Tipo y enfoque de la investigación	78
3.1.1 Finalidad	78
3.1.2 Dimensión Temporal.....	78
3.1.3 Marco.....	79
3.1.4 Naturaleza	79
3.1.5 Carácter	79
3.2 Fuentes y sujetos de información.....	80
3.2.1 Fuentes Secundarias.....	80
3.3 Técnicas y herramientas de recolección de datos	80
3.3.1 Encuesta señalización en cruces del Tren.....	81
3.3.2 Los resultados obtenidos de la encuesta se muestran a continuación: .	84
3.4 Variables de investigación.....	91
3.5 Diseño de la investigación.....	95
CAPÍTULO IV.Diagnóstico	97
4.1 Determinar la situación actual (diagnostico, causas, cuantificación).....	98

4.1.1 Sistema Ferroviario.....	98
4.1.2 Puntos recurrentes durante el año pasado.	100
4.1.3 Colisiones por ruta.....	102
4.1.4 Estándar Europeo que rige la señalización en cruces del ferrocarril. ...	108
4.1.5 Discapacidad en Costa Rica.....	121
4.1.6 Censo Nacional 2011.....	126
4.1.7 Ley de igualdad de oportunidades para las personas con discapacidad 7600 Publicada en La Gaceta N° 102 de 29 mayo de 1996.....	130
4.1.8 Patronato Nacional de Ciegos (PANACI).....	131
4.1.9 Asociación Nacional de Sordos (ANASCOR)	132
4.1.9.1 Tiene los siguientes objetivos:	133
CAPÍTULO V. PROPUESTA DE PROYECTO	134
5.1 Diseño.....	135
5.2 Prototipo.....	139
5.3 Depuración y resultados.....	148
5.4 Análisis de costos	150
CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES DEL PROYECTO .	158
6.1 Conclusiones.....	159
6.2 Recomendaciones	160

CAPÍTULO. VII APÉNDICES Y ANEXOS 162

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA..... 168

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Diagrama de bloque de un Sistema Electrónico (A lazo Abierto).....	26
Ilustración 2. Microcontrolador ATmega328P.....	27
Ilustración 3. Forma de las líneas del campo magnético.....	29
Ilustración 4. Sistema de Efecto-Hall general.....	30
Ilustración 5. Ondas Electromagnéticas.....	31
Ilustración 6. Parámetros Onda Electromagnéticas.....	32
Ilustración 7. Espectro Electromagnético.....	34
Ilustración 8. Espectro Electromagnético.....	34
Ilustración 9. Espectro Electromagnético: Nomenclatura.....	35
Ilustración 10. Interfaz de Inicio página web.....	37
Ilustración 11. Interfaz de phpMyAdmin.....	40
Ilustración 12. Servo Motor Dimensiones y especificaciones.....	42
Ilustración 13. Arduino Nano.....	43
Ilustración 14. <i>Especificaciones Técnicas</i>	46
Ilustración 15. <i>Información de pines</i>	47
Ilustración 16. <i>Arduino Mega 2560</i>	48
Ilustración 17. Módulo DFPlayer – Mini Mp3 player.....	50
Ilustración 18. Sensor Efecto Hall.....	52

Ilustración 19. Modo “Head-on” unipolar	53
Ilustración 20. Modo “Slide-by” unipolar	54
Ilustración 21. Modo “Slide-by” bipolar (1).....	55
Ilustración 22. Modo “Slide-by” bipolar (2).....	56
Ilustración 23. Modo “Slide-by” bipolar (3).....	57
Ilustración 24. Modo “Slide-by” bipolar (imán de anillo).....	58
Ilustración 25. Sensor Magnetic Hall Sensor Module	59
Ilustración 26. Módulos RF 433 MHz	60
Ilustración 27. Características técnicas Módulos RF 433 MHz.....	61
Ilustración 28. Pinouts TX Módulo 433 MHz.....	62
Ilustración 29. Pinouts RX Módulo 433 MHz	62
Ilustración 30. Diseños Esquemáticos Módulos 433 MHz	63
Ilustración 31. Shield GSM para Arduino.....	64
Ilustración 32. Pin Out Arduino Shield 2 GSM.....	65
Ilustración 33. NeoPixel Stick	68
Ilustración 34. 5050 RGB LED	69
Ilustración 35. Configuración de Pines 5050 RGB	69
Ilustración 36. Características técnicas 5050 RGB	70
Ilustración 37. Especificaciones Optoelectrónica 5050 RGB.....	70

Ilustración 38. Disposición de las barreras para la aproximación de trenes	74
Ilustración 39. Disposición de las barreras para indicar la aproximación de trenes	75
Ilustración 40. Puntos recurrentes de Accidentes contra el tren.....	100
Ilustración 41. Luces y agujas en el sector de la Sabana.....	104
Ilustración 42. COLOCACIÓN DE LOS ELEMENTOS CONECTADOS AL CONTROL.....	114
Ilustración 43. Campana intersecciones de Ferrocarriles.....	115
Ilustración 44. Detectores de Activación y Desactivación.....	119
Ilustración 45. Diagrama de bloques de sistema electrónico.....	135
Ilustración 46. Diagrama Eléctrico sistema de detección del tren, Punto A y Punto B.	139
Ilustración 47. Diagrama Eléctrico sistema de señalización.....	140
Ilustración 48. Diagrama programación de control del sistema.	141
Ilustración 49. Croquis del Sistema Electrónico.	144
Ilustración 50. Diagrama de flujo, programación del sistema de detención y envío de datos.....	145
Ilustración 51. Diagrama de flujo, programación de la pantalla LCD.....	146
Ilustración 52. Diagrama de flujo, programación del Shield Arduino GSM	147
Ilustración 53. Diagrama de sistemas desarrollados por el MOPT.....	152

Ilustración 54. Interfaz de la página de consulta oficial del sistema electrónico de señalización.....	163
Ilustración 55. Datos almacenados en la base de datos.	164
Ilustración 56. Inclusión de librerías para Plataforma Arduino.....	165
Ilustración 57. Apartado de definición de variables.	166
Ilustración 58. Void Set up, programación.....	167

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Variables de investigación	91
Tabla 2. Reportes de incidencias del Tren en el GAM	99
Tabla 3. Conexión de las salidas de control.....	116
Tabla 4. Conexión de las entradas del control	117
Tabla 5. Totalidad de instituciones públicas por posición según el puntaje obtenido	124
Tabla 6. Costa Rica: población con discapacidad según sexo (Censo Nacional 2011)	126
Tabla 7. Costa Rica: población con discapacidad según provincia y sexo.....	127
Tabla 8. Costa Rica: población con discapacidad según discapacidad padecida y sexo (Censo Nacional 2011)	128
Tabla 9. Lista de componentes del sistema implementado por el MOPT.....	153
Tabla 10. Costos de implementación, semáforos peatonales y sistema con barreras.	154
Tabla 11. Inversión total para 42 cruces.....	154
Tabla 12. Total de Costos de cada dispositivo del prototipo.	155
Tabla 13. Costos de implementación del proyecto.	156
Tabla 14 Porcentaje para cobro de honorarios:	157

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico No 1. Encuesta pregunta 1	84
Gráfico No 2. Encuesta pregunta 2	84
Gráfico No 3. Encuesta pregunta 3	85
Gráfico No 4. Encuesta pregunta 4	86
Gráfico No 5. Encuesta pregunta 5	87
Gráfico No 6. Encuesta pregunta 6	87
Gráfico No 7. Encuesta pregunta 7	88
Gráfico No 8. Encuesta pregunta 8	89
Gráfico No 9. Encuesta pregunta 9	89
Gráfico No 10. Reportes de incidencias del tren en el área Metropolitana (ACCIDENTES).....	100
Gráfico No 11. Colisiones por ruta	102
Gráfico No 12. Registro de Total de Colisiones Atropellos en los últimos 4 años y el presente.	102
Gráfico No 13. Porcentaje de accidentes por año	103
Gráfico No 14. Cantidad de instituciones públicas por puntaje asignado según repuestas afirmadas aportadas.....	125

Gráfico No 15. Costa Rica: población con discapacidad por sexo (Censo Nacional 2011)	127
Gráfico No 16. Costa Rica: población con discapacidad según porcentaje de la discapacidad padecida (Censo Nacional 2011)	129

ABREVIATURAS

IDE	Integrate Development Environment (Entorno de Desarrollo Interactivo).
CDA o DAC	Conversor de señal digital a analógica (del inglés Digital to Analog converter)
SNR	Relación señal/ruido (del inglés Signal to noise ratio)
dB	Decibel (América) o Decibelio (España)
Open Source	Código abierto, la expresión con la que se conoce al software y hardware distribuido y desarrollado libremente
INCOFER	Instituto Costarricense de Ferrocarriles
MHz	Megahercio (MHz) es una unidad de medida de la frecuencia
Sistema CGS	Sistema Cegesimal de Unidades.
MySQL	Sistema de gestión de bases de datos relacional

CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 INTRODUCCIÓN AL TEMA DEL PROYECTO

En los últimos meses el sistema ferroviario costarricense se ha visto envuelto por una serie de acontecimientos, los cuales han sido noticia relevante, los accidentes de tránsito y atropellos con el tren, algo que antes eran inusuales e y en cuestión de días se tornaron más frecuentes, debido a esta situación surge la intención de desarrollar un dispositivo en los cruces ferroviarios que proporcione un respaldo tecnológico a la señalización existente.

EEI sector transporte público y el ferroviario, es una área que presenta cobertura intercomunicando los principales puntos centrales de cada provincia con la capital y su especial uso por la población en la gran área metropolitana, agiliza los tiempos de salida y llegada a San José, a menores costos tarifarios, lo sitúa como un medio de transporte primordial para muchas personas que viajan a sus trabajos o por otros motivos en general. Por consiguiente, cuando se habla de eficiencia de servicio y técnicas alternativas para solucionar el congestionamiento vehicular,, el sistema ferroviario ha sido funcional y correcto para atacar con mencionado problema,, por lo tanto, debe brindar seguridad, tanto a los pasajeros como a a las personas que transitan por las vías públicas, en donde una herramienta tecnológica puede cumplir un papel importante en dar solución a la señalización existente, renovarla y fortalecer el servicio actual.

1.2 JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

Actualmente, la infraestructura del sistema costarricense de ferrocarriles de nuestro país no cuenta con las facilidades de señalización en los cruces del tren para las personas que poseen algún tipo de discapacidad,, específicamente no videntes o que tienen una visión reducida;, así como tampoco para personas con discapacidad auditiva. Esta parte de la población no tiene ningún medio o método que les indique cuando el tren se está acercando y prevenga su paso a través del cruce, la bocina del tren es el único medio usado actualmente para avisar su cercanía, no obstante, es una forma rudimentaria y poco efectiva para este tipo de personas con necesidades especiales. D se debe tener presente que existen alrededor de 73 cruces durante el recorrido del tren entre San José-Cartago, San José-Heredia, Alajuela, San José-San Antonio de Belén y San José-Pavas. Debido a esta situación y otros factores, principalmente, como el irrespeto al derecho ferroviario, imprudencias y la falta de educación vial de los conductores (que tienen la obligación de hacer el alto en los cruces de la vía), es por lo cual en los últimos años los accidentes, tanto con vehículos como con personas contra el tren, han tomado mayor frecuencia.

Por otro lado, Según el proyecto de ley “Modificación parcial de la ley de tránsito por vías públicas terrestres y seguridad vial”, ley N.º 9078, publicado en el diario oficial La Gaceta el día miércoles 1º de mayo del 2017, INCOFER ofrece 89 viajes por día, por aproximadamente 250 días al año, eso implica que cada 332 viajes alguien se topará contra el tren, situación que se enrumba en una tendencia a que entre más sea la frecuencia de viajes de manera proporcional, los accidentes se duplican de

manera abismal. Este proyecto de ley le hace mención estadística de la cantidad de accidentes en los últimos cuatro años, esto muestra las cifras de accidentes y atropellos de cada año respectivamente, lo cual es preocupante. A continuación se presentan dichas cifras.

“Durante los últimos cuatro años los accidentes en los que sale afectado el sistema de trenes de pasajeros en el área metropolitana han aumentado de manera significativa.

Solo en el año 2013 se produjeron 63 accidentes (11 atropellos y 52 colisiones), para el año 2016 esa cifra aumentó de manera alarmante a 141 accidentes (119 colisiones y 23 atropellos); en el 2016 fallecieron 5 personas en accidentes con el tren”.

Además de, según el periódico La Nación en su noticia del 19 de febrero de 2017 a las 12:00 AM “se registran 26 accidentes en 45 días del 2017; falta de educación y multas”. (CHINCHILLA, 2017)

. También cabe mencionar en base a la publicación realizada por el periódico La Nación 17 de marzo de 2017 a las 06:59 pm (Solano, 2017)., “se han registrado cinco personas golpeadas y cuatro fallecidas en accidentes relacionados con el tren y la tónica de estos atropellos y muertes ha sido la distracción, por ejemplo: el uso del celular, escuchar música con audífonos, una de las víctimas padecía de sordera en su oído derecho e iba escuchando música cuando fue arrollado por el tren en el sector de la Sabana,”, ahora bien con lo anterior, surge la idea de implementar un sistema electrónico con enfoque innovador, que busca la mejora en la

infraestructura y brindar de una señalización en los cruces del ferrocarril por medio de un dispositivo electrónico de bajo costo, donde además se verán beneficiadas no sólo las personas no videntes y con problemas auditivos, a la hora que transiten en alguno de tantos cruces del tren, sino también en general todas las personas estarán informadas de cuando el tren se aproxime al cruce.

Esta propuesta puede ser beneficiosa, tanto para la organización encargada del servicio de trenes, como para la sociedad, en general. El ente encargado del sistema ferroviario obtendría un dispositivo, el cual por sus características y objetivos reduciría costos, retrasos en tiempos o suspensión de los servicios provenientes de accidentes.

Por anterior, surge la idea de implementar un sistema electrónico que se encargue de alertar de manera visual y auditiva, siendo parte de la señalización en los cruces del ferrocarril, para el periodo del III cuatrimestre 2017

1.3 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

En la actualidad, el sistema ferroviario costarricense no cuenta con una adecuada señalización en los cruces para las personas que presentan alguna discapacidad, tanto visual, auditiva, como también transeúntes distraídos, esto causa constantes accidentes contra el tren, pues el sonido de la bocina del locomotor y las señales existentes no son lo suficientemente precisas como para llamar la atención a las personas que transitan por los cruces, aunado a ello, la imprudencia que cometen muchas personas.

El problema radica por la falta de un dispositivo electrónico, que de manera de señalización en el cruce ferroviario, permita alertar de forma visual y sonora la aproximación del tren.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo general

- Diseñar un sistema electrónico para la señalización vial para personas con discapacidad visual o auditiva en los cruces ferroviarios, mediante el uso de microcontroladores Arduino y comunicación inalámbrica unidireccional por medio de dispositivos de radiofrecuencia.

1.4.2 Objetivos específicos

- Determinar la distancia de aproximación del tren por medio del sensor de posición lineal de efecto-Hall 49E con respecto a la medición del campo magnético producido a través de un imán permanente o electroimán.
- Desarrollar el código del sistema electrónico por medio de la plataforma de Arduino, de acuerdo con los requerimientos que presenta el diseño.
- Establecer una conexión inalámbrica unidireccional dúplex mediante el uso de módulos de radiofrecuencia emisor y receptor Arduino ,de acuerdo con el enlace de datos de radiofrecuencia.
- Elaborar una página web mediante la modificación de plantillas prediseñadas con respecto al protocolo HTML5 de páginas web.

- Elaborar una base de datos en lenguaje de programación PHP mediante el uso de las plataformas WampServer y PhpMyAdmin con respecto a los estándares de administración de MySQL.
- Desarrollar el sistema de señalización del cruce ferroviario mediante el uso de actuadores varios (tales como pantalla LCD, módulos visuales, módulo de audio MP3, entre otros.) acorde con el diseño del sistema electrónico.

1.5 ALCANCES Y LIMITACIONES

1.5.1 Alcances

- Este proyecto se enfoca a la población de peatones que presentan alguna discapacidad visual o auditiva (no ambas) e inclusive algunos peatones “distráidos” que transitan sobre un cruce ferroviario, a fin de minimizar las cifras anuales de atropellos provocados por el tren.
- Este proyecto permite desplegar, por medio de una pantalla, un mensaje alerta legible y entendible. Además, simultáneamente el mensaje desplegado se estará reproduciendo en un parlante y una aguja que impedirá el paso peatonal, como maneras de señalización.
- Este proyecto permite establecer la comunicación entre microcontroladores por medio de transmisión de datos de manera inalámbrica, brindando una mayor distancia de alcance entre dispositivos, lo cual genera una detención

del tren a una distancia considerable y segura para la activación del sistema, además, se evita el uso de cables que puedan dañarse y no proporcionan mucho alcance.

- El sistema de este proyecto posee una base de datos, que proporciona información importante acerca del funcionamiento del sistema electrónico, las personas con acceso a la plataforma web podrán verificar el estado del cruce del ferroviario con base en el registro de horas y días sincronizados y actualizados. También, familiares de personas con discapacidad auditiva o visual, podrán tener acceso a esta plataforma web.

1.5.2 Limitaciones

- Este proyecto está diseñado para personas no videntes o con limitaciones auditivas. Si el individuo posee ambas condiciones, el mismo deberá ser acompañado por una segunda persona.
- Este proyecto está diseñado para la población transeúnte que se moviliza a través de un camino ferroviario señalado por la ley y su cobertura es para los cruces con mayor tránsito diario de peatones.
- En este proyecto se presentan varias situaciones a considerar, ya que estará al aire libre. Se debe considerar que impacto tiene al no trabajar en condiciones ideales; por ejemplo, en presencia de abundante resplandor

solar, el mensaje puede no ser apreciado de manera correcta y/o la contaminación sónica del lugar, podría atenuar el sonido de los indicadores.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1 MARCO CONCEPTUAL

Para la realización, desarrollo y elaboración de este proyecto se necesitó de conocimientos de ingeniería electrónica y a su vez, realizar una investigación sobre tecnologías ya existentes en el área de señalización utilizada en cruces ferroviarios para complementarlos y así cumplir con la culminación y los objetivos del proyecto.

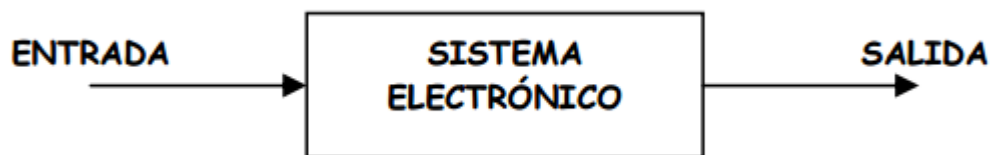
A continuación, se mostrarán los conceptos teóricos necesarios en la implementación del proyecto.

2.1.1 Sistema Electrónico a lazo abierto

Un sistema electrónico de acuerdo con el Instituto IES Odra Pisuerga (2006) es un "conjunto de circuitos electrónicos cuya misión es controlar de forma automática el funcionamiento de algunas máquinas, sensores y operadores.

Un sistema electrónico se puede representar en un diagrama de bloques de la siguiente manera:

Ilustración 1. Diagrama de bloque de un Sistema Electrónico (A lazo Abierto)



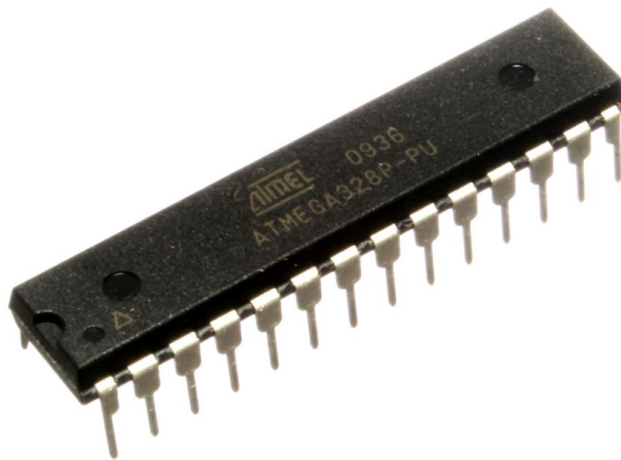
Fuente: http://www.edu.xunta.gal/centros/iesfelixmuriel/system/files/apuntesanalogica_ejercicios.pdf

En la ilustración 1, se observa un diagrama de bloques de un Sistema Electrónico.

2.1.2 Microcontrolador

Un microcontrolador es un circuito integrado programable que contiene todos los componentes necesarios para controlar el funcionamiento de una tarea determinada, como el control de una lavadora, un teclado de ordenador, una impresora, un sistema de alarma, entre otros.

Ilustración 2. Microcontrolador ATmega328P



Fuente: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:ATMEGA328P-PU.jpg>

En la ilustración 2, se observa un microcontrolador de la compañía Atmel usado en las placas de Arduino UNO.

2.1.3 Arduino

Arduino es un microcontrolador programable que cuenta con entradas/salidas, con las cuales se pueden leer datos de una gran variedad de interruptores y sensores, y controlar diferentes tipos de luces, motores y otros actuadores físicos. Los proyectos de Arduino pueden ser autónomos o comunicarse con un programa (software) que se ejecute en una computadora. Arduino utiliza un

poderoso lenguaje de programación basado en un entorno Windows para escribir y depurar programas. Arduino es una solución multiplataforma que permite a los estudiantes aprender el tipo de programación basada en C y C++ utilizando aplicaciones avanzadas de educación y profesionales, al ser multiplataforma se puede utilizar en sistemas operativos iOS (Mac) y Linux.

La versión más reciente del software de Arduino es la 1.6.12, acotando que el software de Arduino es de código abierto (IDE) que hace, sea más fácil de escribir código y de subirlo a la placa, como se mencionó anteriormente se ejecuta en Windows, Mac OS X y Linux. El entorno está escrito en Java y basado en procesamientos y otro software de código abierto (Arduino, s.f.).

Beneficios:

- Utiliza el estándar de la industria de programación, lenguaje C, C++.
- Moderna interfaz gráfica de usuario.
- Solución con depuración de software totalmente integrada.
- Avanzado sistema editor de código y manejo de múltiples pestañas que permite varios programas abiertos a la vez.

2.1.4 Magnetismo

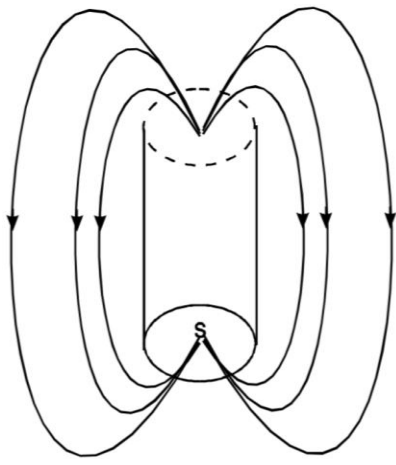
2.1.4 Campo magnético

Se dice que el espacio que rodea un imán contiene un campo magnético. Es difícil comprender el significado de esta extraña condición externa al cuerpo de un imán permanente. Es una condición no detectada por ninguno de los cinco sentidos. No se puede ver, sentir u oír, ni se puede saborear ni oler. Sin embargo, existe y tiene muchos poderes. Puede atraer objetos ferromagnéticos, convertir la energía

eléctrica en energía mecánica y proporcionar la entrada para los dispositivos de detección de efecto Hall. Esta fuerza física ejercida por un imán se puede describir como líneas de flujo que se originan en el polo norte de un imán y terminan en su polo sur (Formas de las líneas del campo magnético). Como resultado, se dice que las líneas de flujo tienen una dirección específica. El concepto de densidad de flujo se usa para describir la intensidad del campo magnético en un punto particular del espacio. La densidad de flujo se usa como la medida del campo magnético. Las unidades de densidad de flujo incluyen teslas y Wb(Webers)/ m^2 (metros).

La unidad CGS de campo magnético, Gauss (G).

Ilustración 3. Forma de las líneas del campo magnético



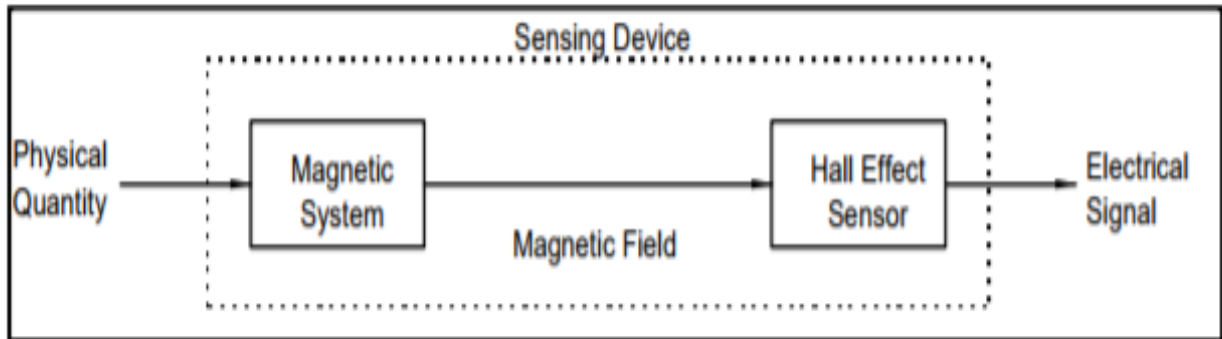
Fuente: <https://sensing.honeywell.com/hallbook.pdf>

2.1.4.2 Sistemas Magnéticos

Los sensores de efecto Hall convierten un campo magnético en una señal eléctrica útil, en general. Sin embargo, se detectan cantidades físicas (posición, velocidad, temperatura, entre otras.) distintas de un campo magnético. El sistema

magnético realiza la función de cambiar esta cantidad física a un campo magnético que a su vez puede ser detectado por sensores de efecto Hall.

Ilustración 4. Sistema de Efecto-Hall general



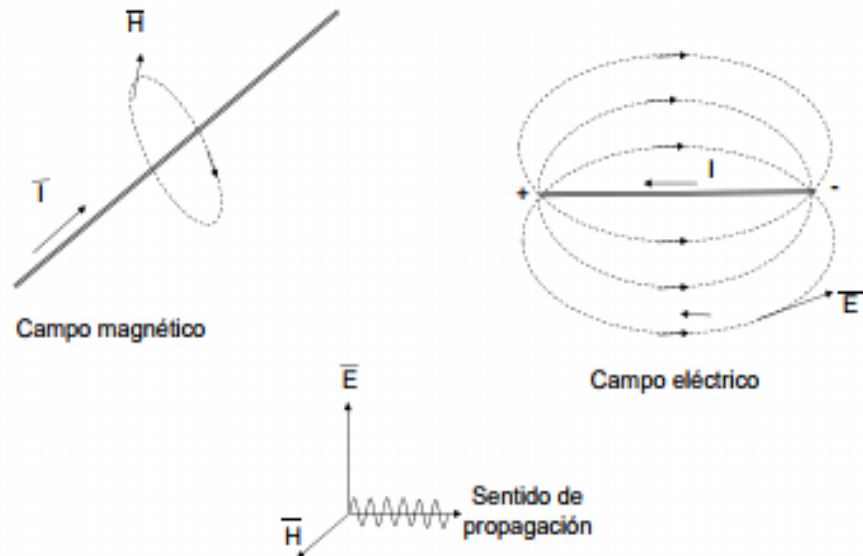
Fuente: <https://sensing.honeywell.com/hallbook.pdf>

2.1.5 Radiofrecuencia

2.1.5.1 Ondas Electromagnéticas

En el entorno de un conductor por el que circula una corriente aparecen dos campos de fuerza perpendiculares entre sí: Uno eléctrico y otro magnético. El conjunto se denomina campo electromagnético que se propaga a la velocidad de la luz ($c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$) en dirección perpendicular a los dos campos.

Ilustración 5. Ondas Electromagnéticas.

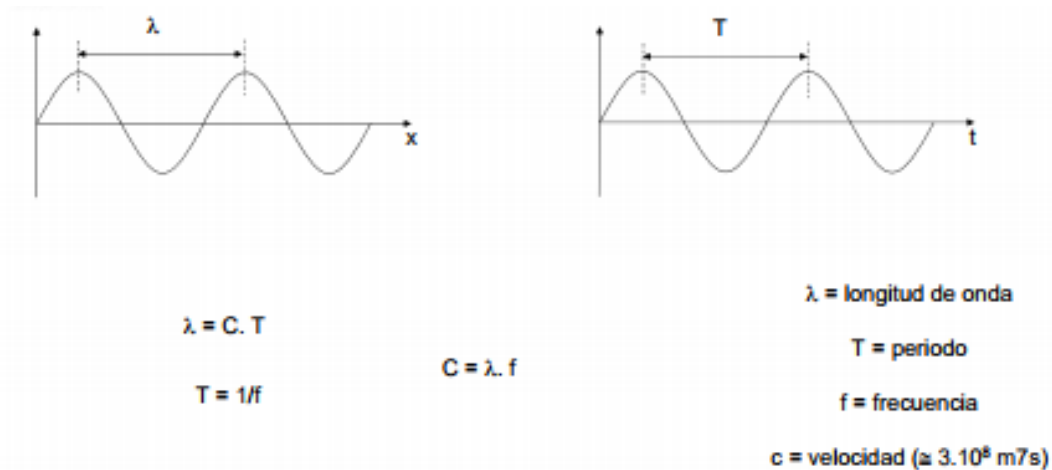


Fuente: http://profesores.sanvalero.net/~arnadillo/Documentos/Apuntes/Tecnicas/UD9_Comunicaci%F3n%20inal%E1mbrica/1_Conceptos%20de%20RF.pdf

2.1.5.2 Parámetros Onda Electromagnética

Las ondas electromagnéticas presentan una serie de parámetros que las definen, y que marcan diferencias importantes durante su propagación por el medio. Estos parámetros característicos son los siguientes:

Ilustración 6. Parámetros Onda Electromagnéticas.



Fuente: http://profesores.sanvalero.net/~arnadillo/Documentos/Apuntes/Tecnicas/UD9_Comunicaci%F3n%20inal%E1mbrica/1_Conceptos%20de%20RF.pdf

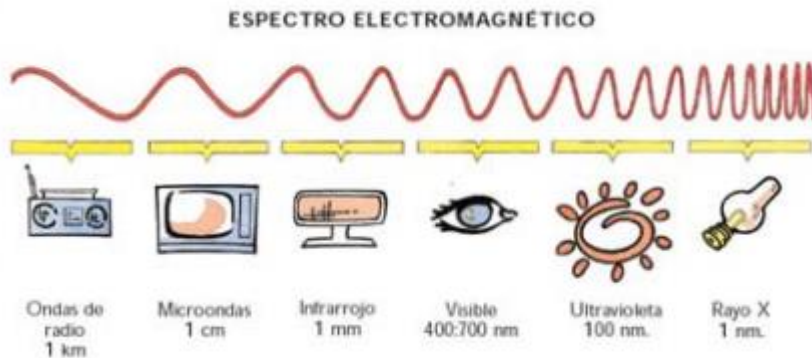
- **Longitud de onda (λ):** El espacio que recorre la onda en cada uno de los ciclos de la señal. Al tratarse de una medida de longitud, se mide en metros, y es fundamental a la hora de dimensionar las antenas.
- **Periodo (T):** El tiempo que emplea una señal en realizar un ciclo completo. Este parámetro se mide en segundos.
- **Velocidad de propagación (c):** Las ondas electromagnéticas se propagan a la velocidad de la luz (3×10^8 m/s).

- **Frecuencia (f):** Es la cantidad de ciclos de la señal que se completan en un segundo.
- **Potencia (P):** Cantidad de energía que transporta la señal.
- **Polarización:** Fenómeno que puede producirse en las ondas electromagnéticas, como la luz, por el cual el campo eléctrico oscila sólo en un plano determinado, denominado plano de polarización. Este plano puede definirse por dos vectores, uno de ellos paralelo a la dirección de propagación de la onda y otro perpendicular a esa misma dirección, el cual indica la dirección del campo eléctrico.

2.1.5.3 Espectro Electromagnético

Todos los cuerpos emiten radiación y el tipo de radiación que emiten depende de la energía que posee cada cuerpo: el sol emite con una energía diferente a la que pueda emitir una lámpara, aunque sean de la misma naturaleza. La luz es una onda electromagnética, así como las ondas de radio. Todas las diferentes ondas se encuentran agrupadas en un espectro que contiene todo el rango de radiación desde la luz visible a la no visible como: infrarrojos, ultravioletas, o rayos tan energéticos y peligrosos como el rayo gamma, los rayos X o las microondas. En sistemas de comunicación, navegación o emisión de televisión se trabaja con frecuencias comprendidas entre 300 MHz y 3000 MHz, que expresado en longitud de onda es de 1 m a 0,1 m.

Ilustración 7. Espectro Electromagnético.

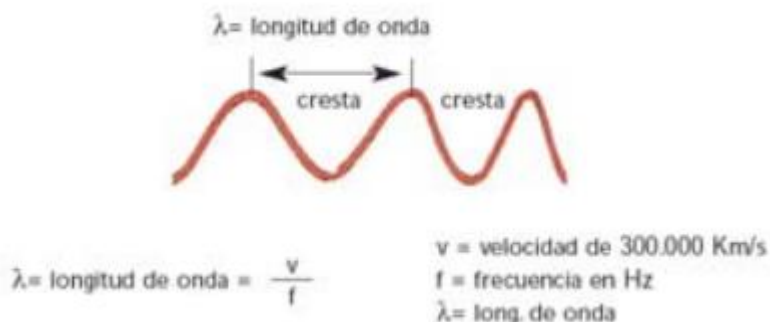


Fuente: http://profesores.sanvalero.net/~arnadillo/Documentos/Apuntes/Tecnicas/U D9_Comunicaci%F3n%20inal% E1 mbrica/1_Conceptos%20de%20RF.pdf

2.1.5.4 Longitud de onda

El término longitud de onda se utiliza cuando se habla de ondas que se transmiten por el aire, como por ejemplo las ondas de radio o televisión y que tienen una frecuencia muy elevada. Resulta más fácil entonces definir las por su longitud que es la distancia (expresada generalmente en metros) que recorre un ciclo completo de la onda en el espacio. Por ejemplo: una longitud de onda de 1 metro significa que la onda recorre en el espacio un metro de una cresta a otra, lo cual da una idea de su velocidad o frecuencia. Cuanto mayor es la frecuencia, menor será la longitud de onda.

Ilustración 8. Espectro Electromagnético.



Fuente:http://profesores.sanvalero.net/~arnadillo/Documentos/Apuntes/Tecnicas/UD9_Comunicaci%F3n%20inal%E1mbrica/1_Conceptos%20de%20RF.pdf

2.1.5.5 Espectro Electromagnético: Nomenclatura

Ilustración 9. Espectro Electromagnético: Nomenclatura.

VLF	Very Low Frequency	3 a 30 KHz	Ondas miriamétricas
LF	Low Frequency	30 a 300 KHz	Ondas Kilométricas
MF	Medium Frequency	300 a 3000 KHz	Ondas Hectométricas
HF	High Frequency	3 a 30 MHz	Ondas decamétricas
VHF	Very High Frequency	30 a 300 MHz	Ondas métricas
UHF	Ultra High Frequency	300 a 3 GHz	Ondas decimétricas
SHF	Super High Frequency	3 a 30 GHz	Ondas centimétricas
EHF	Extremely High Frequency	30 a 300 GHz	Ondas decimétricas

Fuente:http://profesores.sanvalero.net/~arnadillo/Documentos/Apuntes/Tecnicas/UD9_Comunicaci%F3n%20inal%E1mbrica/1_Conceptos%20de%20RF.pdf

2.1.6 HTML5

HTML5 provee básicamente tres características: estructura, estilo y funcionalidad. Nunca fue declarado oficialmente, pero, incluso cuando algunas APIs (Interface de Programación de Aplicaciones) y la especificación de CSS3 (CSS significa Hojas de Estilo en Cascada. CSS describe cómo los elementos HTML se mostrarán en la pantalla, papel o en otros medios) por completo no son parte de este, HTML5 es considerado el producto de la combinación de HTML, CSS y Javascript. Estas tecnologías son altamente dependientes y actúan como una sola unidad organizada bajo la especificación de HTML5. HTML está a cargo de la estructura, CSS presenta esa estructura y su contenido en la pantalla y Javascript hace el resto que (como veremos más adelante) es extremadamente significativo. Más allá de esta integración, la estructura sigue siendo parte esencial de un documento. La misma provee los elementos necesarios para ubicar contenido estático o dinámico, y es también una plataforma básica para aplicaciones. Con la variedad de dispositivos para acceder a Internet y la diversidad de interfaces disponibles para interactuar con la web, un aspecto básico como la estructura se vuelve parte vital del documento. Ahora la estructura debe proveer forma, organización y flexibilidad, y debe ser tan fuerte como los fundamentos de un edificio.

Ilustración 10. Interfaz de Inicio página web

SAFETRAIN

SAFETRAIN

CRUCES SEGUROS PARA TODOS.

Ingrese Usuario

Ingrese Contraseña

INICIO SESIÓN

24/11/2017

Fuente: Propia del autor.

2.1.7 Servidor Web

2.1.7.1 Wampserver

Es un entorno de desarrollo web que nos va a permitir tener nuestro propio servidor o host local (instalado en nuestro ordenador). Es usado (entre otros) por desarrolladores y/o programadores para realizar prácticas de sus proyectos web antes de subirlos al servidor web en internet.

Características:

- Manejo de Bases de datos con MySQL
- Software para servidor web Apache
- Software para poder programar script con PHP (generalmente)
- Permite el manejo sencillo de Bases de Datos con PHPMyAdmin y SQLiteManager
- Es completamente gratuito

2.1.7.2 phpmyAdmi

PhpMyAdmin puede administrar un servidor MySQL entero (necesita un supe usuario) o una base de datos sencilla. Para realizar esto último, es necesario tener un usuario MySQL debidamente configurado que pueda leer o escribir solamente en la base de datos deseada. Para ello, usted debe buscar en la sección apropiada del manual de MySQL.

2.1.7.3 Funcionalidades

En la actualidad, phpMyAdmin puede: visualizar y borrar bases de datos, tablas, vistas, campos e índices, mostrar múltiples resultados a través de procedimientos almacenados o consultas, crear, copiar, borrar, renombrar y alterar bases de datos, tablas, campos e índices, realizar labores de mantenimiento de servidor, bases de datos y tablas, dar consejos acerca de la configuración del servidor, ejecutar, editar y marcar cualquier expresión SQL, incluyendo consultas en lote carga, tablas con el contenido de ficheros de texto crea1 y lee volcados de tablas exporta1 datos a varios formatos: CSV, XML, PDF, ISO/IEC 26300. OpenDocument Text and Spreadsheet, Microsoft Word 2000 y LATEX, importar datos y estructuras MySQL de planillas OpenDocument, así como también archivos XML, CSV y SQL, administrar múltiples servidores gestionar privilegios y usuarios de MySQL, comprobar la integridad referencial en las tablas MyISAM.

Ilustración 11. Interfaz de phpMyAdmin

The screenshot displays the phpMyAdmin interface for a MySQL server. The top navigation bar includes tabs for Databases, SQL, Status, User accounts, Export, Import, Settings, Replication, Variables, Charsets, Engines, and Plugins. The left sidebar shows the current server as MySQL and lists recent and favorite databases: db_safetrain, information_schema, mysql, performance_schema, and sys.

The main content area is divided into several sections:

- General settings:** Includes options for 'Change password' and 'Server connection collation' (set to utf8mb4_unicode_ci).
- Appearance settings:** Includes options for 'Language' (English), 'Theme' (pmahomme), and 'Font size' (82%). A 'More settings' link is also present.
- Database server:** Lists server details:
 - Server: MySQL (127.0.0.1 via TCP/IP)
 - Server type: MySQL
 - Server version: 5.7.19 - MySQL Community Server (GPL)
 - Protocol version: 10
 - User: root@localhost
 - Server charset: UTF-8 Unicode (utf8)
- Web server:** Lists web server details:
 - Apache/2.4.27 (Win64) PHP/5.6.31
 - Database client version: libmysql - mysqlnd 5.0.11-dev - 20120503 - \$Id: 76b08b24596e12d4553bd41fc93cccd5bac2fe7a \$
 - PHP extension: mysql, curl, mbstring
 - PHP version: 5.6.31
- phpMyAdmin:** Lists version information and links:
 - Version information: 4.7.4
 - Documentation
 - Official Homepage
 - Contribute
 - Get support
 - List of changes
 - License

Fuente: <http://localhost/phpmyadmin/index.php>

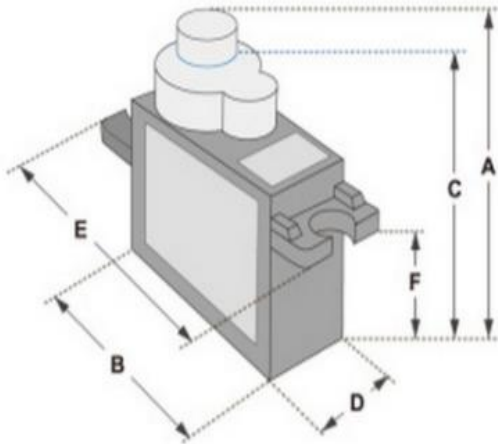
2.2 MARCO DE GESTIÓN DE PROYECTO

2.2.1 Servo Motor SG90

Dispositivo diminuto y ligero con alta potencia de salida. El servo puede rotar aproximadamente 180 grados (90 en cada dirección), y funciona igual que los tipos estándar, pero más pequeños. Se puede usar cualquier servo código, hardware o biblioteca para controlar estos servos. Bueno para principiantes que quieren hacer que las cosas se muevan, sin construir un controlador de motor con retroalimentación y caja de cambios, especialmente porque cabe en lugares pequeños. Viene con 3 cuernos (brazos) y hardware.

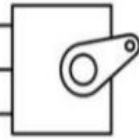
Dimensiones y especificaciones

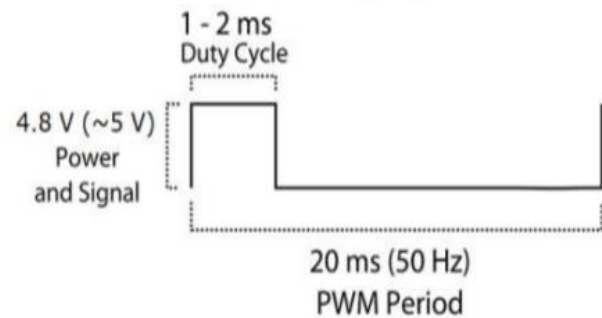
Ilustración 12. Servo Motor Dimensiones y especificaciones.



Dimensions & Specifications	
A (mm) :	32
B (mm) :	23
C (mm) :	28.5
D (mm) :	12
E (mm) :	32
F (mm) :	19.5
Speed (sec) :	0.1
Torque (kg-cm) :	2.5
Weight (g) :	14.7
Voltage :	4.8 - 6

Position "0" (1.5 ms pulse) is middle, "90" (~2ms pulse) is middle, is all the way to the right, "-90" (~1ms pulse) is all the way to the left.

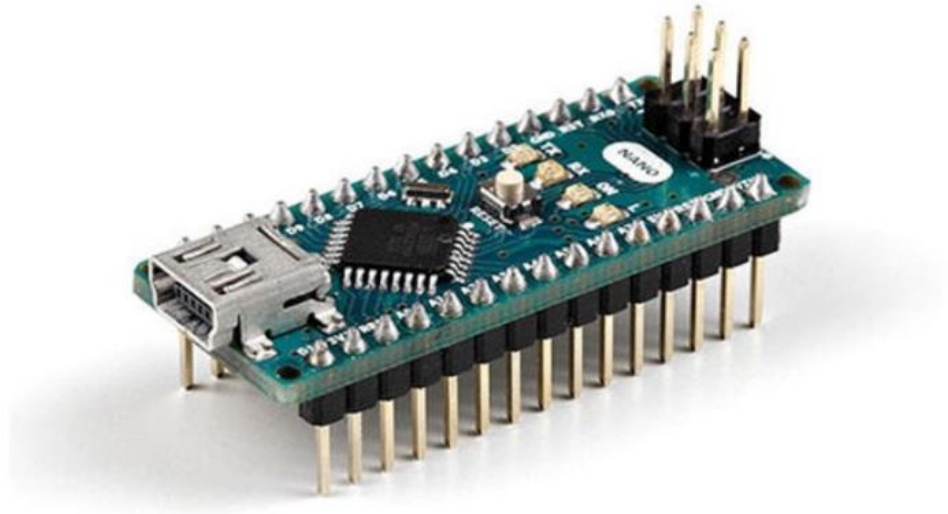
PWM=Orange (⏏) 
 Vcc = Red (+)
 Ground = Brown (-)



Fuente: http://www.ee.ic.ac.uk/pcheung/teaching/DE1_EE/stores/sg90_datasheet.pdf

2.2.2 Arduino Nano

Ilustración 13. Arduino Nano



Fuente: <https://store.Arduino.cc/usa/Arduino-nano>

En la ilustración 13 se muestra una placa de Arduino Nano correspondiente. En el proyecto su función es para recibir las señales de activación de los sensores y a su vez enviar esas señales.

Como lo menciona la página oficial de Arduino, Arduino Nano es una pequeña, completa y amigable tarjeta de circuito integrados basada en el microcontrador ATmega328, ofrece la misma conectividad y aspectos de una tarjeta de Arduino UNO, de forma más pequeña (Arduino, s.f.)

Este puede ser alimentado por medio de un cable Mini-B USB, tiene 14 pines de entrada y salida digital (seis de las cuales se pueden usar como salidas PWM), ocho entradas analógicas, un cristal oscilador de 16 MHz.

Presenta numerosas facilidades para la comunicación con una computadora, con otro Arduino y otros microcontroladores. El microcontrolador ATmega328 proporciona comunicación serial UART TTL (5V), la cual está disponible en los pines 0 (RX) y 1 (TX). También soporta comunicación I2C (en sus siglas en inglés, Inter-Integrated Circuit) y SPI (del inglés Serial Peripheral Interface).

Cada uno de los 14 pines del Arduino Nano pueden usarse, tanto como entrada como salida, usando funciones como: `pinMode ()`, `digitalWrite ()`, y `digitalWrite ()`. Todos operan a 5 V. Cada pin puede recibir y proporcionar un máximo de 40 mA y tiene un resistor pull-up interno (desconectado por defecto) de 20-50 kOhms. Por lo tanto, algunos pines tienen funciones especializadas como:

- Serial: 0 (RX) y 1 (TX). (RX) usado para recibir y (TX) para transmitir TTL datos seriales.
- Interrupciones Externas: 2 y 3. Estos pines pueden ser configurados para disparar un interruptor a un bajo valor, tanto en un flanco ascendente como descendente, o a un cambio en el valor.
- PWM: 3, 5, 6, 10, y 11. Proporciona una salida PWM 8-bit con la función `analogWrite ()`.

- SPI: 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK). Estos pines soportan comunicación, los cuales, aunque provisto por el hardware subyacente, actualmente no están incluidos en el lenguaje de Arduino.
- LED: 13. Existe un LED incorporado y conectado al pin 13. Cuando el pin está en un valor “Alto”, el led se enciende, cuando el valor es en “Bajo”, el led se apaga.

También tiene ocho entradas analógicas, por defecto sus medidas rondan de 0 V a 5 V, aunque es posible que el valor de voltaje incremente usando la función `analogReference()`. Los pines analógicos 6 y 7 no pueden ser utilizados como pines digitales. Adicionalmente, algunos pines tienen funciones especializadas:

- I2C: 4 (SDA) y 5 (SCL). Soporta comunicación I2C usando la librería `Wire`.

Hay un par de pines en la tarjeta:

- AREF: Referencia de voltaje para los pines de entrada analógica.
- Reset: Sirve para resetear el microcontrolador.

Ilustración 14. Especificaciones Técnicas

Microcontroller	ATmega328P
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limit)	6-20V
Digital I/O Pins	14 (of which 6 provide PWM output)
PWM Digital I/O Pins	6
Analog Input Pins	6
DC Current per I/O Pin	20 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	32 KB (ATmega328P) of which 0.5 KB used by bootloader
SRAM	2 KB (ATmega328P)
EEPROM	1 KB (ATmega328P)
Clock Speed	16 MHz
LED_BUILTIN	13
Length	68.6 mm
Width	53.4 mm
Weight	25 g

Fuente: <https://store.Arduino.cc/usa/Arduino-nano>

Las especificaciones técnicas necesarios para un apto uso del Arduino Nano además de información de sus componentes, se muestra en la ilustración 14.

2.2.3 Arduino Mega

Ilustración 16. Arduino Mega 2560



Fuente: <http://www.embarcados.com.br/Arduino-mega-2560/>

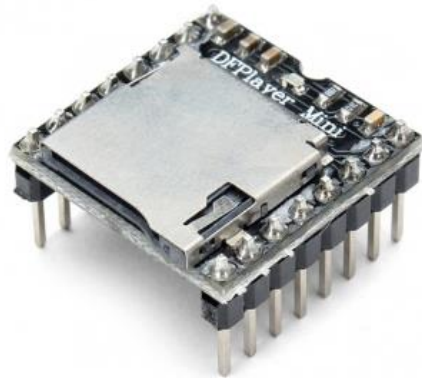
En la ilustración 16 se muestra una placa del Arduino Mega 2560 y sus diferentes partes que lo componen y en el uso del proyecto se encarga de recibir las señales provenientes del Arduino micro y efectuar acciones de activación del sistema.

Arduino es una plataforma física computacional open-hardware basada en una sencilla placa con entradas y salidas (E/S), analógicas y digitales, y en un entorno de desarrollo que implementa el lenguaje Processing/Wiring. Arduino puede utilizarse en el desarrollo de objetos interactivos autónomos o puede conectarse a un PC, a través del puerto serie utilizando lenguajes como Flash, Processing, MaxMSP, entre otros. Las posibilidades de realizar desarrollos basados en Arduino tienen como límite la imaginación. El IDE open-source puede ser descargado gratis (para Windows, Mac OS X, Linux).

El Arduino Mega está basado en el microcontrolador ATmega2560. Tiene 54 pines de entradas/salidas digitales (14 de las cuales pueden ser utilizadas como salidas PWM), 16 entradas análogas, cuatro UARTs (puertos serial por hardware), cristal oscilador de 16 MHz, conexión USB, jack de alimentación, conector ICSP y botón de reset. Incorpora todo lo necesario para que el microcontrolador trabaje; simplemente conectándolo a la PC por medio de un cable USB o con una fuente de alimentación externa. El Arduino Mega es compatible con la mayoría de los shields diseñados para Arduino Duemilanove, diecimila o UNO.

2.2.4 Modulo DFPlayer – Mini Mp3 player

Ilustración 17. Módulo DFPlayer – Mini Mp3 player



Fuente:<http://www.banggood.com/DFPlayer-Mini-MP3-Player-Module-For-Arduino-p-969191.html>

En la Ilustración 17 se muestra el módulo reproductor de archivos mp3, el cual se encargará de reproducir el audio del texto mostrado en la pantalla por medio de un parlante se ejecutará la salida de audio o sonido.

El DFPlayer Mini es un pequeño no módulo MP3 de bajo costo que cuenta con una salida directa para un speaker. Puede ser utilizado como un módulo independiente con baterías y pulsadores o también en combinación con un Arduino UNO o MEGA u otros microcontroladores que soporten comunicación por RX/TX.

Soporta formatos estándares de audio como MP3, WAV y WMA. Asimismo, soporta tarjetas microSD con sistemas de archivos FAT16, FAT32. A través de una simple

comunicación serial se puede comandar la reproducción de una pista en particular sin necesidad de tediosas líneas de código.

2.2.4.1 Aplicaciones:

- Reproducción de audio en sistemas de navegación.
- Reproducción de sonidos pregrabados en sistemas automáticos como máquinas expendedoras de bebidas o alimentos, estaciones de buses.
- Sistemas de guía vehicular, retroceso, etc.
- Mensajes de bienvenida, atención al cliente.
- Sonidos para fallos de sistemas

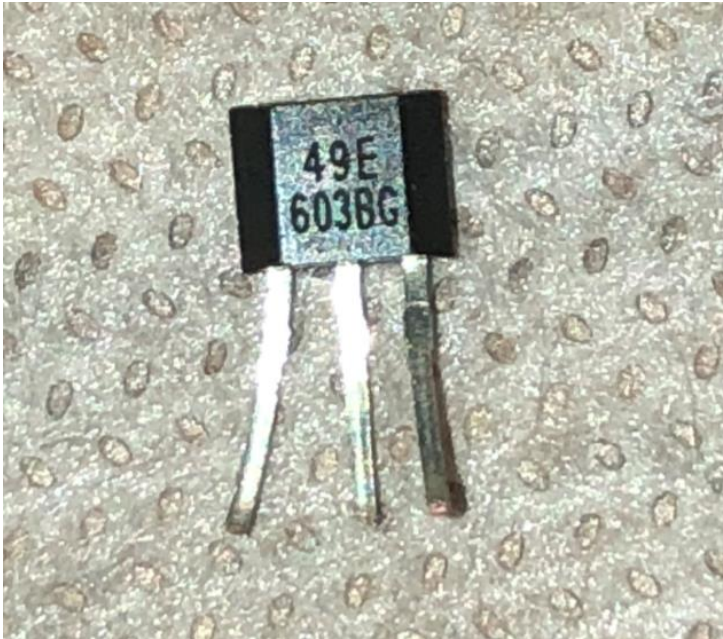
2.2.4.2 Especificaciones

- Soporta frecuencias de muestreo (kHz):
8/11.025/12/16/22.05/24/32/44.1/48
- 24 -bit DAC output, support for dynamic range 90dB, SNR support 85dB
- Sistemas de archivos FAT16, FAT32 y tarjetas de hasta 32G.
- Se puede controlar por comandos seriales, señales digitales.
- Organización de archivos por carpeta. Soporta hasta 100 directorios y 255 pistas por directorio.
- 30 niveles de volumen y 6 -niveles de ecualización EQ.

2.2.5 Sensores Magnetic Hall

2.2.5.1 Sensores Efecto-Hall E49

Ilustración 18. Sensor Efecto Hall



Fuente: Propia del autor

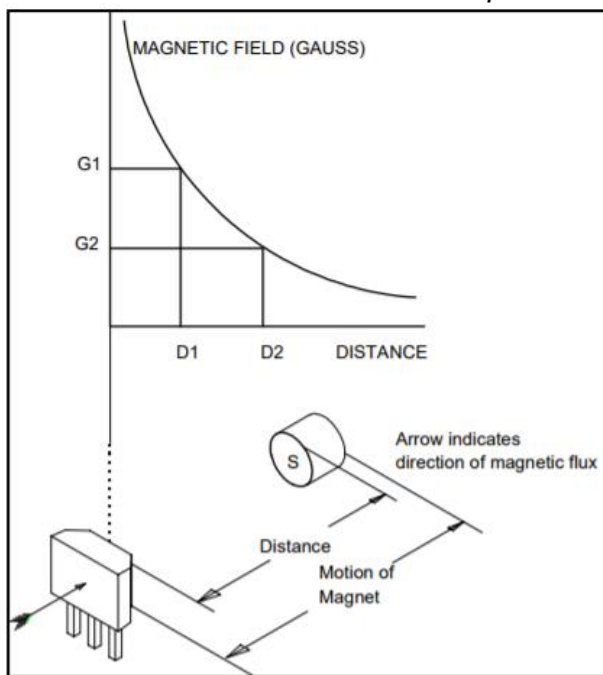
El efecto Hall es una tecnología de detección ideal. El elemento Hall se construye a partir de una lámina delgada de material conductor con conexiones de salida perpendiculares a la dirección del flujo de corriente. Cuando se somete a un campo magnético, responde con un voltaje de salida proporcional a la intensidad del campo magnético. La salida de voltaje es muy pequeña (μV) y requiere electrónica adicional para alcanzar niveles de voltaje útiles. Cuando el elemento Hall se combina con la electrónica asociada, forma un sensor de efecto Hall.

2.2.5.2 Modos de entrada

2.2.5.2.1 Modo "Head-on" unipolar

La ilustración 19, muestra el modo de entrada frontal unipolar de un sensor de efecto Hall. El término "Head-on", (de frente, en español), se refiere a la manera en que el imán se mueve con relación al punto de referencia del sensor. En este caso, la dirección de movimiento del imán se dirige directamente hacia y desde el sensor, y las líneas magnéticas de flujo pasan por el punto de referencia del sensor. El imán y el sensor están ubicados de manera que el polo sur del imán se acercará a la cara de detección del sensor de efecto Hall.

Ilustración 19. Modo "Head-on" unipolar

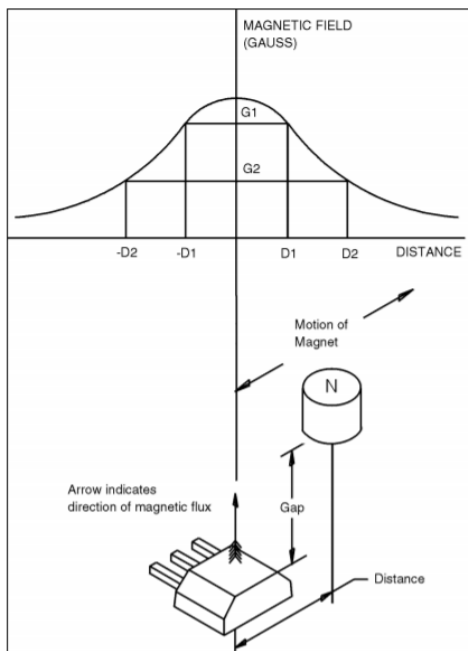


Fuente: <https://sensing.honeywell.com/hallbook.pdf>

2.2.5.2.2 Modo "Slide-by" unipolar

En el modo de "Slide-by", (deslizamiento, en español), unipolar que se muestra en la ilustración 20, se mueve un imán en un plano horizontal debajo de la cara de detección del sensor. Si se dibuja un segundo plano horizontal, a través del sensor, la distancia entre estos dos lugares se denomina brecha. La distancia en este modo se mide en relación con el centro de la cara polar del imán y el punto de referencia del sensor en el plano horizontal del imán. La relación gauss versus distancia en este modo es una curva en forma de campana. El pico (gauss máximo) de la curva es una función del espacio; cuanto menor es la brecha, mayor es el pico.

Ilustración 20. Modo "Slide-by" unipolar

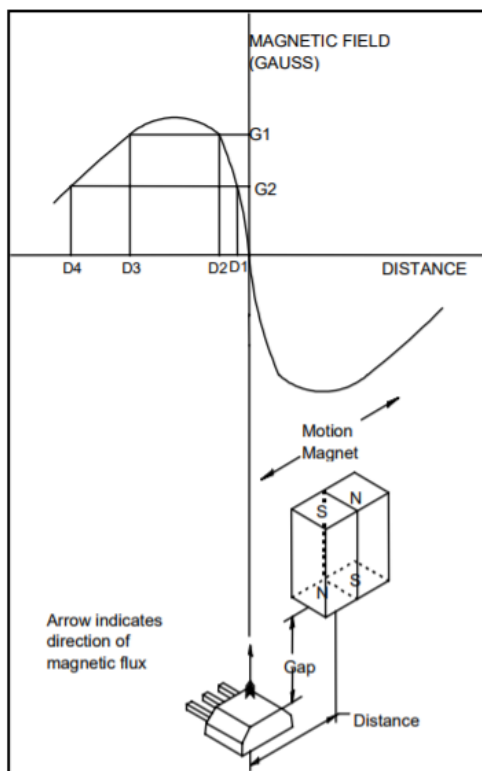


Fuente: <https://sensing.honeywell.com/hallbook.pdf>

2.2.5.2.3 "Slide-by" bipolar

El modo de "Slide-by" bipolar (1), (Ver ilustración 21), consta de dos imanes, que se mueven de la misma manera que el modo de "Slide-by" unipolar. En este modo, la distancia se mide en relación con el centro del par de imanes y el punto de referencia del sensor. La relación de gauss frente a distancia para este modo es una curva en forma de "S" que tiene excursiones positivas y negativas, por lo que el término es bipolar. Las mitades positiva y negativa de la curva son el resultado de la proximidad del polo norte o sur del imán, y si está a la derecha o a la izquierda del punto de referencia del sensor. El sensor y control MICRO SWITCH recomienda el uso de imanes con una gran permeabilidad en este tipo de aplicaciones.

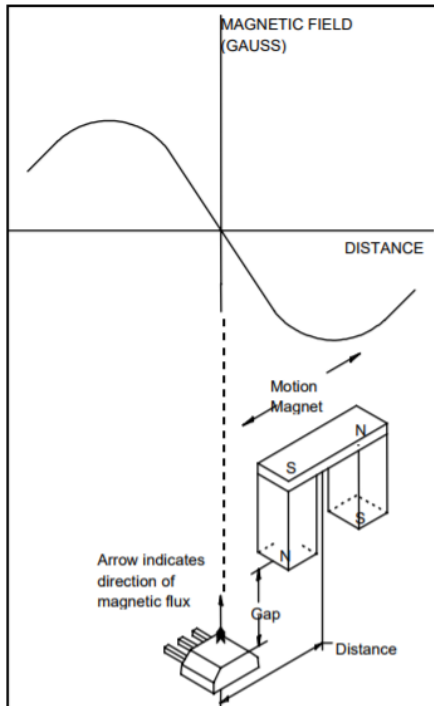
Ilustración 21. Modo "Slide-by" bipolar (1)



Fuente: <https://sensing.honeywell.com/hallbook.pdf>

Una variación del modo de “Slide-by” (1), (Ver ilustración 22), modo de “Slide-by” bipolar (2). En este modo, los dos imanes están separados por una distancia fija. El resultado de esta separación es reducir la inclinación de la porción central de la curva.

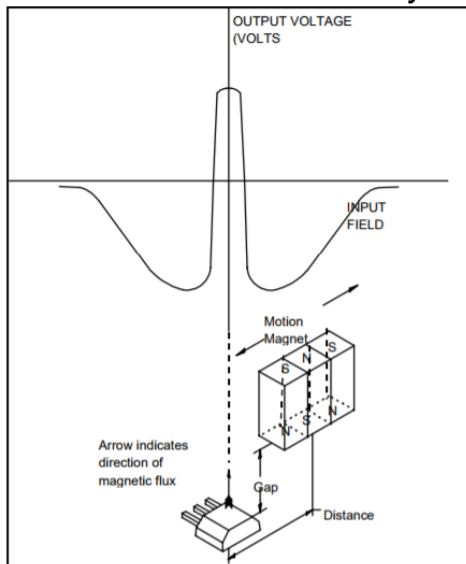
Ilustración 22. Modo “Slide-by” bipolar (2)



Fuente: <https://sensing.honeywell.com/hallbook.pdf>

Otra variación del modo de “Slide-by” bipolar se muestra en la ilustración 23, modo de “Slide-by” bipolar (3). En este modo, un imán con su polo sur frente al punto de referencia del sensor se encuentra entre dos imanes con la orientación opuesta. La curva "pulse-shaped", (forma de pulso, en español), resultante de esta configuración de imán es simétrica a lo largo del eje de distancia y tiene un pico positivo algo reducido de sus picos negativos.

Ilustración 23. Modo “Slide-by” bipolar (3)

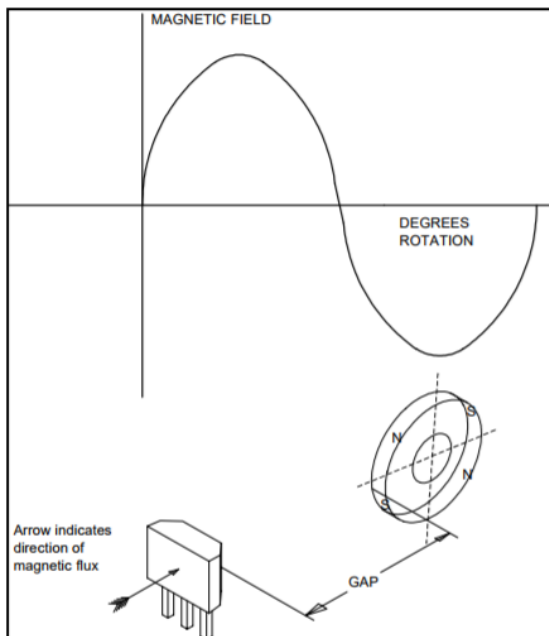


Fuente: <https://sensing.honeywell.com/hallbook.pdf>

2.2.5.2.4 Modo “Slide-by” bipolar (imán de anillo)

Otra variación en el modo de deslizamiento bipolar resulta del uso de un imán de anillo, (Ver ilustración 24). Un imán de anillo es una pieza en forma de disco de material magnético con pares de polos magnetizados, alrededor de su circunferencia. En este modo, el movimiento de rotación da como resultado una curva en forma de onda sinusoidal. El imán de anillo tiene dos pares de polos (combinación norte / sur).

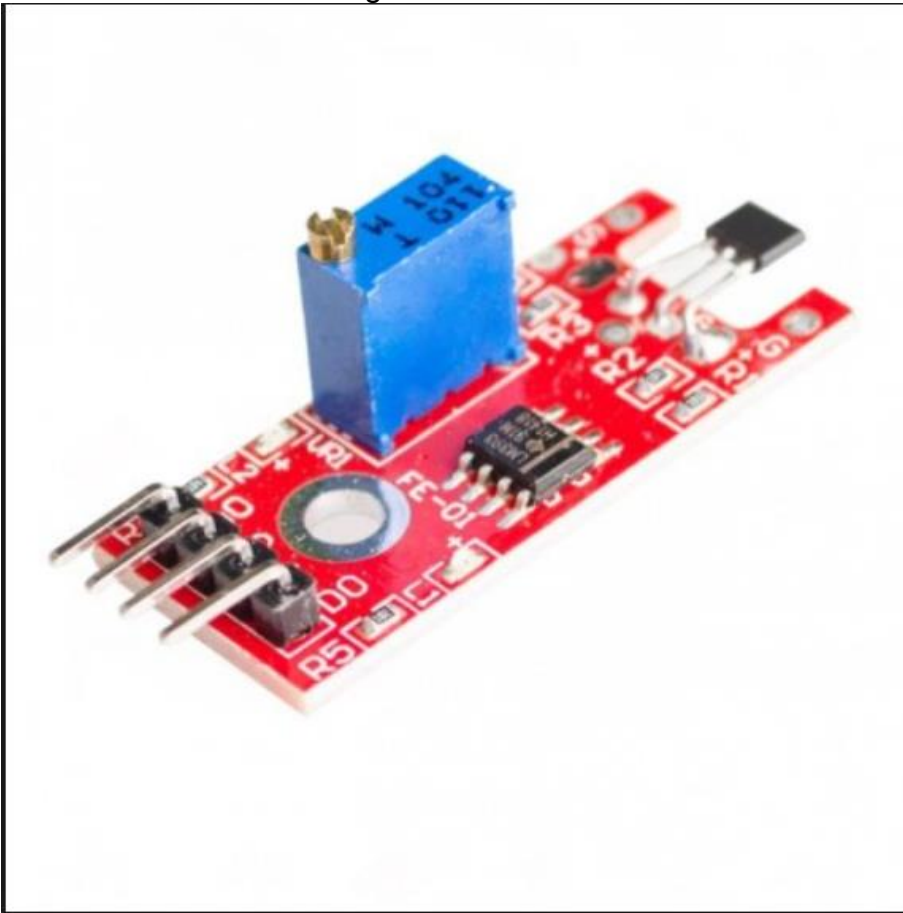
Ilustración 24. Modo "Slide-by" bipolar (imán de anillo)



Fuente: <https://sensing.honeywell.com/hallbook.pdf>

2.2.5.3 Magnetic Hall Sensor Module

Ilustración 25. Sensor Magnetic Hall Sensor Module



Fuente: <https://www.hellasdigital.gr/electronics/sensors/magnetic/ky-024-4pin-keyes-linear-magnetic-hall-switches-speed-counting-sensor-module-for-arduino/?sl=en>

2.2.5.3.1 Características:

- 49E Hall Sensor.
- Características comparador de tensión de amplio rango LM393.
- Sensibilidad Ajustable.
- Indicador de señal de salida.
- Alimentación: 3.3V ~ 5V.

2.2.6 Módulos RF 433 MHz

2.2.6.1 Descripción

Ilustración 26. Módulos RF 433 MHz



Fuente: <http://saber.patagoniatec.com/modulos-emisor-y-receptor-rf-433mhz/>

En la ilustración 26, se puede observar los módulos de RF 433 MHz, de izquierda a derecha, el transmisor modelo XD-EST y el modelo receptor modelo MX-05V. Estos módulos nos van a servir para poder establecer una comunicación inalámbrica unidireccional de forma muy económica. Tener en cuenta, como se menciona anteriormente, es UNIDIRECCIONAL, es decir, un módulo manda y el otro recibe y el que recibe no puede enviar nada al emisor. Este es un buen modo de comunicación para controlar robots, pequeños vehículos o para transmisión de datos. La distancia de transmisión depende del voltaje que le demos al transmisor, que puede ser de entre 5 y 12V.

2.2.6.2 Características técnicas

Ilustración 27. Características técnicas Módulos RF 433 MHz

Transmisor:



Modelo: MX-FS-03V

Alcance: 20-200 metros (Diferentes voltajes, diferentes resultados)

Alimentacion: 3.5-12V

Dimensiones: 19 * 19mm

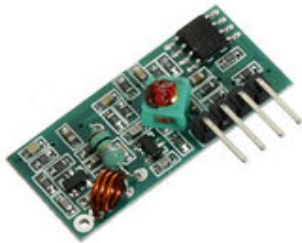
Tasa de transmision: 4KB / S

Potencia de transmision: 10mW

Frecuencia de transmision: 433Mhz

Antena recomendada: 25cm ordinary multi-core or single-core line

Receptor:



Modelo: MX-05V

Voltaje de operacion: DC5V

Consumo: 4mA

Frecuencia de recepcion: 433Mhz

Tamaño: 30 * 14 * 7mm

Fuente: <http://saber.patagoniatec.com/modulos-emisor-y-receptor-rf-433mhz/>

2.2.6.3 Configuración de Pines

Ilustración 28. Pinouts TX Módulo 433 MHz

TX MODULE MX-FS-03V	
PIN	DESCRIPTION
1	GND
2	VCC (3.5 – 12V)
3	TX DATA

Fuente: http://www.thebackshed.com/forum/uploads/TassyJim/2017-03-15_040554_MX_FS_03V_RF_RXTX_modules.pdf

En la ilustración 28, se observa la configuración de pines del módulo transmisor. Como información a considerar, para lograr mayor alcance, se puede alimentar el módulo con hasta 12V. En este caso se debe compartir la tierra con el Arduino y se recomienda entrar con 12V por el jack del Arduino y conectar el pin Vcc del módulo al pin Vin (voltaje de entrada).

Ilustración 29. Pinouts RX Módulo 433 MHz

RX MODULE MX-05V	
PIN	DESCRIPTION
1	GND
2	RX DATA
3	RX DATA
4	VCC (5V)

Fuente: http://www.thebackshed.com/forum/uploads/TassyJim/2017-03-15_040554_MX_FS_03V_RF_RXTX_modules.pdf

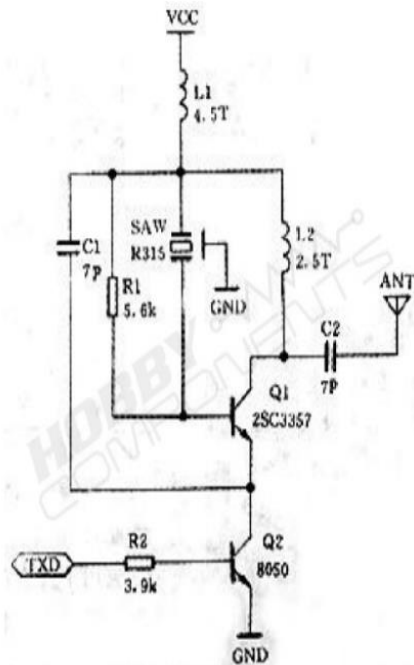
Nota: Cuando se usa una antena externa, se recomienda una longitud de onda de 1/4. Lo ideal sería utilizar 50 hilos de single core de impedancia Ohm, la longitud de la antena 433 MHz es de aproximadamente 17 cm (1/4 de longitud de onda). Al

ubicar la antena del receptor, manténgala lo más alejada posible de las áreas blindadas, los altos voltajes y cualquier otra posible frecuencia interferente.

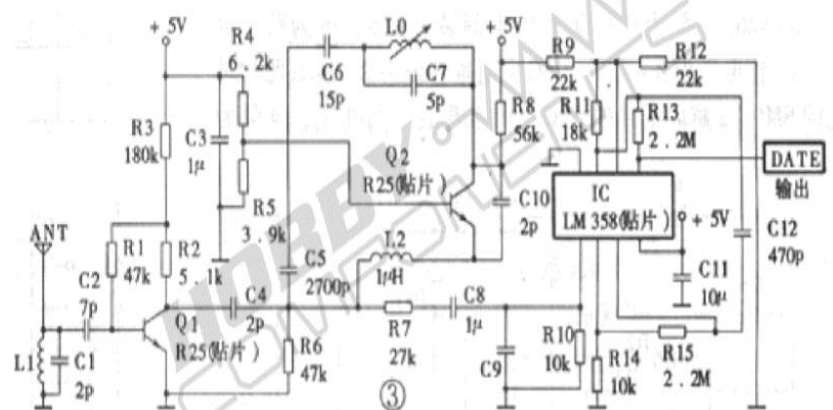
2.2.6.4 Diseños esquemáticos

Ilustración 30. Diseños Esquemáticos Módulos 433 MHz

MX-FS-03V Schematic:



MX-05V Schematic:



Fuente: http://www.thebackshed.com/forum/uploads/TassyJim/2017-03-15_040554_MX_FS_03V_RF_RXTX_modules.pdf

2.2.7 Arduino Shield 2 GSM

Ilustración 31. Shield GSM para Arduino



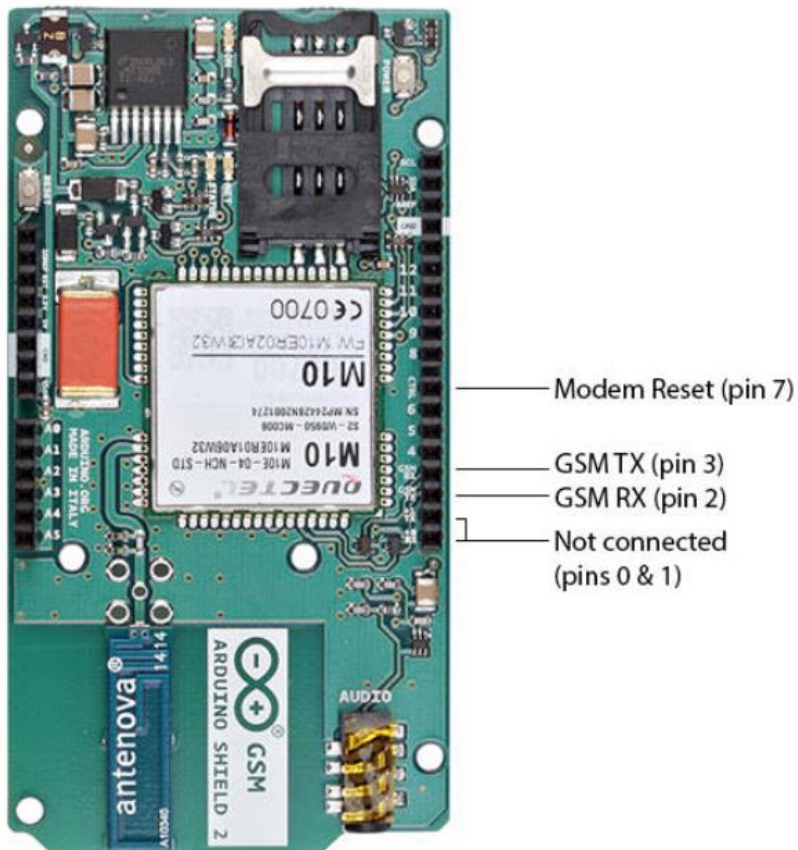
Fuente: <https://store.Arduino.cc/usa/Arduino-gsm-shield-2-integrated-antenna>

Arduino GSM Shield 2 permite que una placa Arduino se conecte a Internet, realice / reciba llamadas de voz y envíe / reciba mensajes SMS. Usa un radio modem M10 de Quectel. Es posible comunicarse con la placa, mediante comandos AT. La biblioteca GSM tiene una gran cantidad de métodos para comunicarse con el escudo. Usa los pines digitales 2 y 3 para la comunicación serial del software con el M10. El pin 2 está conectado al pin TX del M10 y el pin 3 a su pin RX. Vea estas notas para trabajar con un Arduino Mega, Mega ADK o Leonardo. El pin PWRKEY del módem está conectado al pin 7 Arduino. El M10 es un módem cuatribanda GSM

/GPRS que funciona en las frecuencias GSM850MHz, GSM900MHz, DCS1800MHz y PCS1900MHz. Admite protocolos TCP / UDP y HTTP a través de una conexión GPRS. El máximo de velocidad de transferencia del enlace descendente de datos GPRS y de transferencia ascendente es de 85.6 kbps. Para interactuar con la red celular, la placa requiere una tarjeta SIM proporcionada por un operador de red.

La revisión más reciente de la placa usa el 1.0 pinout en la versión 3 de la placa Arduino Uno.

Ilustración 32. Pin Out Arduino Shield 2 GSM



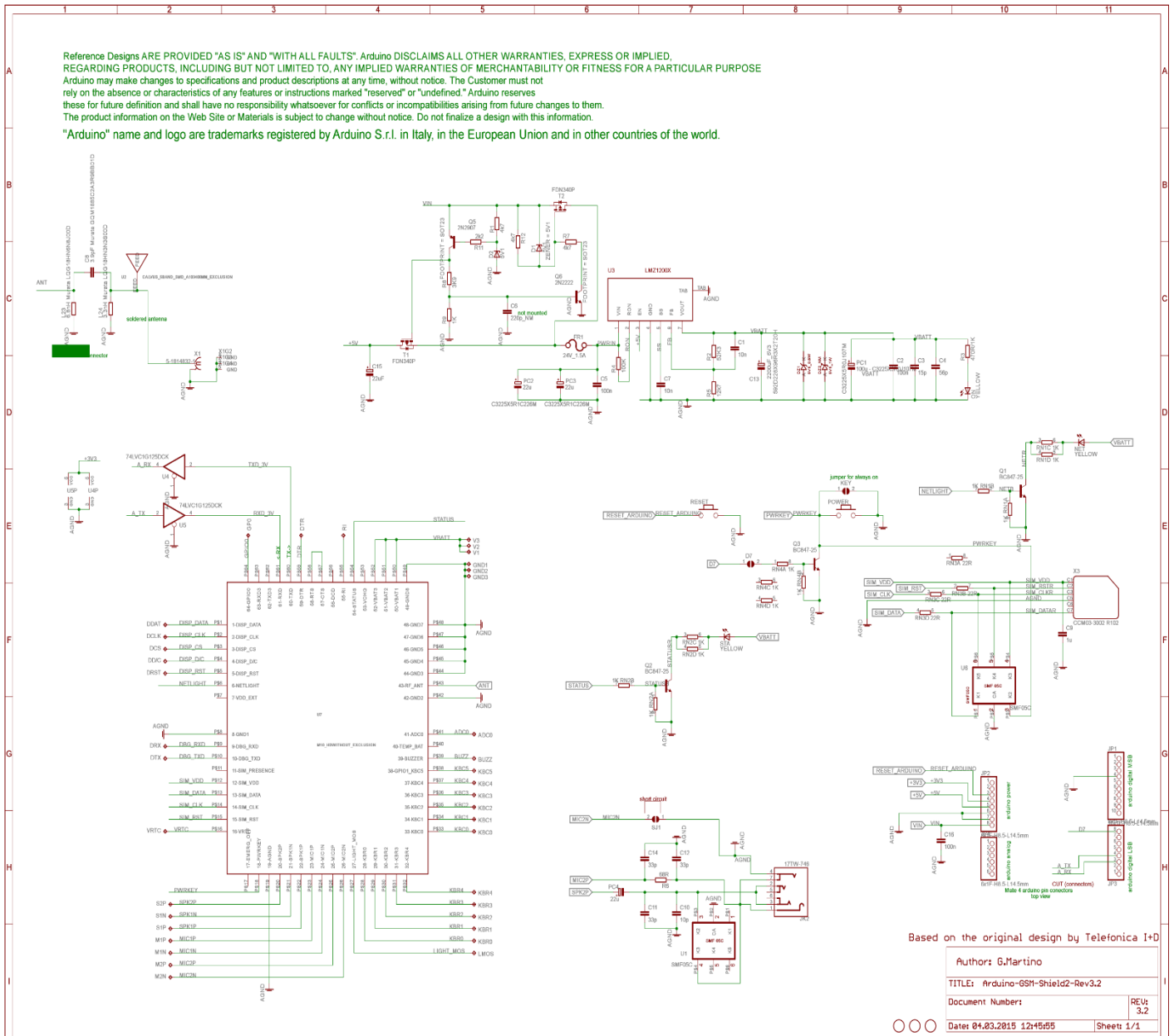
Fuente: <https://store.Arduino.cc/usa/Arduino-gsm-shield-2-integrated-antenna>

2.2.7.1 Requerimientos:

- Requiere una placa Arduino (no incluida)
- Voltaje de funcionamiento 5V (suministrado por la placa Arduino)
- Conexión con Arduino Uno en los pines 2, 3 (Software Serial) y 7 (reinicio).
Vea estas notas para trabajar con Mega, Mega ADK o Leonardo.
- Esta versión incluye una antena integrada.

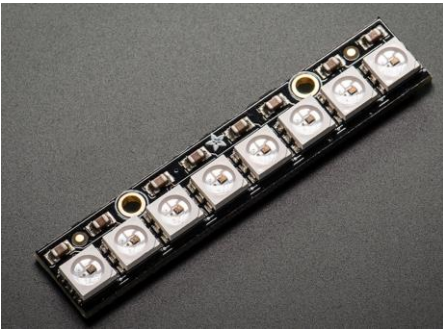
2.1.7.2 Esquemático:

Reference Designs ARE PROVIDED "AS IS" AND "WITH ALL FAULTS". Arduino DISCLAIMS ALL OTHER WARRANTIES, EXPRESS OR IMPLIED, REGARDING PRODUCTS, INCLUDING BUT NOT LIMITED TO, ANY IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY OR FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE. Arduino may make changes to specifications and product descriptions at any time, without notice. The Customer must not rely on the absence or characteristics of any features or instructions marked "reserved" or "undefined". Arduino reserves these for future definition and shall have no responsibility whatsoever for conflicts or incompatibilities arising from future changes to them. The product information on the Web Site or Materials is subject to change without notice. Do not finalize a design with this information. "Arduino" name and logo are trademarks registered by Arduino S.r.l. in Italy, in the European Union and in other countries of the world.



2.2.8 NeoPixel Stick

Ilustración 33. NeoPixel Stick



Fuente: <https://www.adafruit.com/product/1426>

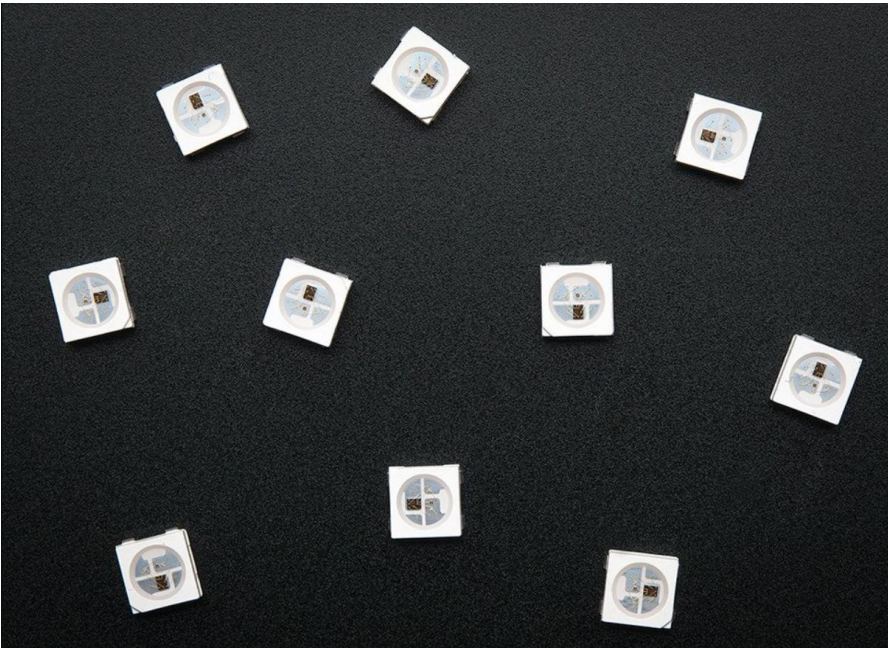
2.2.8.1 Descripción:

Pequeña tira de LED constituida por Leds RGB inteligentes de 5050 (5 mm x 5 mm) en una PCB con orificios de montaje y un diseño en cadena. Solo un pin de microcontrolador para controlar todos los que pueda encadenar juntos. Cada LED es direccionable, ya que el chip del controlador está dentro del LED. Cada uno tiene una impulsión de corriente constante de $\sim 18\text{mA}$, por lo que el color será muy uniforme, incluso si el voltaje varía, y no se requieren resistencias de estrangulación externas que reduzcan el diseño, opera a 5 V.

Los LED son "conectables" al conectar la salida de un dispositivo en la entrada de otro. Hay una sola línea de datos con un protocolo muy específico de tiempo. Dado que el protocolo es muy sensible a los tiempos, requiere un microcontrolador en tiempo real como AVR, Arduino, PIC, mbed, otros. No se puede utilizar con un microordenador o microcontrolador basado en Linux, como netduino o Basic Stamp. Se requiere un procesador de 8 MHz o más rápido.

2.2.8.2 5050 RGB LED

Ilustración 34. 5050 RGB LED



Fuente: <https://www.adafruit.com/product/1426>

2.2.8.2.1 Características

- Alta eficiencia.
- Confiable y robusto.
- La serie está especialmente diseñada para aplicaciones que requieren mayor brillo.
- Las lámparas LED están disponibles con diferentes colores e intensidad.

2.2.8.2.2 Configuración de Pines

Ilustración 35. Configuración de Pines 5050 RGB

NO.	Symbol	Function description
1	VDD	Power supply LED
2	DOUT	Control data signal output
3	VSS	Ground
4	DIN	Control data signal input

Fuente: <https://cdn-shop.adafruit.com/datasheets/WS2812B.pdf>

2.2.8.2.3 Características técnicas

Ilustración 36. Características técnicas 5050 RGB

Parameter	Symbol	Ratings	Unit
Power supply voltage	V _{DD}	+3.5~+5.3	V
Input voltage	V _I	-0.5~VDD+0.5	V
Operation junction temperature	T _{opt}	-25~+80	°C
Storage temperature range	T _{stg}	-40~+105	°C

Fuente: <https://www.tweaking4all.com/wp-content/uploads/2014/01/5050LED.pdf>

2.2.8.2.4 Especificaciones Optoelectrónica

Ilustración 37. Especificaciones Optoelectrónica 5050 RGB

Parameter	Symbol	Color	Min	Typ	Max	Unit	Tolerance	Test Conditions
Forward Voltage	V _f	R	1.80	---	2.40	V	± 0.05V	IF forward current=20mA Test Temperature=25°C
		G	2.80	---	3.60			
		B	2.80	---	3.60			
Luminous Intensity	IV	R	100	---	---	mcd	± 10 mcd	
		G	400	---	---			
		B	100	---	---			
Dominant Wavelength	λ _d	R	620	---	630	nm	±2nm	
		G	515	---	530			
		B	460	---	475			
Lighting Angle	θ	/	115	120	125	deg	±2	
Reverse Current	I _R	/	---	---	10	μA	±0.1μA	V _r =5V

Fuente: <https://www.tweaking4all.com/wp-content/uploads/2014/01/5050LED.pdf>

2.3 MARCO CONCEPTUAL DE IMPACTO

2.3.1 Función principal del sistema ferroviario

En Costa Rica, la entidad encargada de toda la actividad ferroviaria es el INCOFER (lo que sus siglas corresponden a: Instituto Costarricense de Ferrocarriles), la cual brinda el servicio de transporte público para la población. Adicional a ello, se utiliza para el transporte de carga pesada, lo que agiliza tiempos de transporte y disminuye los costos, esta es su actividad principal y la que genera los recursos para la operación.

Brinda servicio de las siguientes rutas:

- San José-Heredia-San José
- Metrópoli III en Pavas-Curridabat-Pavas
- San José-San Antonio de Belén-San José
- Transporte de banano en Valle La Estrella, Bananito, Estrada, Matina
- Transporte de acero de Moín a Leesville en Guácimo
- Transporte turístico en Limón y Siquirres
- Transporte turístico a Caldera

2.3.1 Qué se entiende por señalización ferroviaria

Según Püyo (2014) es “El conjunto de equipos, señales y aparatos que se encargan de ordenar el tráfico ferroviario, es lo que se conoce como sistemas de señalización ferroviaria (Püyo, 2014), puede estar compuesto por diferentes elementos, como señales luminosas, que controlan los desvíos; accionamiento de

agujas, semibarreras que protegen los cruces con las carreteras. También presenta sistemas de enclavamiento y bloqueos los cuales se encargan que el tráfico ferroviario se realice de forma segura”.

2.3.3 Sistemas de semáforos en cruces con ferrocarril y señalización ferroviaria vigente en Costa Rica

Actualmente, como señalización se tiene un sistema de semaforización en las intersecciones, donde el tren hace su recorrido metropolitano, recorre 57 intersecciones que se consideran peligrosas.

Según la observación que hizo el Ing. José Roldán B (2009) fue dividida en tres niveles, según la cantidad de tránsito vehicular que cruza la línea férrea, y de ahí su peligrosidad, los niveles a saber son:

- Nivel 1: Aquellas intersecciones constituidas por el cruce de una carretera con la vía férrea, en que la carretera puede tener uno o dos sentidos, con muy bajo flujo vehicular, en que sólo basta con instalar un sistema de semáforos intermitentes con campana, que se activa con la cercanía del tren.
- Nivel 2: Aquellas intersecciones constituidas por el cruce de una carretera con la vía férrea, en que la carretera puede tener una o dos sentidos, con un flujo vehicular considerable, en el que se tendría que instalar semáforos, campana y barreras, que se accionen con la cercanía del tren.

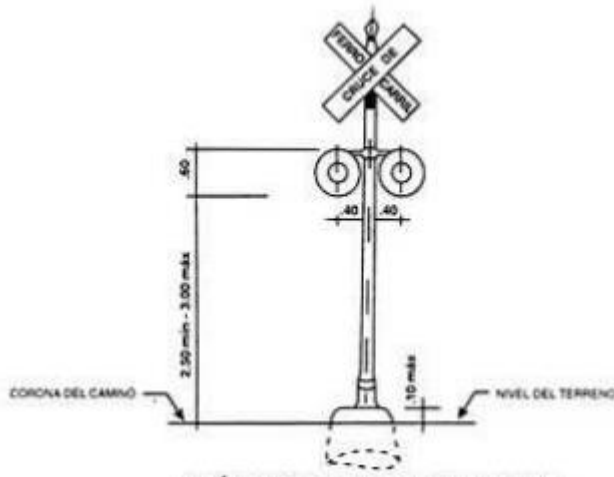
- Nivel 3: Aquellas intersecciones que además de cruzar la vía férrea, los vehículos y el tren, viajan en forma paralela o aquellas donde el flujo vehicular es muy alto.

Los semáforos y barreras son aquellos dispositivos que indican a los conductores de vehículos y a los peatones, la aproximación o presencia de trenes, locomotoras o carros de ferrocarril en cruces a nivel de calles o carreteras.

Asimismo, los semáforos de aproximación de trenes en los cruces ferroviarios de carreteras se clasifican en: luces intermitentes y semáforos oscilantes. Entonces, un semáforo de luz intermitente es una señal en la que la aproximación de los trenes se indica mediante dos luces rojas intermitentes, colocadas horizontalmente, que se encienden y apagan en forma alternada a intervalos predeterminados. El semáforo oscilante es una señal donde la indicación de la aproximación de trenes se hace por medio de un disco oscilante horizontalmente con una luz roja dentro del disco.

También existen las barreras para cruces a nivel de ferrocarril, las cuales serán un tablero trapezoidal que desciende hasta la posición horizontal y que se extiende sobre el camino o la calle en los dos sentidos, hasta una distancia suficiente que abarque la totalidad de los carriles de tránsito en el acceso al cruce, para impedir la circulación de vehículos cuando se aproxima y pasa un tren.

Ilustración 38. Disposición de las barreras para la aproximación de trenes



Fuente:

<http://repositorio.mopt.go.cr:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/252/vol.%2015-17,%20art.%203.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

En la ilustración 38, se observa la forma y las dimensiones que debe tener los semáforos montados en soporte tipo poste, los cuales se colocarán no más de 60 centímetros del camino o calle y la parte inferior de los lentes de los semáforos a una altura no menor de 2.50 metros.

2.3.3.1 Características de las barreras

Las barreras para la protección del tránsito de un camino o calle en un cruce a nivel con ferrocarril serán de forma trapezoidal con la base menor de 15 cm y la mayor de 30 cm, formando un ángulo de 90 grados con su lado superior. Deberán ser automáticas y se equiparán con tres luces rojas sobre la parte superior del travesaño que se iluminará en los dos sentidos del tránsito del camino o de la calle ante la aproximación de un tren.

2.3.3.2 Características de los semáforos oscilantes

- El semáforo oscilante constará de un disco de 50 cm de diámetro dotado de un lente Led rojo para la indicación nocturna.
- El disco estará soportado por un brazo oscilante y la longitud del recorrido de la luz oscilante del disco, la medida horizontal entre las posiciones extremas será de 75 cm.
- La señal de cruce y el semáforo de ferrocarriles se deberán montar en el mismo poste.

Los semáforos y los dispositivos para indicar que se aproxima un tren se controlarán de manera que empiecen a funcionar antes de la llegada de este al cruce, con un lapso razonable para dar la debida protección.

Ilustración 39. Disposición de las barreras para indicar la aproximación de trenes



Fuente: <http://repositorio.mopt.go.cr:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/252/vol.%2015-17,%20art.%203.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

En la ilustración 39 se observa el sistema en conjunto, los semáforos intermitentes y las barreras.

2.4 ANTECEDENTES TEÓRICOS O DE CONCEPTO

El INCOFER es la institución a cargo del transporte público ferrovial, de carga y pasajeros, según lo estipula el decreto en la Ley 7001, del 19 de setiembre de 1985. Cuenta con Autonomía administrativa, personalidad jurídica y patrimonio propio. Esta ley une los dos ferrocarriles, Atlántico y Pacífico y abarca todos los ramales que desde 1871 han formado parte del patrimonio ferroviario nacional.

CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO

3.1 TIPO Y ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.1 Finalidad

Este proyecto tiene como finalidad construir un sistema electrónico seguro y eficaz para la señalización en los cruces ferroviarios, basado en los conocimientos en electrónica obtenidos y con el desarrollo de una investigación fundamentada en la funcionabilidad de dispositivos electrónicos. Este permitirá alertar a los peatones con discapacidades de visión o auditivas; de la aproximación del tren cuando transiten por un cruce del ferroviario, utilizando dispositivos electrónicos que cubran con los parámetros necesarios para este tipo de personas con condiciones especiales y puedan reconocer la alerta correspondiente, de acuerdo con esto, se refiere a una finalidad aplicada.

3.1.2 Dimensión Temporal

La dimensión temporal de este proyecto es de tipo transversal, ya que la idea del proyecto nace con la observación de la frecuencia en accidentes y atropellos con el tren en un intervalo corto de tiempo entre acontecimientos.

Las formas de señalización actuales no son lo suficientemente eficientes para prevenirlos, la peligrosidad de ciertos cruces y el excesivo tránsito de usuarios, tanto peatones como vehículos en las vías donde se interconectan los cruces ferroviarios con las calles y las aceras, son variables a considerar para obtener la solución al problema planteado.

3.1.3 Marco

El estudio de este proyecto sólo aborda el área de señalización vial para los cruces del ferrocarril para peatones. Por lo tanto, el proyecto es de marco macro y se trata de implementar y desarrollar un sistema que se encargue de las funciones de señalización para personas que presente alguna discapacidad tanto visual como auditiva y así prevenir futuros incidentes con el tren.

3.1.4 Naturaleza

En cuanto a la naturaleza de este proyecto, es de carácter cuantitativa, ya que se va a medir y registrar datos como: cantidad de cruces existentes, cruces más peligrosos; como también la ruta con mayor número de accidentes, estadísticas de atropellos y colisiones, específicamente en el campo de la electrónica, investigar el nivel de decibeles requerido para una alerta sonora en ambientes externos, medir distancias y tiempos que tarda el tren a partir de ser censado, a través de su trayecto hasta el cruce, su paso por el cruce hasta su detección después de haber cruzado, establecer los elementos para la activación de los dispositivos que van a emplearse como actuadores de sistema de señalización y crear una tabla de registro de la cantidad de veces, sentido de paso y horas en las que el tren circula por el cruce del tren como método de control.

3.1.5 Carácter

El carácter de este trabajo es de tipo proyecto tecnológico, iniciando el estudio por medio de una investigación, desarrollo de la información, construcción

y pruebas del prototipo a nivel de funcionabilidad de las necesidades existentes en el problema de señalización para personas con discapacidad visual o auditiva.

3.2 FUENTES Y SUJETOS DE INFORMACIÓN

La fuente de información de este proyecto se sustenta, tanto teórica como prácticamente, esto se debe a que toda la información investigada se valida con los resultados obtenidos en el proceso y desarrollo del proyecto en general.

3.2.1 Fuentes Secundarias

Este proyecto comprende todo su material basado en fuentes previamente publicadas, tales como; páginas electrónicas, documentos oficiales del gobierno de Costa Rica publicados en La Gaceta, periódico oficial, noticias basadas en periódicos y noticieros importantes del país, hojas de datos de los distintos fabricantes de los dispositivos utilizados, páginas oficiales de los distintos dispositivos y plataformas desarrolladas.

3.3 TÉCNICAS Y HERRAMIENTAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

El método de recolección de datos a utilizar es una encuesta, usando la plataforma de Google formularios debido a la facilidad de acceso y de ser compartida entre personas, la cual se realiza tomando como muestra 50 personas, el tipo de población no tiene clasificación, con preguntas abiertas que cubren los objetivos del proyecto.

A continuación, se muestra el cuestionario utilizado:

3.3.1 Encuesta señalización en cruces del Tren.

Descripción: La encuesta a continuación es para el desarrollo de un proyecto de graduación en Ingeniería Electrónica, el cual, consiste en un dispositivo electrónico colocado en cruces del tren que alerte a personas con discapacidad visual o auditiva, además de personas distraídas, de la aproximación del tren hacia el cruce ferroviario, esto por medio de pantallas con mensajes desplegados, agujas y alertas con mensajes de audio colocados en las aceras donde intersecan con las líneas del tren.

*Obligatorio

1. ¿Con qué frecuencia transita por lugares dónde se encuentre un cruce del tren?
(Veces al día) *

Ninguna.

Dos veces al día.

Cinco o más veces diarias.

2. ¿Conoce de la presencia y utilización de esta clase de dispositivos de señalización o algo relacionado en otros países? *

Sí.

No.

3. ¿Tiene algún miembro de su familia o conocido que presente alguna discapacidad visual o auditiva? *

Sí.

No.

4. ¿Cuál es su edad? *

15-20 años.

20-30 años.

30-40 años.

40- 50 años.

50 o más años.

5. ¿Cuánta importancia posee la implementación de este tipo de dispositivos en los cruces ferroviarios para personas con discapacidad visual o auditiva en nuestro país? *

Bastante relevante

No tan relevante

6. ¿Cree que se puedan reducir la cantidad de atropellos de personas contra el tren con un dispositivo con estas características? *

Sí

No.

7. ¿Considera posible que las personas que transiten por los cruces y vean el dispositivo funcionando, respeten las señales de alerta? *

Sí, es probable.

Es poco probable.

8. Con calificación del 0 al 10, ¿Qué protección brindaría a las personas con discapacidad visual o auditiva un dispositivo de esta índole presente en los cruces del tren? *

0-4 (Inexistente).

5-7 (deficiente pero funcional).

8-10 (Ideal).

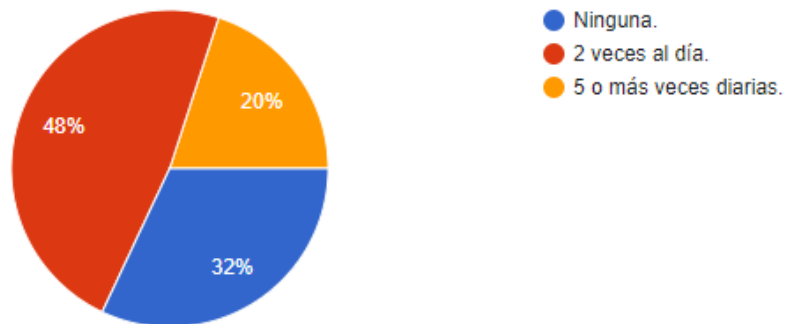
9. ¿Qué le parece la idea de la presencia de este tipo de dispositivos en los cruces más transitados de la Gran Área Metropolitana? *

3.3.2 Los resultados obtenidos de la encuesta se muestran a continuación:

Gráfico 1. Encuesta pregunta 1

¿Con qué frecuencia transita por lugares dónde se encuentre un cruce del tren? (Veces al día)

50 respuestas



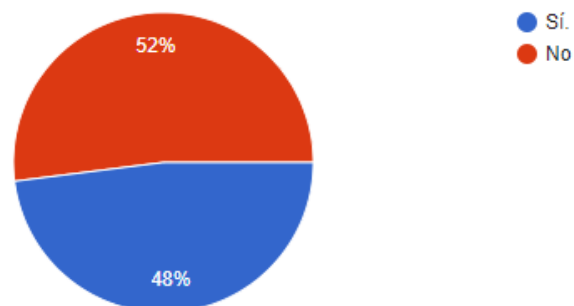
Fuente: Propia del autor.

En el Gráfico 1, se puede notar que entre los encuestados hay una tendencia bastante importante en su frecuencia al pasar por algún cruce ferroviario, ya que un 48% de ellos pasan dos veces diariamente por alguno de los cruces del tren, lo que pone al descubierto la necesidad de algún dispositivo de señalización preventiva.

Gráfico 2. Encuesta pregunta 2

¿Conoce de la presencia y utilización de esta clase de dispositivos de señalización o algo relacionado en otros países?

50 respuestas



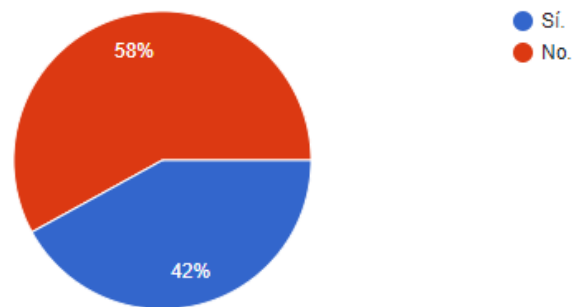
Fuente: Propia del autor.

En el gráfico 2, se observa que la mitad de los encuestados no conocen sobre algún otro dispositivo parecido o con las mismas características. La otra mitad sí conoce y está enterada de la presencia de algún dispositivo relacionado.

Gráfico 3. Encuesta pregunta 3

¿Tiene algún miembro de su familia o conocido que presente alguna discapacidad visual o auditiva?

50 respuestas

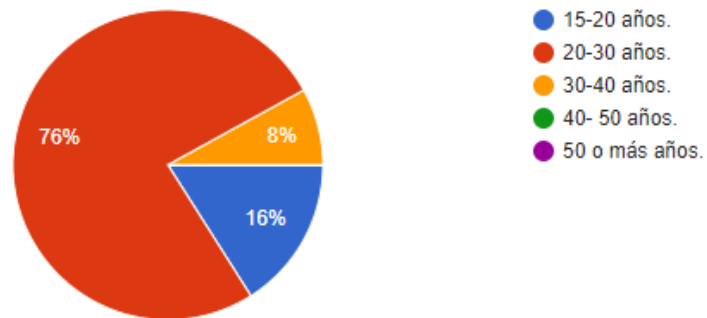


Fuente: Propia del autor.

En el Gráfico 3, se observa que un poco menos de la mitad de los encuestados conocen o tienen algún familiar con problemas de discapacidad.

Gráfico 4. Encuesta pregunta 4 ¿Cuál es su edad?

50 respuestas

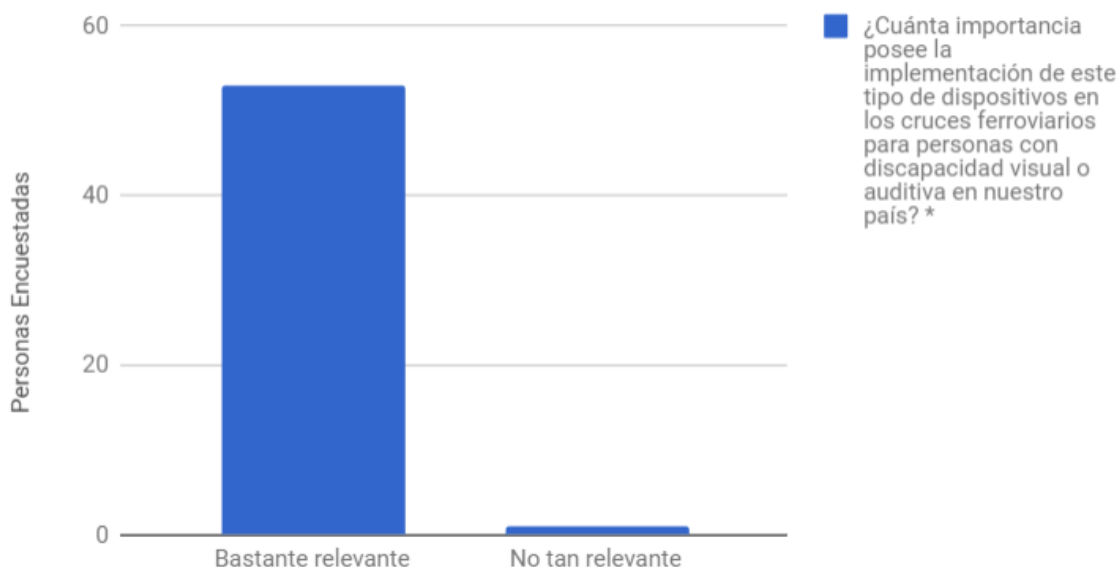


Fuente: Propia del autor.

En el Gráfico 4, se observa que el mayor número de personas encuestadas andaban por un promedio de edad de entre los 20 a 30 años, lo cual hace indicar que es la población más activa y se trasladan de un lugar a otro con mayor frecuencia, esto brinda un buen parámetro de medición.

Gráfico 5. Encuesta pregunta 5

Recuento de ¿Cuánta importancia posee la implementación de este tipo de dispositivos en los cruces ferroviarios para perso...



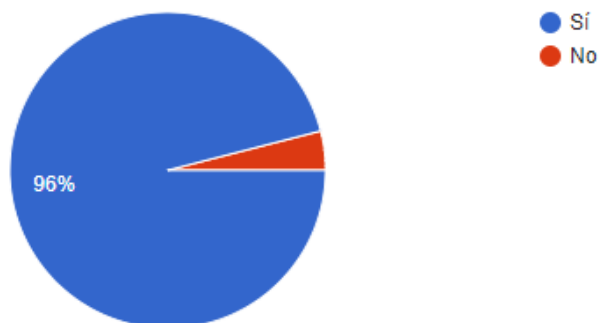
Fuente: Propia del autor.

En el Gráfico 5, la medición está basada en las respuestas dadas por los encuestados, se observa que la mayoría de las respuestas fueron con una visión positiva ante el proyecto.

Gráfico 6. Encuesta pregunta 6

¿Cree que se puedan reducir la cantidad de atropellos de personas contra el tren con un dispositivo con estas características?

50 respuestas

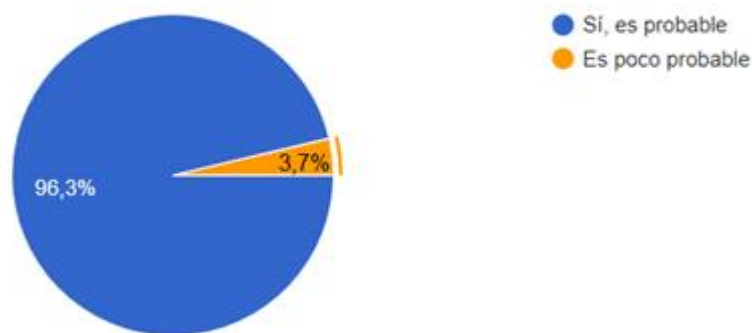


Fuente: Propia del autor.

En el Gráfico 6, se observa que las personas encuestadas creen en que un dispositivo de este tipo pueda reducir la cantidad de atropellos contra el tren. Aproximadamente, el 100% están de acuerdo, lo cual es un dato a considerar.

Gráfico 7. Encuesta pregunta 7
¿Considera posible que las personas que transiten por los cruces y vean el dispositivo funcionando, respeten las señales de alerta?

50 respuestas

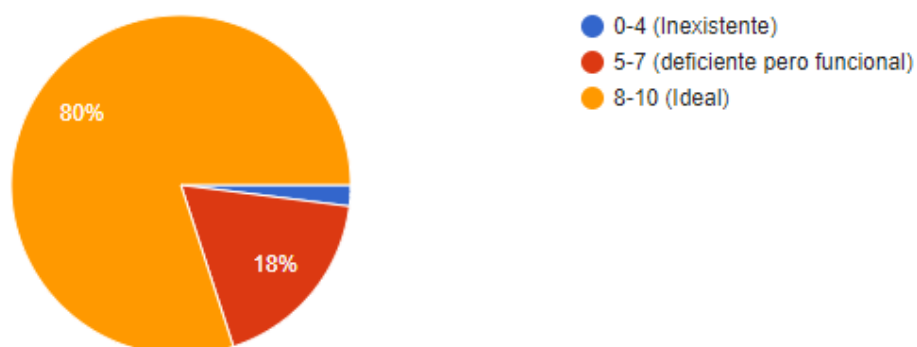


Fuente: Propias del autor.

En el Gráfico 7, se observa un comportamiento similar a los resultados de la pregunta 6, donde el proyecto tendría un impacto positivo en la población y se determina que las personas estarían dispuestas a respetar la señalización propuesta.

Gráfico 8. Encuesta pregunta 8
 Con calificación del 0 al 10, ¿qué protección brindaría a las personas con discapacidad visual o auditiva un dispositivo de esta índole presente en los cruces del tren?

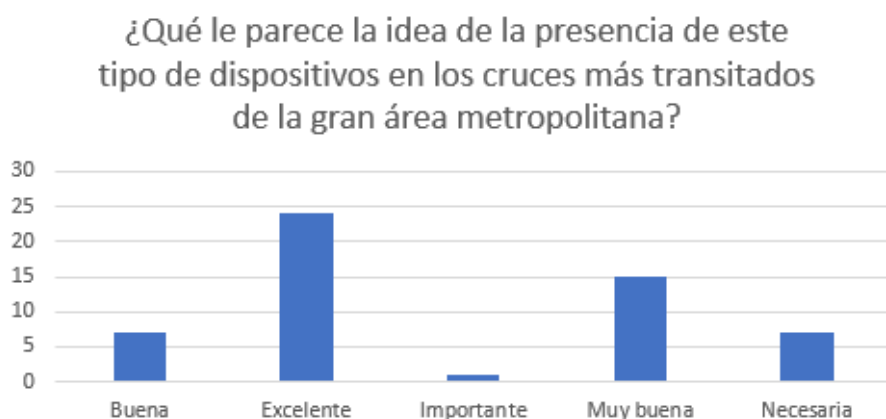
50 respuestas



Fuente: Propia del autor.

En el Gráfico 8, se puede notar que la calificación otorgada por los encuestados es bastante alta en niveles de protección establecidos, brinda un excelente panorama en cuanto a su funcionamiento.

Gráfico 9. Encuesta pregunta 9



Fuente: Propia del autor.

La pregunta número 9 y última, es de contexto buscando una opinión personal, sin embargo, se observa el respaldo y aprobación que recibe esta iniciativa.

Después de analizar los resultados de la encuesta realizada, como puntos importantes a destacar son:

1. Se observa que muchas personas que se desplazan de un lugar a otro de una manera u otra deben transitar por un cruce ferroviario.
2. También, la encuesta muestra números convincentes acerca del nivel de eficiencia y confianza que pueda brindar el dispositivo, de igual manera, la protección a la población discapacitada.
3. El nivel de aceptación dada por las personas encuestadas, lo ven como iniciativa necesaria y como buena propuesta.

3.4 VARIABLES DE INVESTIGACIÓN

Tabla 1. Variables de investigación

Objetivo General	Objetivos Específicos	Variables	Descripción
<p>Diseñar un sistema electrónico de señalización vial para personas con discapacidad visual o auditiva en los cruces ferroviarios, mediante el uso de microcontroladores Arduino y comunicación inalámbrica unidireccional por medio de dispositivos de radiofrecuencia.</p>	<p>Determinar la distancia de aproximación del tren por medio del sensor de posición lineal de efecto-Hall 49E con respecto a la medición de la polaridad norte y sur del campo magnético o relatividad del campo generada por un imán permanente o electroimán.</p>	<p>Sistema de detección del tren a su paso por cierto punto antes de su paso por el cruce.</p>	<p>Se determina la distancia de detención del tren, usando un sensor de efecto-Hall mediante el uso de imanes.</p>

<p>Desarrollar el código del sistema electrónico por medio de la plataforma de Arduino de acuerdo con los requerimientos que presenta el diseño.</p>	<p>Desarrollo del código en plataforma Arduino</p>	<p>El código se desarrollará mediante las especificaciones que presentan el diseño del sistema electrónico y los principios de operación de cada componente y módulos en función.</p>
<p>Establecer una conexión inalámbrica unidireccional mediante el uso de módulos emisor y receptor RF 433 MHz de acuerdo con el enlace de datos de radiofrecuencia.</p>	<p>Conexión inalámbrica entre dispositivos de radiofrecuencia.</p>	<p>Se establece la comunicación inalámbrica por medio de módulos de radiofrecuencia en el rango de los 433 MHz.</p>
<p>Elaborar una página web mediante la modificación de plantillas prediseñadas con respecto al protocolo</p>	<p>Elaboración de página web</p>	<p>Elaborar una página web por medio de la plataforma, por la cual el usuario tenga acceso a tablas donde se registren datos como Fechas, Horas y Dirección como sistema de</p>

HTML de páginas web.		control del tren a su paso del cruce ferroviario.
Elaborar una base de datos mediante la implementación de un servidor MySQL y con respecto a la herramienta de administración de MySQL escrita en lenguaje de programación PHP.	Elaboración de Servidor Web	Elaborar un servidor web que albergará toda la información recolectada. Dicha información estará disponible en la página web para mostrar los datos solicitados en la tabla.

<p>Los actuadores para la señalización del cruce ferroviario mediante el uso de: pantalla LCD, luces LED y barra de LED, servo motor, módulo de audio MP3 y parlante acorde con el diagrama eléctrico y el diseño del sistema electrónico.</p>	<p>Actuadores empleados para formar parte de la señalización en los cruces.</p>	<p>Definir y desarrollar todos los dispositivos de salida que cumplen con la función de actuadores, de acuerdo con el diseño del sistema electrónico planteado y las características de la población en estudio, abarcando todas sus necesidades.</p>
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

3.5 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Etapa 1

En la etapa 1 se desarrolla la definición del problema del proyecto, el porqué de la necesidad de desarrollar un proyecto de esta índole, y el enfoque práctico que se le está dando, debido a la frecuencia en accidentes contra el tren y la toma de medidas de prevención.

Etapa 2

La etapa 2 consiste en diseñar el sistema electrónico, con base en todas las variables físicas que presenta el proyecto como son: métodos de censado, teniendo en cuenta principios de operación y seguridad, métodos de comunicación inalámbricas donde exista la potencia necesaria de transmisión de datos y no hayan pérdidas de señal, utilizar la plataforma Arduino como cerebro del sistema electrónico encargado de enviar las órdenes y ejecutar acciones, y métodos de accionamiento de salida del sistema electrónico que funcionen como señalización en el cruce del ferrocarril; utilizando dispositivos con base en las variables que reciben esas señales. Esto a su vez con el diseño del diagrama de bloques y el diagrama eléctrico.

Etapa 3

En la etapa 3 se formulan el objetivo general y los objetivos específicos a medir, definiendo las metas que se quieren alcanzar al completar el proyecto en su totalidad, como las metas intermedias que se irán completando en el transcurso del

desarrollo del proyecto, esta etapa se limita al cumplimiento de metas específicas y lo que se busca es desarrollar y alcanzar.

Etapa 4

La etapa 4 consiste en la elaboración de una encuesta realizada a una población de 50 personas, las cuales contestaron un cuestionario basado en los objetivos del proyecto. Dicha encuesta tiene como resultado un estudio estadístico basado en gráficas en función de los resultados obtenidos.

Etapa 5

En la etapa 5 se procede a obtener los diferentes dispositivos que conforman el diseño electrónico planteado, al tenerlos físicamente, se continúa con establecer los diferentes parámetros de conexión, programación necesaria, y fijar un patrón de funcionamiento, además de la creación del montaje del prototipo en la maqueta con sus respectivas pruebas de funcionamiento.

CAPÍTULO IV. DIAGNÓSTICO

4.1 DETERMINAR LA SITUACIÓN ACTUAL (DIAGNÓSTICO, CAUSAS, CUANTIFICACIÓN)

4.1.1 Sistema Ferroviario

La situación actual del sistema de ferrocarriles se enrumba en una tendencia a que, entre más sea la frecuencia de viajes de manera proporcional, los accidentes se duplican de manera abismal, según La Nación del 19 de febrero de 2017 a las 12:00 AM “se registran 26 accidentes en 45 días del 2017; falta de educación y multas” (CHINCHILLA, 2017).

“Durante los últimos cuatro años los accidentes en los que sale afectado el sistema de trenes de pasajeros en el Área Metropolitana ha aumentado de manera significativa.

Sólo en el año 2013 se produjeron 63 accidentes (11 atropellos y 52 colisiones), para el año 2016 esa cifra aumentó de manera alarmante a 141 accidentes (119 colisiones y 23 atropellos); en el 2016 fallecieron 5 personas en accidentes con el tren.

Estas cifras se vuelven más graves si las ponderamos con la entrada en vigencia de la Ley de Tránsito por Vías Públicas Terrestres y Seguridad Vial, Ley N.º 9078, en octubre de 2012. A pesar de las altas multas y restricciones, que en su momento se aprobaron, pareciera que los choferes de vehículos no han tenido el

cuidado necesario y se exponen incluso a perder la vida ante las imprudencias que comenten.

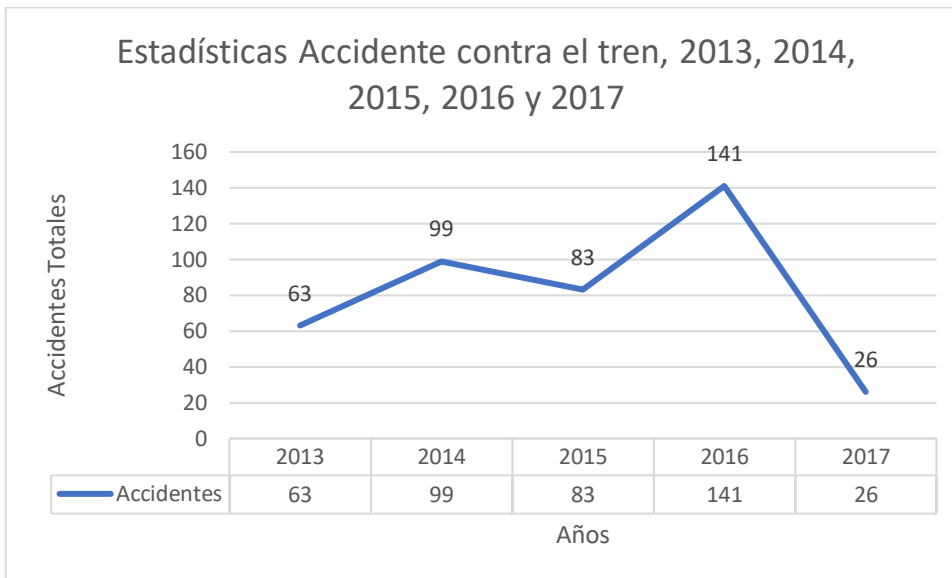
A lo anterior se suman las afectaciones directas que se provocan a más de nueve mil usuarios que en forma diaria utilizan el servicio de transporte público bajo la modalidad de trenes de pasajeros en el Área Metropolitana.” (Perez, 2017).

Tabla 2. Reportes de incidencias del Tren en el GAM

Reportes de incidencias del Tren en el área Metropolitana				
Accidentes				
Cantidad	63	99	83	141
Año	2013	2014	2015	2016
Atropellos	11	15	13	23
Colisiones	52	84	70	118
Total	63	99	83	141
Fuente: Elaboración propia con datos suministrados por el INCOFER				

Fuente: http://www.imprentanacional.go.cr/pub/2017/03/01/ALCA47_01_03_2017.pdf

Gráfico 10. Reportes de incidencias del tren en el área Metropolitana (ACCIDENTES)



Fuente:http://www.imprentanacional.go.cr/pub/2017/03/01/ALCA47_01_03_2017.pdf

De acuerdo con Chinchilla (2017) “La enorme y pesada máquina Apolo viaja a 40 kilómetros por hora, pero eso no impide que cada día, en los puntos donde las calles y la vía férrea se cruzan, muchos conductores prueben su suerte y atraviesen los rieles a pocos metros del convoy.

Esas actitudes son la causa de que, entre el 2013 y el pasado 14 de febrero, se hayan registrado 283 colisiones con el tren. El año más violento fue el 2016, durante el cual hubo 118 choques: 42 en la ruta San José-Cartago, 41 en la ruta San José-Heredia-Alajuela, 28 en la vía a Belén y siete en otros servicios especiales de INCOFER.” (CHINCHILLA, 2017)

4.1.2 Puntos recurrentes durante el año pasado.

Ilustración 40. Puntos recurrentes de Accidentes contra el tren

● Cantidad de colisiones



Fuente: http://www.nacion.com/nacional/transportes/Incofer-recupera-solo-millones-choques_0_1616838350.html

4.1.3 Colisiones por ruta

Gráfico 11. Colisiones por ruta

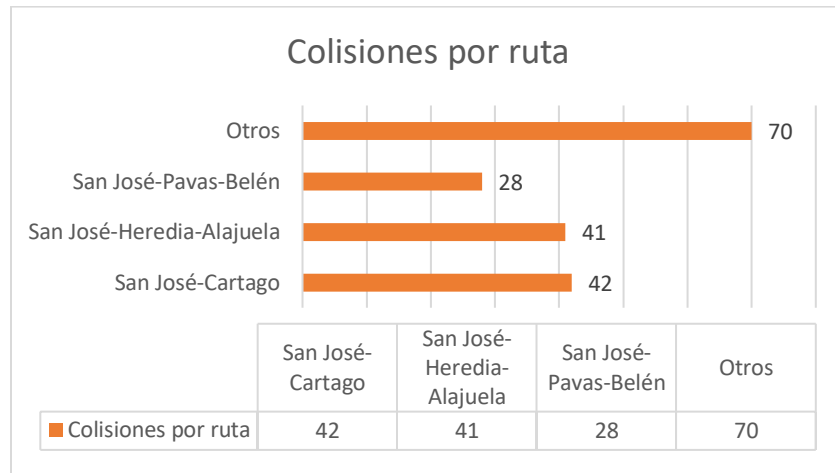
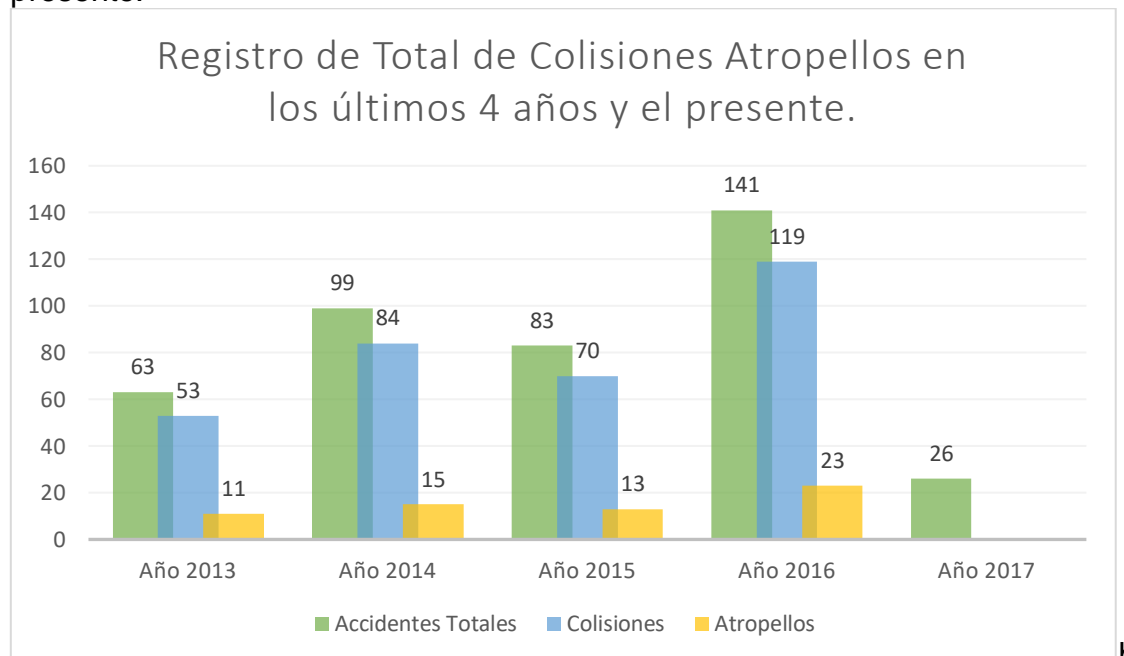
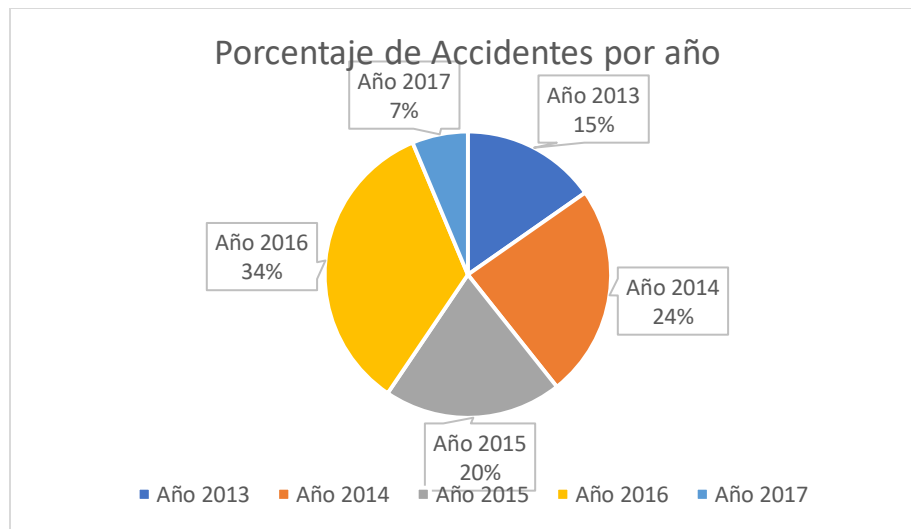


Gráfico 12. Registro de Total de Colisiones Atropellos en los últimos 4 años y el presente.



Fuente: http://www.imprentanacional.go.cr/pub/2017/03/01/ALCA47_01_03_2017.pdf

Gráfico 13. Porcentaje de accidentes por año



En todos los casos registrados en las estadísticas anteriormente mostradas hubo afectaciones, tales como: “abolladuras, piezas quebradas, viajes cancelados y tiempo perdido para los usuarios. No obstante, aun cuando las colisiones no son culpa del Instituto Costarricense de Ferrocarriles (INCOFER), la entidad asume todos los costos. De acuerdo con Christian Vargas, presidente ejecutivo del Instituto, la vía para cobrar los daños ocasionados a las máquinas es la conciliación en los tribunales de tránsito.

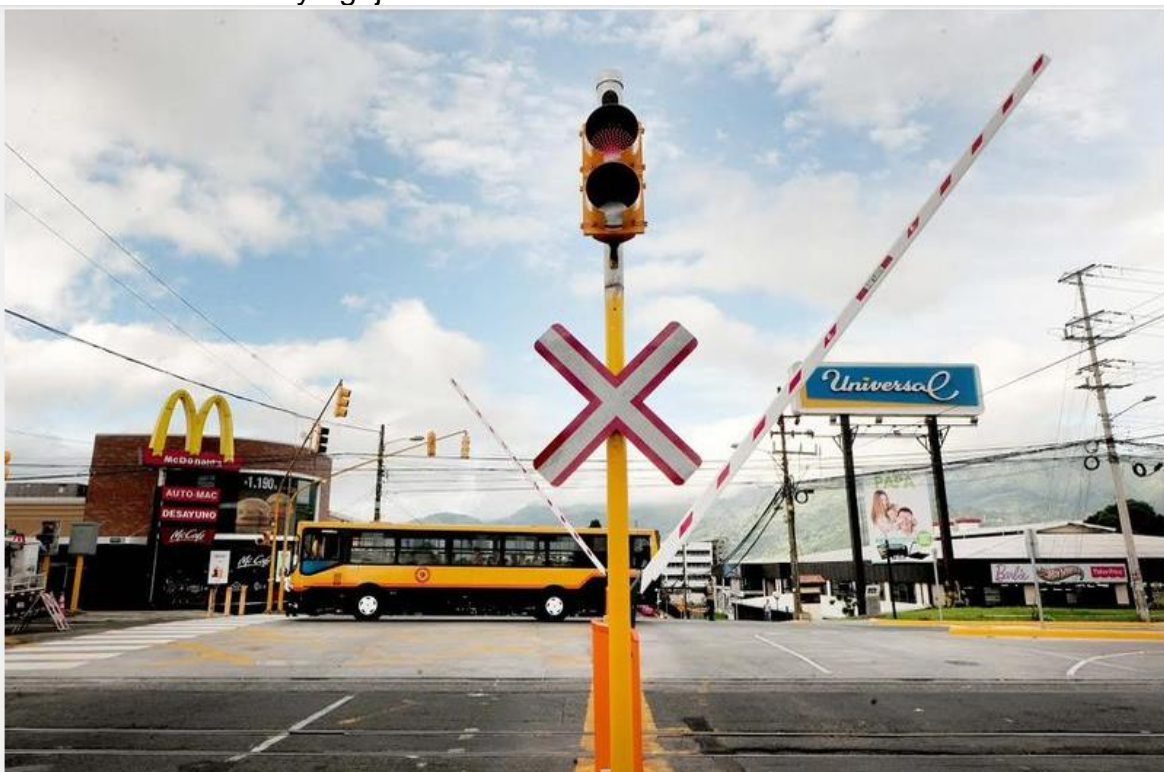
No obstante, explicó el jerarca, el proceso es tan engorroso que el pago suele exigirse solo cuando el choque lo ocasiona un vehículo pesado, ya que los daños son considerables, mientras que, con los automóviles y motocicletas, es más difícil cuantificar las pérdidas. Según Vargas: “Ellos (los trenes) son hasta cierto punto resistentes, por lo que no podemos estar diciendo: ‘bueno, por este daño deme ¢200.000’”.

Es por esa razón que, durante el 2016, el INCOFER logró recuperar solamente tres millones, correspondientes al pago que hizo una única empresa porque una de sus vagonetas invadió la línea del tren. De prosperar otros 13 procesos, se podrían cobrar otros ocho millones más, cifra que el propio Vargas considera ridícula.” (CHINCHILLA, 2017).

¿Y qué han hecho las autoridades competentes para eliminar esta problemática?

El MOPT (Ministerio de Obras Públicas y Transportes) apuesta a luces y agujas para evitar choques en 87 cruces de tren.

Ilustración 41. Luces y agujas en el sector de la Sabana



Fuente: http://www.nacion.com/nacional/transportes/Inversion-cruces-tren-millones_0_1611838822.html

Según menciona artículo del periódico La Nación "El Ministerio de Obras Públicas y Transportes invertirá ¢4.500 millones para instalar luces, campanas y agujas en 87 cruces del tren, ubicados en Pavas, Heredia, Curridabat y Cartago.

Así lo dio a conocer este miércoles el Consejo de Seguridad Vial (COSEVI), institución que agregó que las ofertas para este proyecto se recibirán hasta el 3 de febrero. La medida pretende reducir los accidentes entre automotores y equipo ferroviario.

De las 87 intersecciones, 27 –donde el flujo vehicular es menor a 1.800 carros por día– contarán con luces y campanas (de entre 98 y 107 decibeles), mientras que 60 –donde el transitan entre 1.800 y 2.500 vehículos al día– tendrán agujas, además de los dos elementos anteriores.

Los lugares donde se harán los trabajos se ubican entre Curridabat y Cartago (44), así como entre Pavas, Curridabat y Heredia (43). Estos fueron seleccionados a partir de estudios desarrollados por la Dirección General de Ingeniería de Tránsito, detalló COSEVI.

De acuerdo con Cindy Coto, directora ejecutiva del COSEVI: "Es claro que el derecho de vía es del tren y que es obligatorio hacer el alto, pero también comprendemos que muchos conductores no lo quieren entender así y preferimos hacer una inversión en seguridad ferroviaria, que seguir lamentando muertes por esta situación."

Coto afirmó que de acuerdo con los cálculos del COSEVI, los accidentes se podrían reducir hasta en un 80% y agregó que ya trabajan para instalar esas mismas medidas en la ruta entre Alajuela y Heredia.” (B, 2017)

Un caso concreto fue en el sector conocido como “El Pirro” en Heredia, sitio donde la Empresa de Servicios Públicos de Heredia, instaló agujas, luces y señalización horizontal y vertical. La cantidad de choques que se presentan en el cruce del sector conocido como “El Pirro”, motivó a la Empresa de Servicios Públicos de Heredia (ESPH) a instalar una aguja para evitar que las cifras sigan en aumento. Además de una aguja, el cruce tendrá señales visuales y auditivas que les indiquen a los conductores cuando el tren se está acercando.

Según, Francisco Ángulo, vocero de la ESPH: “Los trabajos empezaron hace 3 días y estaríamos haciendo las pruebas finales el viernes. Se hizo un cableado subterráneo de 250 metros a cada lado del cruce, Ahí se había puesto un reductor de velocidad, pero no había dado mucho resultado. Funciona con un sensor que baja la aguja cuando el tren está a 150 metros del cruce, para detener el flujo vehicular”.

La portavoz del INCOFER, María Fernanda Arias, asegura que se trata de un proyecto piloto: “La Empresa de Servicios Públicos de Heredia está desarrollando esos sistemas de seguridad vial y nos solicitaron permiso para colocar señalización vial y auditiva en el sector del Pirro. Es un plan piloto para mostrarnos cómo son los sistemas que ellos están trayendo y con los que están trabajando”. Las pruebas

finales de funcionamiento estuvieron previstas el día 27 de enero del 2017, por lo que se estimó que las agujas comenzarían a funcionar la siguiente semana.

La medida más reciente fue la tomada por el poder legislativo, el cual hizo MODIFICACIÓN PARCIAL DE LA LEY DE TRÁNSITO POR VÍAS PÚBLICAS TERRESTRES Y SEGURIDAD VIAL, LEY N.º 9078, DE 26 DE OCTUBRE DE 2012, Y SUS REFORMAS, Publicado en el diario oficial La Gaceta el 1 de mayo de 2017, en la cual se menciona que: “El presente proyecto de ley pretende establecer sanciones más graves y hasta la acumulación total de los puntos permitidos para los conductores (que conllevaría a la suspensión de la licencia de conducir), para todo aquel que irrespete las señales de alto en el derecho de vía ferroviario y colisione con el tren, en vista de las repercusiones explicadas anteriormente.

Con la modificación propuesta a la ley de tránsito, además del conductor condenado en sentencia firme por la comisión de los delitos tipificados en Código Penal, Ley N.º 4573, de 4 mayo de 1970, y sus reformas, también acumulará 12 puntos por irrespetar la señal de alto en el derecho de vía ferroviario, colisionando contra el tren o alguno de sus vagones.

De la misma forma, se incluye una multa dentro de la categoría B, sancionada con ¢ 189.000,00 y la acumulación de cuatro puntos en la licencia, al conductor que irrespete la señal de alto en el derecho de vía ferroviario y dañe cualquiera de los dispositivos instalados como alerta y seguridad.

Finalmente, se modifica el inciso z) del artículo 145 para que se sancione con una multa de  94.000,00 a quien irrespete señal de alto en el derecho de vía ferroviario y circule evadiendo el control, estacione u obstruya con cualquier tipo de vehículo el derecho de vía ferroviario.” (Perez, 2017).

4.1.4 Estándar Europeo que rige la señalización en cruces del ferrocarril

El siguiente documento es acerca del estándar europeo que estable como se deben colocar de manera correcta la señalización en los cruces del ferrocarril que será implementado por el Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT), en 42 cruces en la Gran Área Metropolitana.

4.1.4.1 Equipos que instalar

4.1.4.1.1 Especificaciones Generales:

El controlador del Paso a Nivel deberá estar preparado para funcionar, de forma centralizada con un sistema de mando centralizado (CTC) de aplicación ferroviaria, ampliable para el mando y comprobación de estaciones (enclavamientos), bloqueos y pasos a nivel.

i. Capacidad de trabajo en dos modalidades:

- Modo local obedeciendo a la programación de una tabla de eventos.
- Modo de destello, cuando se detecte existencia de un conflicto en la programación, falla de luces, por comando en la tabla de eventos.

Todo el controlador debe ser Fail Safe o SIL4, ante cualquier fallo deberá pasar a modo seguro y evitar dar informaciones al maquinista o a los conductores que comparten un riesgo de accidente.

Para acreditar lo solicitado en el punto anterior se deberá aportar, al menos, una de las dos certificaciones siguientes:

- Certificado emitido por la FRA (Federal Railroad Administration), que cumple con los procesos y prácticas recomendadas por AREMA, y que se garantice un nivel de integridad FailSafe.
- Certificado por parte de un ISA (Evaluador Independiente de Seguridad) que garantice un nivel de integridad de seguridad SIL-4, según el cumplimiento de la normativa CENELEC.

El controlador centralizado será de diseño específico para la ampliación ferroviaria de pasos a nivel

- i. Controlado por microprocesador o microcontrolador de 32 bits o superior, en su bus de datos y registros.
- ii. Con la siguiente memoria como mínimo:
 - 20 Kbyte de memoria flash
 - 256 bytes memoria RAM

- 128 bytes de memoria NVRAM
 - 8 Kbyte de memoria para almacenamiento de programación
- iii. El modo de programación del controlador podrá ser por medio de display y teclado incorporado al controlador, mediante un PC portátil como programador independiente, por medio de una laptop o cualquier combinación de los anteriores.
- iv. El Software del control debe permitir programar como mínimo:
- Un crucero.
 - Una secuencia por crucero.
 - Programación estándar
 - Programación de eventos especiales
 - Con capacidad para detectar hasta ocho detectores.
- v. Para funcionar con corriente eléctrica a 120 VAC, 60 Hz. Con una variancia del 20% o 12 Vcc a 24 Vcc, basado en celdas fotoeléctricas.
- vi. Todas las partes serán de fabricación estándar y completamente nuevas. Será imprescindible que el controlador tenga una configuración mecánica tipo rack, para una rápida sustitución de los subsistemas, así como disponer de una configuración modular. Por lo tanto, el controlador estará formada por un rack y tarjetas electrónicas fácilmente sustituibles en el rack.

- vii. Los circuitos de salida hacia las luces de los semáforos barreras y campanas deberán ser en grupos de señales o señales individuales.
- viii. El controlador dispondrá de un registrador que grabará todos los eventos que se produzcan (avisos de trenes, encendido de semáforos y de señal al maquinista, liberación del paso, apagado de las señales y subida de las barreras). El registrador también grabará las alarmas de fallo de alguno de los sistemas, además estará preparado para enviar toda la información mediante una red de comunicaciones (GSMR, Fibra Óptica, otros.) a uno o varios puestos de control donde procesarla.

El registrador dispondrá de una memoria de grabación de 30 días, la información podrá ser extraída mediante un ordenador portátil.

- ix. El gabinete deberá de cumplir con las normas NEMA, estar construido en hierro o aluminio pintado en gris con pintura al horno de 2.5 mm de espesor. La puerta debe tener un empaque de neopreno a prueba de agua y polvo. La caja debe de incluir un sistema de cerradura de palanca de tres puntos, que asegure la puerta arriba, abajo, y al centro, otra cerradura con llave que inmoviliza la cerradura de palanca. Este gabinete debe ser montable en pedestal. La ventilación del gabinete debe contar con múltiples perforaciones que permitan el enfriamiento del equipo eléctrico, además llevará instalado un filtro para evitar la entrada de basura, agua, o polvo al gabinete. Este tendrá que poseer una marca troquelada con la leyenda COSEVI-DGIT en la

puerta y laterales, además cada controlador debe contar con un número de serie o número de chasis, para ser diferenciado de otro controlador.

- x. El control deberá suministrarse con su respectivo protector de entrada (disyuntor principal), los fusibles y porta fusibles necesarios.

4.1.4.1.2 Especificaciones particulares:

El control, para intersecciones de ferrocarriles, tiene como finalidad advertir a los conductores que se dirigen a la intersección, de la posible aproximación del Tren. Esto se realiza mediante señales luminosas especiales, barreras y un sistema acústico especial, que advierten a los conductores y peatones que tienen que cruzar las vías del tren (Ver ilustración 41).

Para efectuar esto, el control requiere de detectores instalados en la vía del ferrocarril, que le notificarán la presencia del tren en zona crítica. En el momento en que este es detectado, el control inicia una secuencia de operación especial para activar los elementos de advertencia descritos anteriormente, y luego, desactivarlos una vez que el tren se aleje de la intersección. Una descripción detallada de la operación es presentada en el punto denominado, Descripción del Programa Estándar.

4.1.4.1.3 Descripción de la instalación completa.

En esta sección se presentan todos los componentes que formarán parte del control estándar. Cualquier otra configuración que se considere especial y que podría requerir incluso un programa y control especial, deberá ser especificado en la oferta. En la ilustración 41, se muestra la colocación de los elementos que irían conectados al control.

Por ello, el controlador tendrá cuatro detectores dentro de las vías: dos de **activación** y dos de **desactivación**. Estos últimos se deberán de instalar lo más cerca de la orilla de la calle. Los de **activación** deberán ser instalados a una distancia que depende de la velocidad a la que el ferrocarril se desplace en las cercanías de la intersección. Esta distancia se mide desde la orilla de la calle y está dada por la siguiente fórmula:

$$\text{Distancia} = 3.35 \times \text{Velocidad (km/hora)}$$

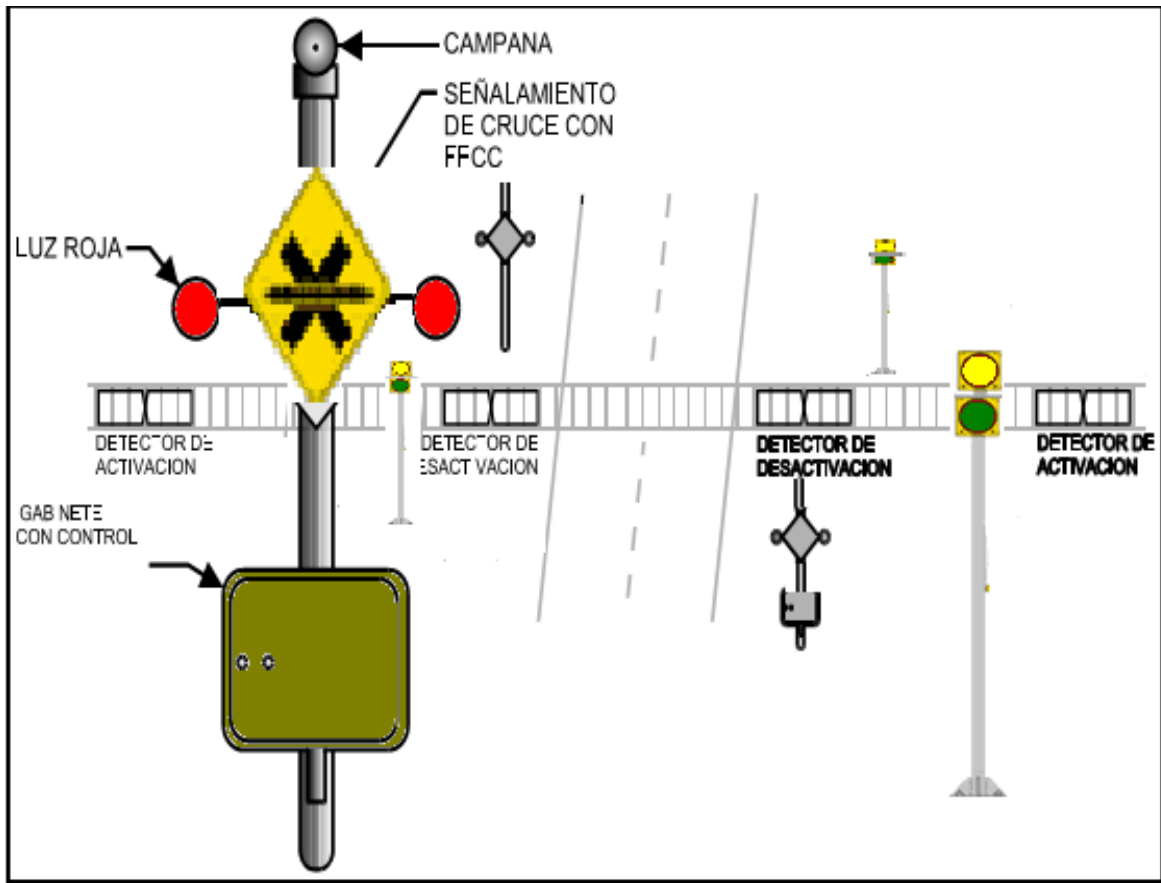
Por ejemplo, si la velocidad del tren es de 40 km/hora entonces:

$$\text{Distancia} = 3.35 \times 40 \text{ (Km. /hora)}$$

$$\text{Distancia} = 134 \text{ metros}$$

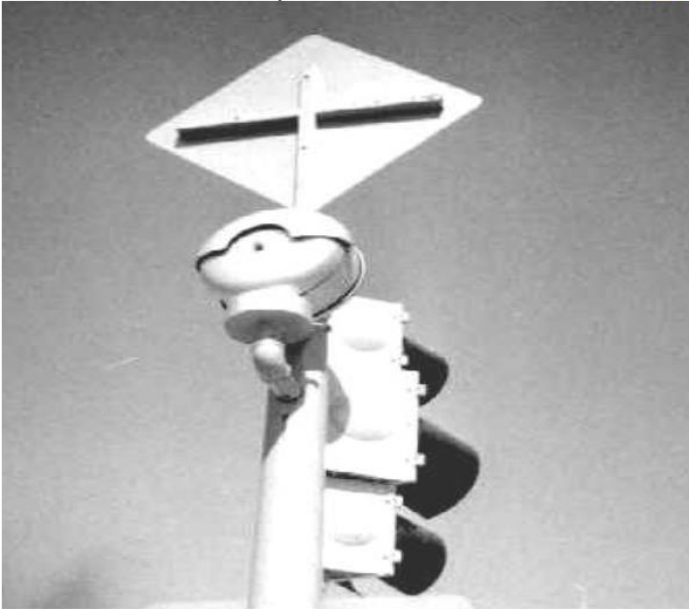
Para las estimaciones de las cantidades, se ha supuesto una distancia de los sensores de activación de 200m, teniendo en cuenta la velocidad actual de circulación del tren, el tiempo de aviso de las señales luminosas, el de bajada de las barreras, más un margen de seguridad para posibles variaciones futuras de los parámetros considerados.

Ilustración 42. Colocación de los elementos conectados al control.



Nota: Se utilizará la señal Cruz de San Andrés, en lugar de la señal preventiva de cruce de ferrocarril.

Ilustración 43. Campana intersecciones de Ferrocarriles.



Las conexiones de los sensores pueden ser llevadas directamente al control o emplear registros, cada 25 a 30 metros, si se considera conveniente.

Como se puede ver en la ilustración 43, el control alimentará ambos lados de la intersección, un juego de luces rojas para los vehículos y otro de luces amarillo y verde para el maquinista. Además, alimenta una campana especial para este tipo de intersecciones. La forma de conectar estos elementos al control, así como los detectores del tren, se muestra en las tablas 3 y 4.

Tabla 3. Conexión de las salidas de control.

Conexión de las Salidas del Control	
Salida	Destino
Rojo 1	Juego de Luces Rojas destello para vehículos
Rojo 2	Juego de Luces Rojas fijas para vehículos.
Verde 1	Juego de Luces verde destello para maquinista
Amarillo 1	Juego de Luces Amarillo destello para maquinista
SALIDA 1	Activación de campana
SALIDA 2	Prevista para activar una barrera en el futuro

Con respecto a la tabla anterior, las luces rojas intermitentes son dos lámparas a leds de 8" de diámetro que se encienden alternadamente, con una frecuencia de un Hertz con el fin de indicar a los conductores de vehículos que se aproximan a una intersección con tren. Se colocan en cada lado de la intersección con la cara hacia los vehículos y al lado derecho en el sentido de circulación. De igual manera, las luces rojas fijas son dos lámparas de leds de 8" de diámetro que permanecerán encendidas mientras el sistema este activado por el tren e indican a los conductores que deben detenerse.

Asimismo, las luces amarillas intermitentes son dos lámparas a leds de 8" de diámetro que se encienden alternadamente, con una frecuencia de un Hertz con el fin de indicar al maquinista que se aproxima a una intersección con vehículos y que existe algún problema en la intersección, estas deben de colocarse a 40 m de la intersección en el sentido de la vía férrea.

Las luces verdes fijas son dos lámparas a leds de 8" de diámetro que se encienden con el fin de indicar al maquinista que se aproxima a una intersección con vehículos

y que no existen problemas en la intersección, estas deben de colocarse a la misma distancia de las luces anteriores.

Tabla 4. Conexión de las entradas del control

Entrada	Destino
Detector 1	Detector de Activación derecha
Detector 2	Detector de Desactivación derecha
Detector 3	Detector de Activación izquierda
Detector 4	Detector de Desactivación izquierda

4.1.4.1.4 Descripción programa estándar

En el programa estándar del control para intersecciones de ferrocarril, en las condiciones en que no se encuentra ningún tren en la zona de detectores, todos los elementos de advertencia se encuentran desactivados, y. tanto las luces rojas como el sistema acústico se encuentran apagados. Solamente las luces amarillas del maquinista estarán funcionando.

Cuando un tren que se acerque a la intersección se encuentre entre alguno de los detectores de activación (ver ilustración 44), se iniciará la secuencia, como sigue:

1. Se encenderán las luces rojas intermitentes para vehículos.
2. El sistema acústico comenzará a sonar.
3. Se activarán las barreras en aquellas intersecciones que las usen.
4. Si no existe ningún conflicto se apagará la luz amarilla del maquinista y se encenderá la luz verde para el maquinista.

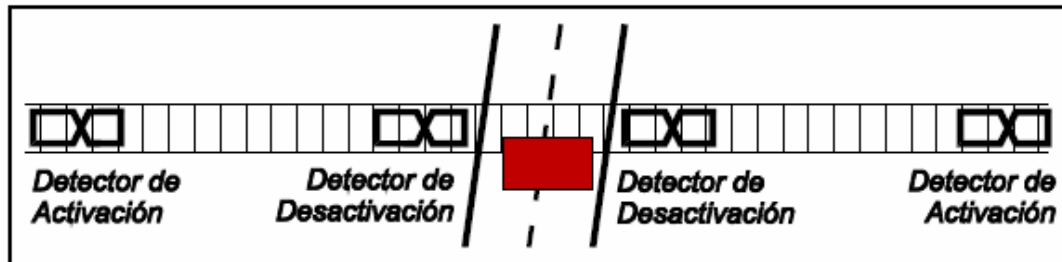
5. Si existe algún conflicto las luces amarillas de maquinista destellarán y desactivarán las barreras.

Esta situación se mantendrá hasta que el tren haya terminado de pasar por el detector de desactivación que se encuentra más alejado del de activación que inició toda esta secuencia o bien una vez corregido el conflicto.

En el momento que termine de pasar el último carro del ferrocarril por el detector de desactivación, las luces rojas intermitentes y el sistema acústico dejarán de funcionar. Las barreras retornarán a su posición vertical.

Existen ocasiones en las cuales el tren que se dispone a pasar por la intersección realiza maniobras, como las combinaciones de posibles movimientos que él mismo pueda realizar son grandes en número, el control cuenta con un “timer” interno para evitar que un tren que no pasó por completo por la intersección en cuestión, deje a las luces rojas, la campana y barreras activadas por un tiempo indefinido, sin que ningún ferrocarril se encuentre en las cercanías. Este “timer” mide el tiempo desde que el ferrocarril pasó por el detector de activación y el instante en que pasa por primera vez por el detector de desactivación. Si este tiempo excede un máximo preestablecido, el control esperará a que el tren no sea detectado en ninguno de los puntos, para reiniciarse y volver al estado inicial descrito en esta sección.

Ilustración 44. Detectores de Activación y Desactivación.



4.1.4.1.5 Detector del tren.

El sistema de detección de trenes no podrá estar basado en circuitos de vía, espiras de detección de masa u otros sistemas que no sean específicamente de detección puntual, con ello se pretende evitar la falsa activación del paso a nivel por vehículos, motocicletas, autobuses o carros. Asimismo, el sistema de detección no podrá estar basado en un detector electromagnético fijado a un solo lado del riel, con ello se pretende obviar fallos en la detección en vías con bajo mantenimiento o material móvil con sobre anchos en las ruedas.

Es importante mencionar que se deben instalar sistemas de detección del tipo electromagnéticos (pedales) específicos para la detección de ruedas de tren, estos pedales deberán garantizar la detección segura de los ferrocarriles. El sistema electromagnético de detección deberá estar basado en dos parejas de emisores receptores, localizados a los dos lados del riel.

Asimismo, los pedales deberán ser instalados mediante fijación mecánica. Para su máxima robustez, dicha fijación deberá efectuarse al menos mediante dos tornillos insertados por medio de taladros en el alma del riel.

Para no limitar la participación de empresas como posibles oferentes con sistemas modernos, se consideró que se puede presentar ofertas sin perforación de los rieles. Mientras se garantice en las ofertas sin perforación, que el sistema de agarre sea lo suficientemente eficaz para que no sea fácil presa del vandalismo o se afloje con facilidad, pierda eficacia y ocasione un accidente, se tendrá que demostrar a la administración, mediante pruebas en el campo que el modo de sujeción de los pedales al riel cumple con lo requerido por la administración y se realizarán pruebas al método de sujeción antes de ser recibidas por la misma.

De igual forma, ese sistema de detección permite obtener información de la proximidad de los trenes o realizar las operaciones de desactivación del cruce a nivel.

Los pedales deberán cumplir con las siguientes especificaciones:

- Permite velocidades de hasta 100 Km/h, y poder instalarse en los diferentes tipos de riel, traviesas y vías electrificadas o no siendo compatible con el tráfico urbano en plataforma compartida.
- La información de salida se deberá realizar según el tipo, mediante un contacto libre de potencial, que permanece activado durante el tiempo de paso de ejes.
- Detección con inmunidad a interferencias de tracción, circuitos de vía y masas metálicas en su proximidad.
- Fijación antivandálica

El contratista deberá canalizar a sesenta centímetros mínimo.

El detector debe ser ***Fail Safe***, ante cualquier fallo deberá pasar a modo seguro y evitar dar informaciones al maquinista o a los conductores que conlleven a un riesgo de accidente.

Para ello se deberá aportar una de las dos Certificaciones siguientes:

Certificado emitido por la FRA (Federal Railroad Administration), que cumple con los procesos y prácticas recomendadas por AREMA.

Certificado por parte de un ISA (Evaluador Independiente de Seguridad) que garantice un nivel de integridad de seguridad SIL-4, según el cumplimiento de la normativa CENELEC.

4.1.5 Discapacidad en Costa Rica

La situación actual de las personas con discapacidad en Costa Rica está en constante reformación, actualización y planificación de mejoras, con respecto a las oportunidades económicas y de accesibilidad al espacio público, y en relación con las políticas que garantizan los derechos de personas con discapacidad.

Recientemente, el Consejo Nacional de Personas con Discapacidad (Conapdis), presentó los resultados generales correspondientes a la primera edición del Índice de Gestión en Discapacidad y Accesibilidad (Igeda, 2017).

Durante el desarrollo de este estudio, le correspondió a la Unidad de Fiscalización definir como parte de sus procesos de trabajo, una metodología mediante la cual se consultó información vinculada con el cumplimiento de los derechos de las personas

con discapacidad en Costa Rica, considerando que el marco legal en discapacidad ha sido fortalecido desde la promulgación de la Ley 7600 de Igualdad de Oportunidades para las Personas con Discapacidad, incorporando instrumentos normativos internacionales y nuevas leyes nacionales.

El Índice de Gestión en Discapacidad y Accesibilidad (Igeda, 2017), inicia de un ejercicio de autoevaluación por parte de las instituciones públicas y municipalidades, cuyo propósito es fortalecer el compromiso de las entidades y su actuar en el cumplimiento de los derechos de las personas con discapacidad, así como determinar sus avances, retos y desafíos de conformidad con las responsabilidades que la normativa nacional e internacional les asigna.

La metodología utilizada es por medio de una autoevaluación, la cual se elabora sobre la base de un cuestionario que permite al Conapdis contar con información general de la gestión en discapacidad por parte de las entidades públicas, quienes, a su vez, realizan un proceso reflexivo sobre su nivel de cumplimiento de la normativa vigente y su actuación en correspondencia a garantizar los derechos de las personas con discapacidad.

En lo fundamental, el modelo de evaluación/fiscalización del Igeda se ha establecido sobre la base de categorías, áreas de desempeño o de gestión.

4.1.5.1 Las categorías son las siguientes:

1. Fortalecimiento Institucional: Se requiere en los diversos niveles que componen en sí una institución. Ese fortalecimiento puede estar dirigido a los principios que sustentan un segundo elemento como la organización y su estructura,

la cual requiere del tercer elemento que son los recursos (humanos, financieros, económicos y técnicos) para cumplir con sus responsabilidades y obligaciones establecidos en la normativa.

2. Actitudinal: Se refiere a las manifestaciones que se perciben de costumbres, prácticas, ideologías, normas, valores, construcciones sociales, creencias y conceptos que dentro de las entidades se posee, con respecto a las personas con discapacidad, que impactan en el comportamiento y la vida social de las personas, posibilitando el origen de prácticas positivas, negativas y discriminatorias.

3. Servicios Accesibles: Garantizan la plena participación de las personas con discapacidad, aplicando los principios de independencia y autonomía, garantizando la igualdad y equidad que corresponde a toda la población, indistintamente de su condición o situación social.

4. Entorno Inclusivo: Evalúa elementos y aspectos del entorno natural y físico de las entidades que garanticen el acceso de las personas con discapacidad al pleno ejercicio de sus derechos en igualdad de condiciones y oportunidades.

Los resultados obtenidos del Índice de Gestión en Discapacidad y Accesibilidad son representados en cuadros y gráficos que contienen información de las entidades del sector público costarricense, separadas por instituciones públicas y municipalidades.

En la tabla 5, se visualiza un total de 128 instituciones públicas que completaron en un 100% la autoevaluación del Igeda, se puede determinar los primeros diez

lugares, según su posición, de acuerdo con las respuestas afirmativas que aportaron en la herramienta, los cuales se destacan en color verde.

Por ellos, estas diez primeras instituciones son relevantes en el desarrollo social e inclusivo de las personas con discapacidad, las ubicadas en las restantes posiciones también aportan al mejoramiento de las condiciones y calidad de vida de la población con discapacidad en diferentes ámbitos, por lo que todas deben mejorar en su gestión para que se garantice el respeto de los derechos plasmados en la normativa vigente.

El color verde hace referencia a las primeras diez posiciones del Igeda 2017, según puntaje obtenido en un rango de 0 a 1000 puntos.

Tabla 5. Totalidad de instituciones públicas por posición, según el puntaje obtenido

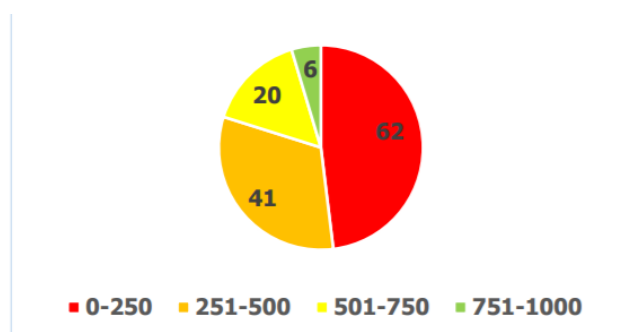
Nombre Entidad	Posición
Banco Central de Costa Rica (BCCR)	1
Instituto Nacional de Aprendizaje (INA)	2
Asamblea Legislativa	3
Universidad Nacional (UNA)	4
Refinadora Costarricense de Petróleo S.A. (RECOPE)	5
Tribunal Supremo de Elecciones	6
Poder Judicial	7
Universidad de Costa Rica (UCR)	8
Dirección General del Archivo Nacional	9
Banco Nacional de Costa Rica (BNCR)	10

Es importante mencionar, que el Instituto Costarricense de Ferrocarriles (INCOFER), se encuentra situado en la posición 118, lo cual deja mucho que pensar en las deficiencias que presenta esta institución con respecto a las facilidades para personas con discapacidad.

Instituto Costarricense de Ferrocarriles (INCOFER)	118
----------------------------------------------------	-----

En el Gráfico 14, representan la totalidad de instituciones públicas y municipalidades respectivamente, por rangos de puntaje obtenido, según aporte de respuestas afirmativas.

Gráfico 14. Cantidad de instituciones públicas por puntaje asignado, según repuestas afirmadas aportadas



Elementos que considerar, según los resultados del Igeda 2017, ante el incumplimiento de deberes que implica la desatención de aspectos vinculados con los derechos de las personas con discapacidad, el Conapdis procederá a emitir resoluciones a los entes competentes para que se dispongan las consecuencias

que implica el estar infringiendo normas como la ley 7600 y la ley 8661, las cuales delegan responsabilidades al Estado costarricense a través de sus instituciones.

4.1.6 Censo Nacional 2011

Según datos del X Censo Nacional de Población y VI de Vivienda 2011, en el país el 10,5% de la población posee al menos una discapacidad (452.849 hab.). De esta población, el 48,2% son hombres (218.395 h.) y el 51,8% son mujeres (234.454 m.), quienes habitan en todo el territorio del país, y merecen vivir en igualdad de condiciones que la población que no presenta discapacidad, así como también ameritan tener acceso a garantías que propicien la equidad, inclusión y participación social en todos los ámbitos.

Tabla 6. Costa Rica: población con discapacidad según sexo (Censo Nacional 2011)

Condición	Hombre	%	Mujer	%	Total	%
Sin Discapacidad	1.887.668	89,6%	1.961.195	89,3%	3.848.864	89,5%
Con discapacidad	218.395	10,4%	234.454	10,7%	452.849	10,5%
Total	2.106.063	100%	2.195.649	100%	4.301.713	100%

Fuente: Elaborado con datos del X Censo Nacional de Población y VI de vivienda 2011.

El siguiente gráfico representa la discapacidad según el sexo, el porcentaje se calcula en relación con cada género.

Gráfico 15. Costa Rica: población con discapacidad por sexo (Censo Nacional 2011)

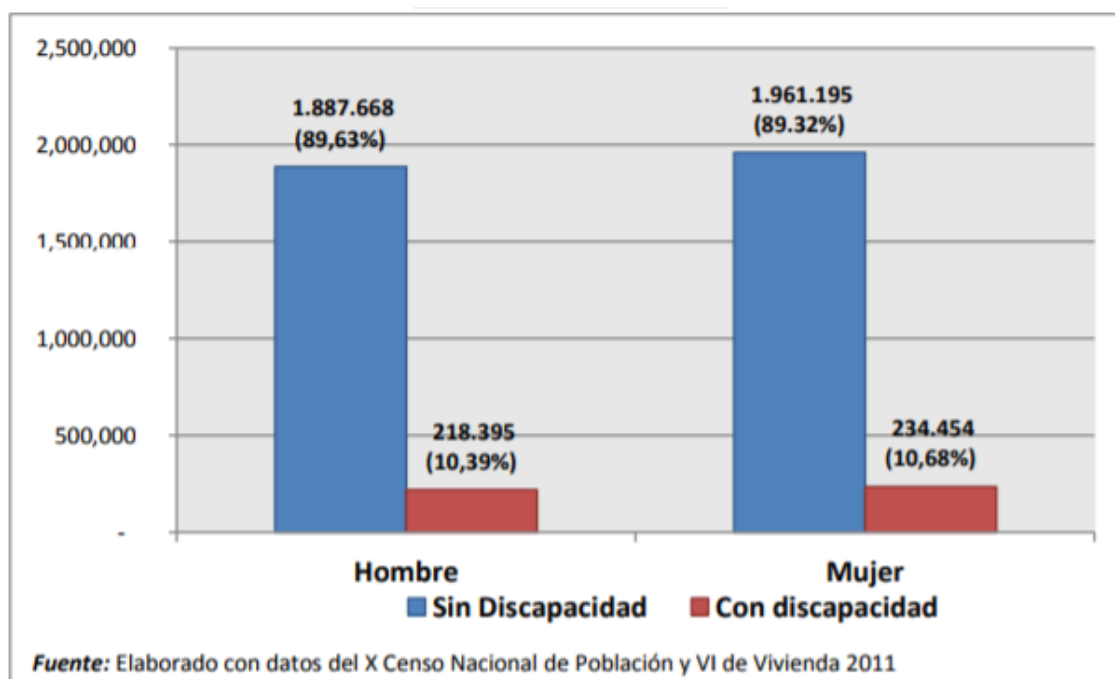


Tabla 7. Costa Rica: población con discapacidad, según provincia y sexo

(Censo Nacional 2011)

Provincia	Hombre	%	Mujer	%	Total
San José	70.690	45,4%	84.959	54,6%	155.649
Alajuela	41.867	49,9%	41.999	50,1%	83.866
Cartago	21.716	48,4%	23.196	51,6%	44.912
Heredia	20.589	47,7%	22.576	52,3%	43.165
Guanacaste	17.517	49,1%	18.130	50,9%	35.647
Puntarenas	23.800	51,4%	22.519	48,6%	46.319
Limón	22.216	51,3%	21.075	48,7%	43.291
Total	218.395	48,2%	234.454	51,8%	452.849

Fuente: Elaborado con datos del X Censo Nacional de Población y VI de vivienda 2011.

En la Tabla 7, se observa que el mayor número y porcentaje de personas se presenta en la Gran Área Metropolitana y lugares donde se manifiesta actividad diaria del servicio de trenes.

4.1.6.1 Tipo de discapacidad

A continuación, se presenta la distribución de la población a nivel nacional con discapacidad por tipo de discapacidad.

Tabla 8. Costa Rica: población con discapacidad según discapacidad padecida y sexo (Censo Nacional 2011)

Tipo de discapacidad *	Hombre	%	Mujer	%	Total **	%
Para ver	112.613	44,8%	138.851	55,2%	251.464	55,53%
Para oír	37.240	52,7%	33.469	47,3%	70.709	15,61%
Para hablar	16.595	56,4%	12.818	43,6%	29.413	6,50%
Para caminar	67.271	46,9%	76.109	53,1%	143.380	31,66%
En de brazos o manos	23.001	47,1%	25.858	52,9%	48.859	10,79%
De tipo intelectual	19.968	56,4%	15.448	43,6%	35.416	7,82%
De tipo mental	14.126	52,4%	12.845	47,6%	26.971	5,96%

* La persona puede padecer más de una discapacidad.

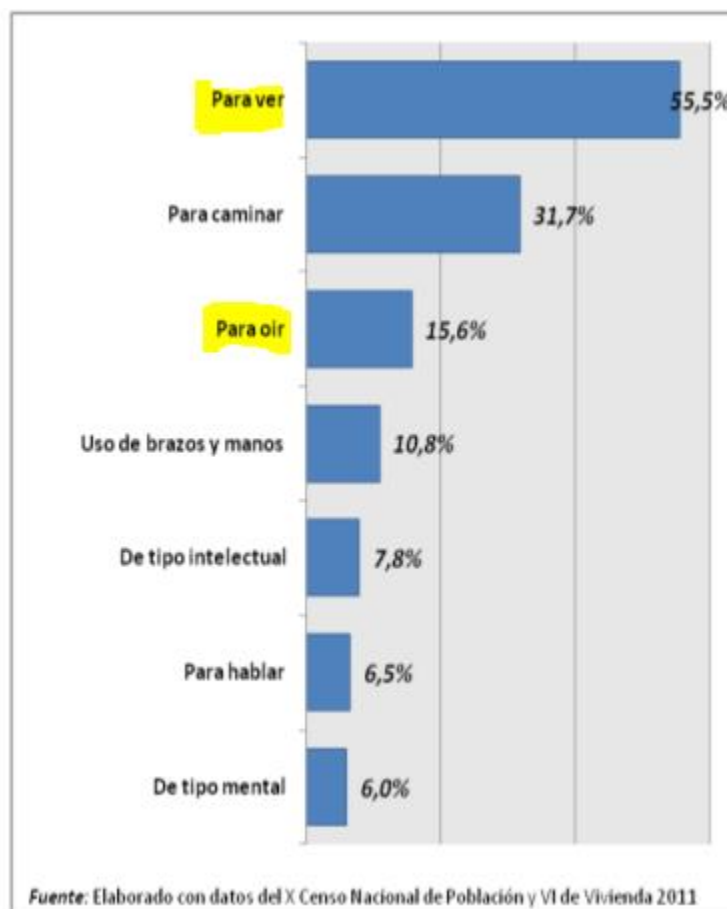
** Total de personas que padecen la discapacidad, no es excluyente de otras discapacidades.

Fuente: Elaborado con datos del X Censo Nacional de Población y VI de vivienda 2011.

En la Tabla 8, se identifica los porcentajes de población con discapacidad dentro de la condición de discapacidad, así como el porcentaje que esta población representa a nivel nacional. Como se evidencia en el cuadro anterior, la discapacidad más presente, tanto dentro de las personas que tienen discapacidad como a nivel nacional es la visual, es importante aclarar que no todas las personas que declararon una discapacidad visual son ciegos. Esta medición se realizó considerando personas con baja visión que aun con lentes o anteojos, la limitante

visual se conservaba. Además, se evidencia que la discapacidad para oír está en el tercer lugar a nivel nacional. Los cuales son el tipo de población de interés para este proyecto.

Gráfico 16. Costa Rica: población con discapacidad según porcentaje de la discapacidad padecida (Censo Nacional 2011)



4.1.7 Ley de igualdad de oportunidades para las personas con discapacidad 7600 Publicada en La Gaceta N° 102 de 29 mayo de 1996

ARTÍCULO 1.- Interés público

Se declara de interés público el desarrollo integral de la población con discapacidad, en iguales condiciones de calidad, oportunidad, derechos y deberes que el resto de los habitantes.

ARTÍCULO 2.-Definiciones

Se establecen las siguientes definiciones:

Accesibilidad: (*) son las medidas adoptadas, por las instituciones públicas y privadas, para asegurar que las personas con discapacidad tengan acceso, en igualdad de condiciones con los demás, al entorno físico, el transporte, la información y las comunicaciones, incluidos los sistemas y las tecnologías de la información y las comunicaciones y a otros servicios e instalaciones abiertos al público o de uso público. Estas medidas incluyen también la identificación y eliminación de dichas barreras.

(*) Adicionada la definición de accesibilidad por el artículo 2 de la ley N° 9207, publicada en La Gaceta N° 56 de 20 de marzo de 2014.

Discapacidad: (*) condición que resulta de la interacción entre las personas con deficiencias físicas, mentales, intelectuales o sensoriales a largo plazo y las barreras debidas a la actitud y el entorno, que evitan su participación plena y efectiva en la sociedad, en igualdad de condiciones con las demás.

(*) Reformada la definición de discapacidad por el artículo 1 de la ley N° 9207, publicada en La Gaceta N° 56 de 20 de marzo de 2014.

Organización de personas con discapacidad: Son aquellas organizaciones dirigidas por personas con discapacidad o por sus familiares cuyos fines y objetivos están dirigidos a la promoción y defensa de la igualdad de oportunidades.

Servicio de apoyo: Ayudas técnicas, equipo, recursos auxiliares, asistencia personal y servicios de educación especial requeridos por las personas con discapacidad para aumentar su grado de autonomía y garantizar oportunidades equiparables de acceso al desarrollo.

ARTÍCULO 5.-Ayudas técnicas y servicios de apoyo

Las instituciones públicas y las privadas de servicio público deberán proveer, a las personas con discapacidad, los servicios de apoyo y las ayudas técnicas requeridos para garantizar el ejercicio de sus derechos y deberes.

ARTÍCULO 42.- Requisitos técnicos de los pasos peatonales

Los pasos peatonales contarán con los requisitos técnicos necesarios como: rampas, pasamanos, señalizaciones visuales, auditivas y táctiles con el fin de garantizar que sean utilizados sin riesgo alguno por las personas con discapacidad.

4.1.8 Patronato Nacional de Ciegos (PANACI)

4.1.8.1 ANTECEDENTES

El Patronato Nacional de Ciegos, es una institución creada en 1957, por iniciativa de un grupo de personas ciegas que había viajado al extranjero y habían

conocido instituciones homólogas en esos países, quisieron reproducir el modelo y luchar por crear una institución, que luchara por sus derechos. Fue así como el 30 de octubre de 1957, se creó la institución.

El Patronato Nacional de Ciegos se rige, jurídicamente, por su ley de creación 2171 del 30 de octubre de 1957.

i. MISIÓN

El Patronato Nacional de Ciegos es la institución pública que promueve el cumplimiento de los derechos y el desarrollo integral de las personas con discapacidad visual en Costa Rica, mediante la realización de acciones que permitan la accesibilidad de los servicios públicos y privados y, además, coordina la acción de los organismos y entidades relacionadas con el quehacer de esta población.

ii. VISIÓN

Ser la institución líder en la promoción de los derechos y el mejoramiento de la calidad de vida de las personas con discapacidad visual en Costa Rica, con personal comprometido, cobertura nacional, tecnología avanzada y servicios de calidad.

4.1.9 Asociación Nacional de Sordos (ANASCOR)

La Asociación Nacional de Sordos de Costa Rica es una asociación no gubernamental, sin fines de lucro, con cédula jurídica número 3-002-061624, la cual

se dedica a defender a las personas sordas, monitoreando los derechos humanos y libertades fundamentales de las mismas, con base en la legislación nacional.

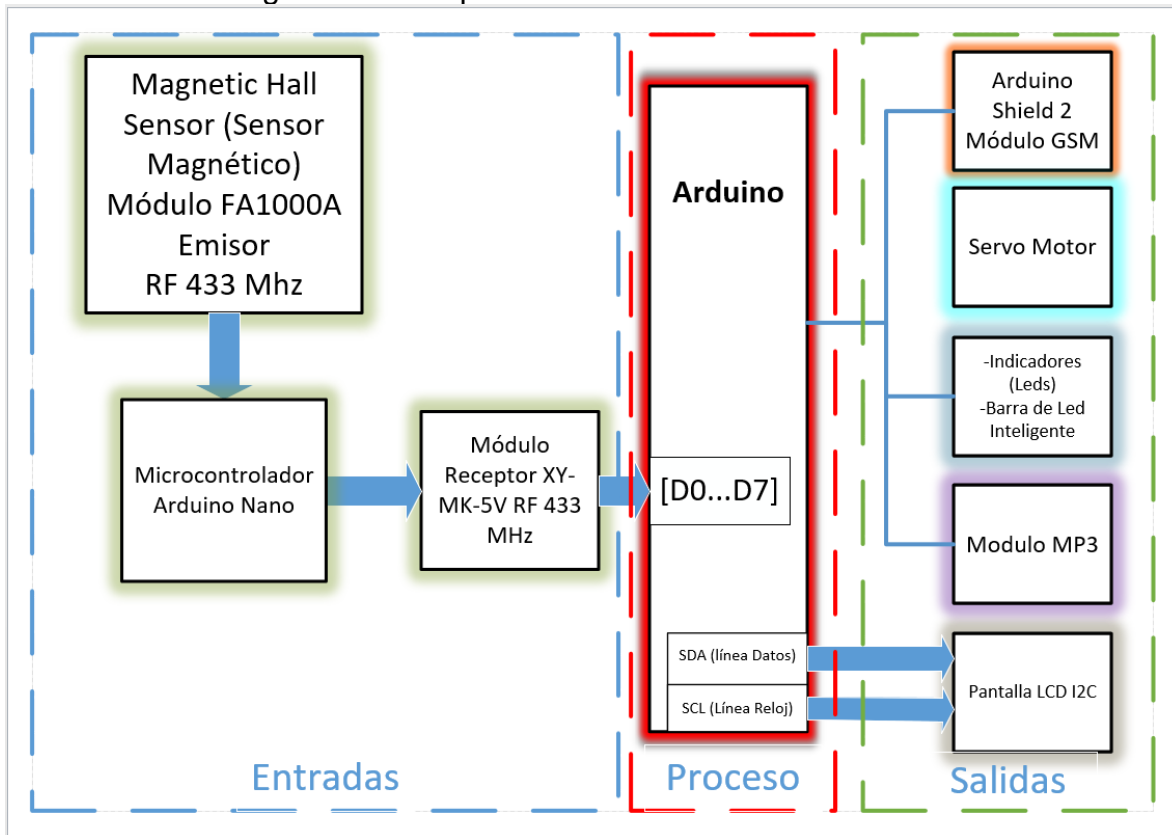
4.1.9.1 Tiene los siguientes objetivos:

- Obtener recursos materiales, económicos y humanos a través de instituciones públicas y privadas; y acciones propias de la Asociación a fin de alcanzar los fines de la Asociación y de la Comunidad Sorda.
- Promover oportunidades de desarrollo inclusivo a nivel nacional, con el propósito de que logren integrarse plenamente a la sociedad, permitiendo el desarrollo sociolingüístico y cultural de las personas sordas.
- Realizar proyectos de trabajo de carácter práctico en varias áreas de interés para las personas sordas, a través de las comisiones de esta Asociación para posibilitar la práctica de los derechos humanos y el desarrollo inclusivo.

CAPÍTULO V. PROPUESTA DE PROYECTO

5.1 DISEÑO

Ilustración 45. Diagrama de bloques de sistema electrónico.



Fuente: Propia

El diseño del sistema electrónico propuesto presenta el uso de sensores de efecto-hall, montado en una tarjeta PCB o circuito impreso, presenta cuatro pines conformados por Vcc, GROUND, D0 y A0, un indicador de salida de señal y sensibilidad ajustable, por medio de un potenciómetro. Cuando hay presencia de un campo magnético se presenta una salida de señal, trabaja a 5 V y su función en el proyecto es brindar la detención de señal inicial, además de su bajo costo en el mercado.

Otros elementos del diseño del sistema son los módulos de radiofrecuencia 433 MHz, compuestos por el dispositivo transmisor junto con el dispositivo receptor para

Arduino, estos módulos tienen entre sus aplicaciones: control “switch” remoto (aplicación utilizada para este proyecto).

El módulo receptor, modelo es XD-RF-5 V. opera a 5 V, trabajan dentro de la frecuencia de 433 MHz y tiene una sensibilidad de recepción de -105DB, presentan cuatro pines, Vcc, GROUND y dos pines DATA; el módulo transmisor, modelo XD-FST tiene una capacidad para cubrir una distancia de 200 metros (todos depende de los niveles de voltaje a los que se alimenten), operan a un voltaje de 5 V ,sin embargo, para mejorar sus características de transmisión y potencia se pueden alimentar hasta los 12 V, la potencia de transmisión es de 10 mW y su configuración de pines son DATA, Vcc y GROUND.

En el caso de Arduino UNO, placa de bajo costo que permite la integración de entradas, procesa la información obtenida y activación de salidas digitales, es una tarjeta basada en el microcontrolador de 8-Bit ATmega328, este es de arquitectura RISC (del inglés reduced instruction set computer), Memoria segmentos No-volátil memoria flash programable, 512/1K/2KBytes SRAM interna, 256/512/512/1KBytes EEPROM, soporte de librerías Atmel QTouch, características periféricas: Contador de tiempo real con oscilador, seis canales PWM, compatibilidad con I2C, I/O: 23 líneas programables de entradas y salida, voltaje de operación 1.8 V y 5 V, por el número de salidas y entradas, el uso de librerías y procesamiento. El Arduino UNO permite un ideal funcionamiento en el diseño del sistema electrónico.

Por otro lado, Servo motor SG90, es un motor pequeño y de bajo costo, tiene la capacidad de rotar 180° (90 en cada dirección), con una velocidad de 0.1 segundos,

capacidad de torque de 2.5 kg-cm, opera a un voltaje entre 4.8 y 6 V, la configuración de pines es la siguiente: PWM (Pulse-width modulation), Vcc y GROUND. El servo motor permite simular el comportamiento de una aguja por sus propiedades de movimientos, ya que puede pasar de 0 a 90° y viceversa.

Asimismo, NeoPixel Stick es una barra PCB conformada por ocho LEDs RGB inteligentes unidos entre sí, formando una cadena, tiene solo un pin de control DIN, el cual se conecta a cualquiera de los pines del Arduino. Su voltaje de operación es de entre el rango de 4 – 7 V, y un pin Ground, para sus adecuados funcionamientos solo requieren de la librería para Arduino, y para este proyecto su roll está orientando en el uso de aguja en conjunto con el servo motor.

También está el DFPlayer Mini es un módulo de bajo precio de MP3 y con una salida simple directamente a un parlante, es un módulo ideal para Arduino por su capacidades de RX y TX, 24 – bit salidas de DAC (del inglés Digital to Analogue Converter), soporta datos completamente de FAT16 (Sistema de 16 bits que permite la identificación de archivos por nombre de hasta ocho caracteres) y FAT32 (utiliza valores de 32 bits para las entradas), se pueden almacenar hasta 100 carpetas y cada uno puede contener hasta 255 canciones o audios almacenados en una tarjeta Micro SD, proporciona 30 niveles ajustables de volumen, la configuración de pines: Vcc pin#1, SPK1 pin#6, SPK1 pin#8, GROUND pin#10, volumen + (IO2) pin#11, volumen – (IO1) pin#9. Voltaje de operación entre 3.1 – 5 V.

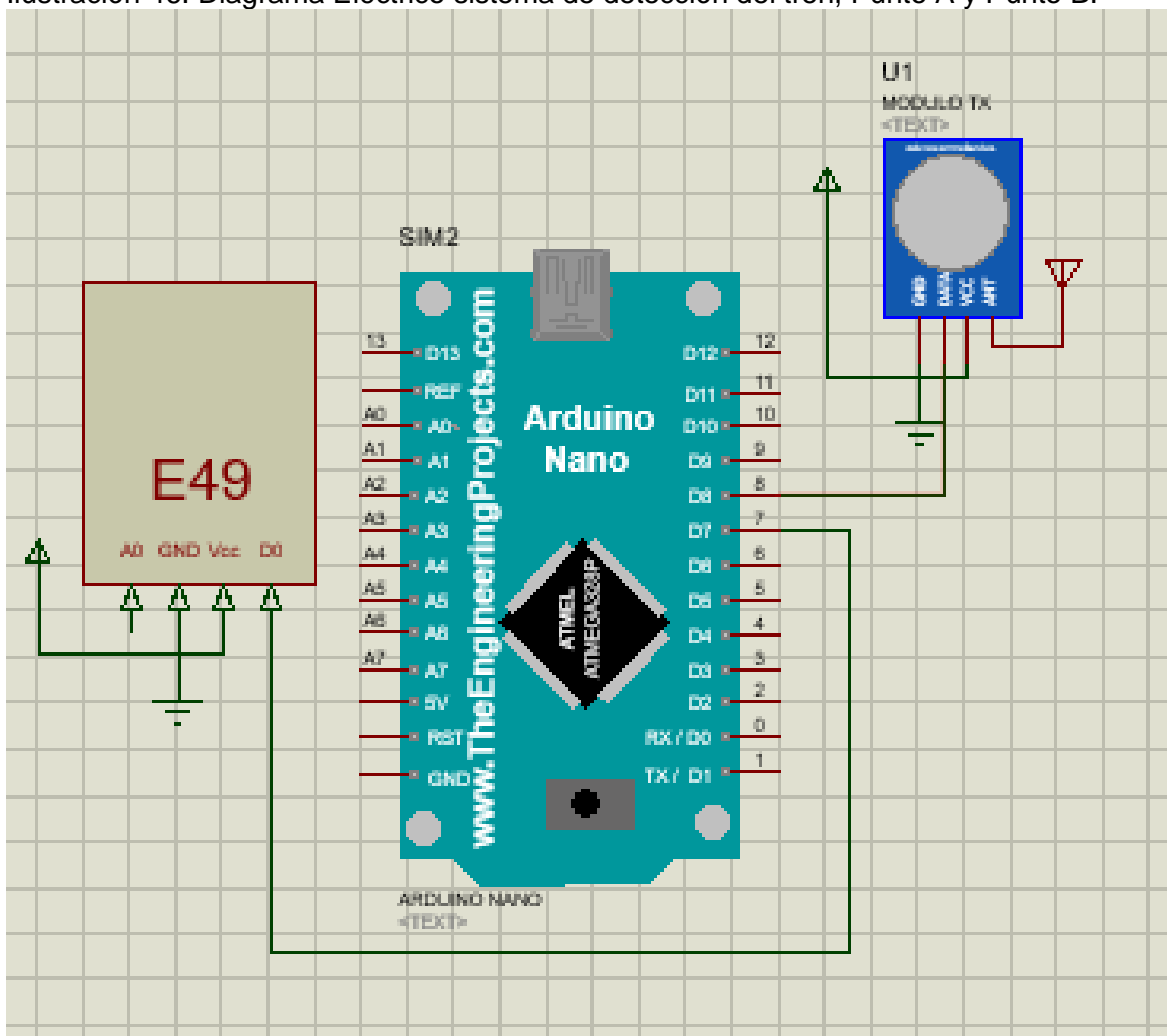
LA LCD 16X2 I2C, es una pantalla con fondo verde donde se muestran caracteres, tienen montado un módulo I2C en la parte de atrás del LCD, el cual le brinda

características de integración de pines y datos, presenta un fondo verde con letras blancas, los caracteres se organizan en 16 columnas y dos filas, voltaje de alimentación de 5 V, configuración de pines presenta Vcc, GROUND, SDA (Línea de datos) y SCL (Línea de reloj).

De igual forma, Arduino Shield 2 es un módulo de GSM, el cual, en este proyecto, permite la subida de datos para generar una recolección de ciertos elementos los cuales se envían por medio de mensajes de texto, se almacenarán en una base de datos y su utilidad en el “internet de las cosas” (IoT), trabaja a un voltaje de operación de 5 V.

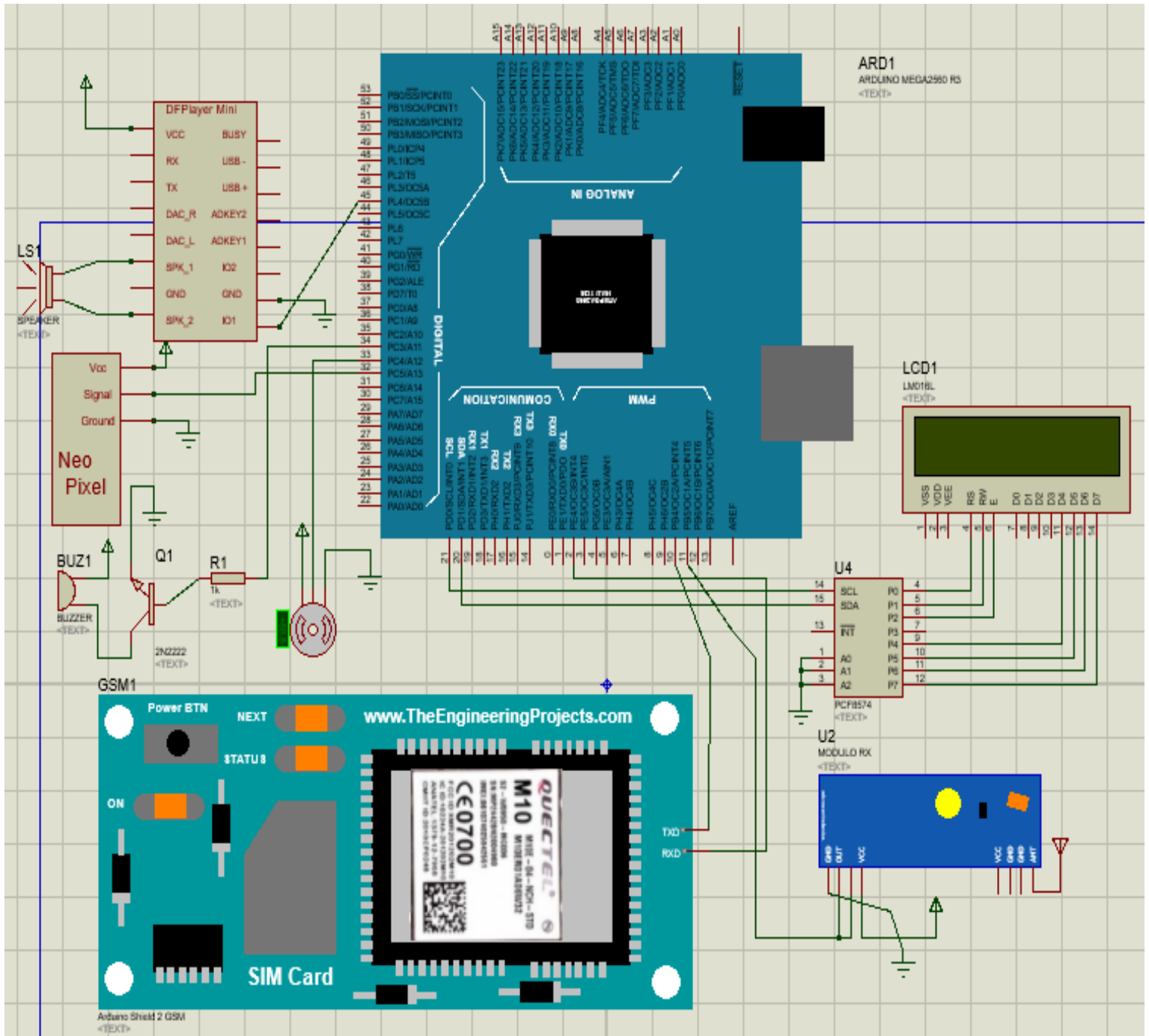
5.2 PROTOTIPO

Ilustración 46. Diagrama Eléctrico sistema de detección del tren, Punto A y Punto B.



Fuente propia del autor.

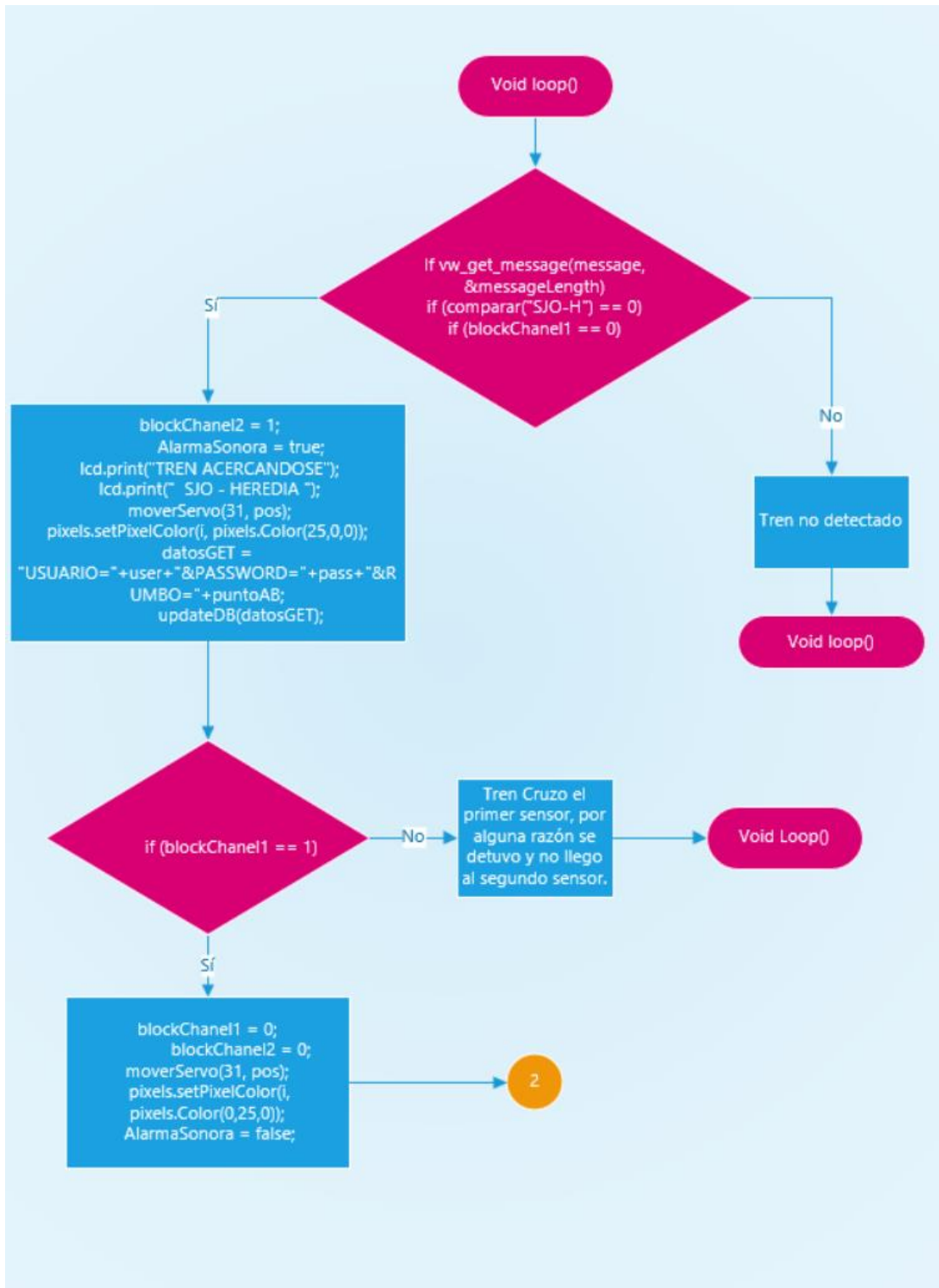
Ilustración 47. Diagrama Eléctrico sistema de señalización.

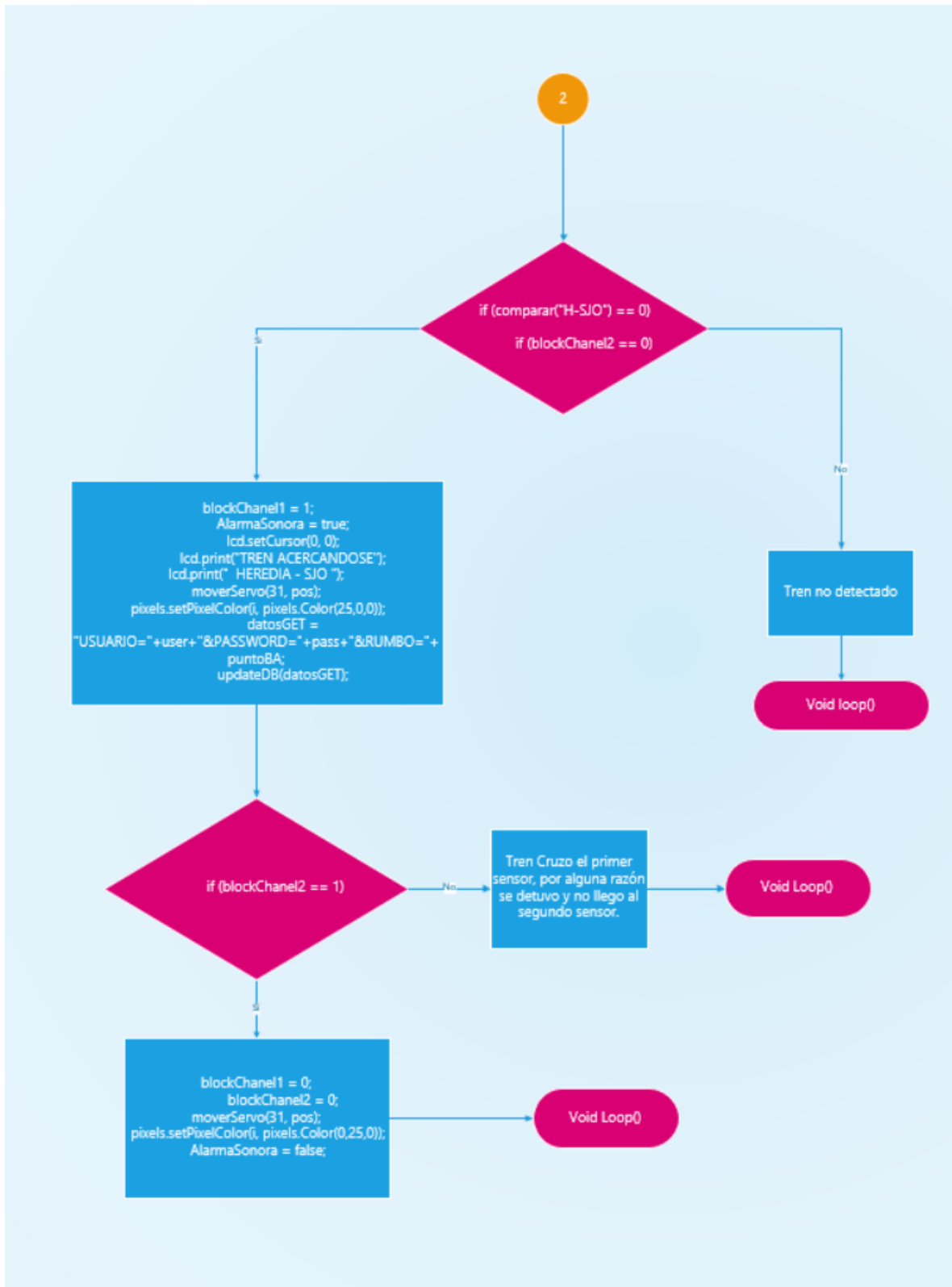


Fuente propia del autor.

Diagrama de Flujo del Software

Ilustración 48. Diagrama programación de control del sistema.



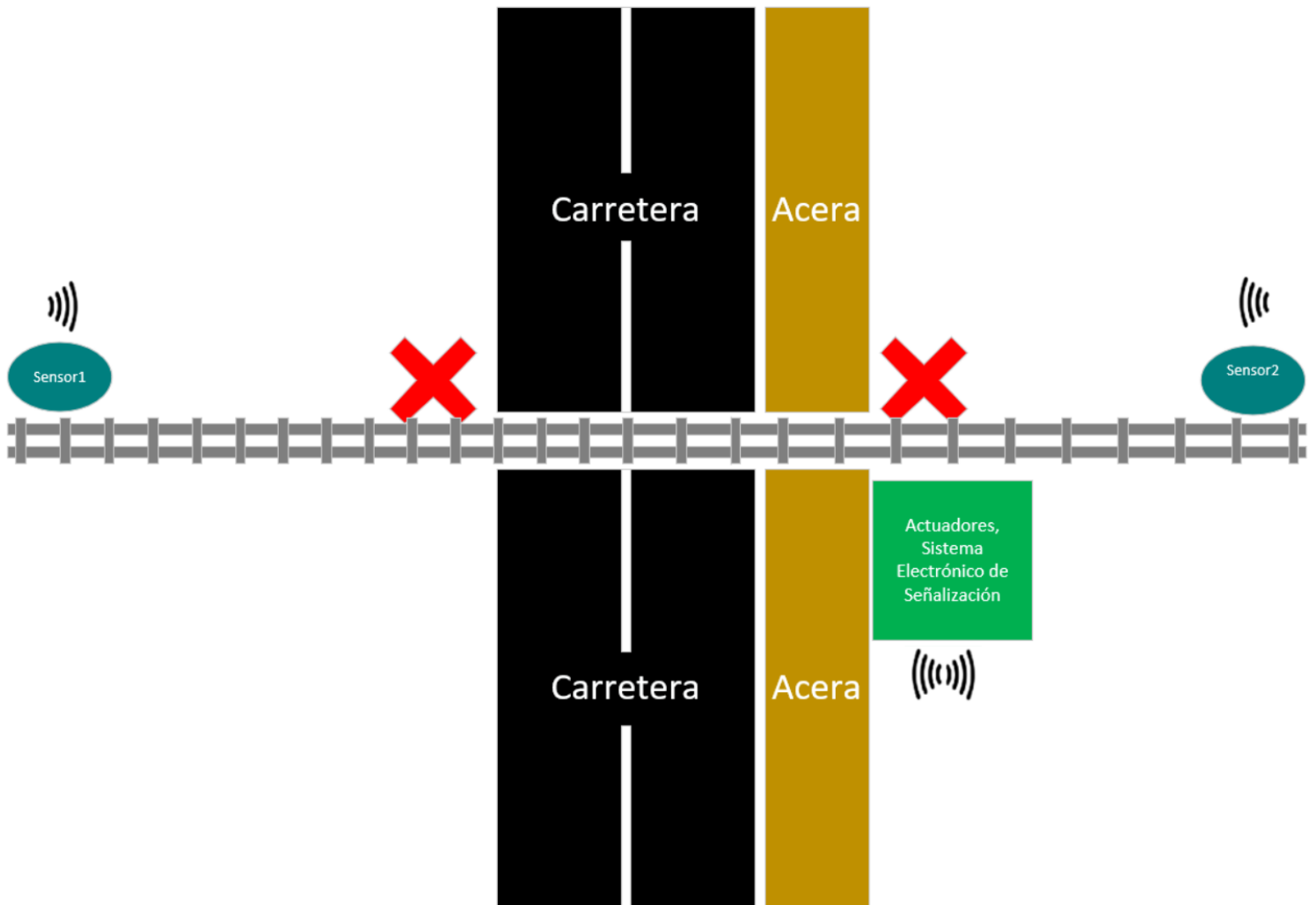


Fuente propia del autor.

Como se muestra en la ilustración 48, en la lógica de programación representada en un diagrama de flujo, el sistema está dividido en dos partes, la primera es la programación para cuando el tren pasa por una dirección, por ejemplo San José-Heredia o Heredia-San José, donde el sistema a partir de la detección del tren, se generan las alertas, y las variables “blockChanel1” y “blockChanel2”, permite al sistema determinar en cual sentido se traslada el tren, en otras palabras, si “blockChanel1” se activa cuando pasa el tren por el primer sensor, provoca un bloqueo a “blockChanel2” (esta variable activa el otro sentido), al mismo tiempo “blockChanel1” se hace un reset igualándose a uno, esto permite que cuando el tren sea detectado por el segundo sensor, se desactive el sistema..

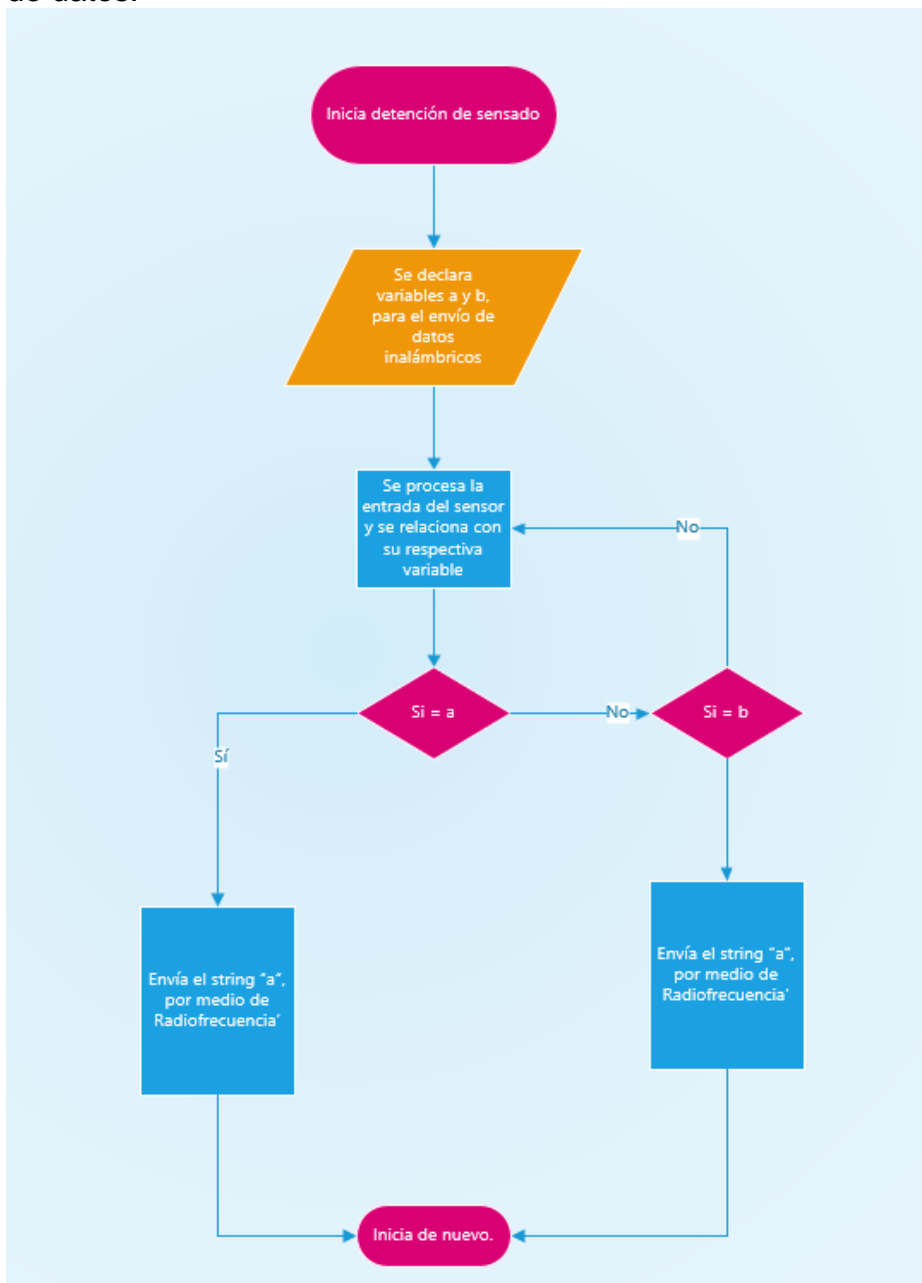
Si “blockChanel2” se activa, que es cuando el tren pasa por el segundo sensor, realiza la misma secuencia, pero de manera inversa. Se bloquea la variable “blockChanel1”, se hace un reset a “blockChanel2” igual a uno, esto permite que se desactive el sistema, cuando el tren pase por el primer sensor.

Ilustración 49. Croquis del Sistema Electrónico.



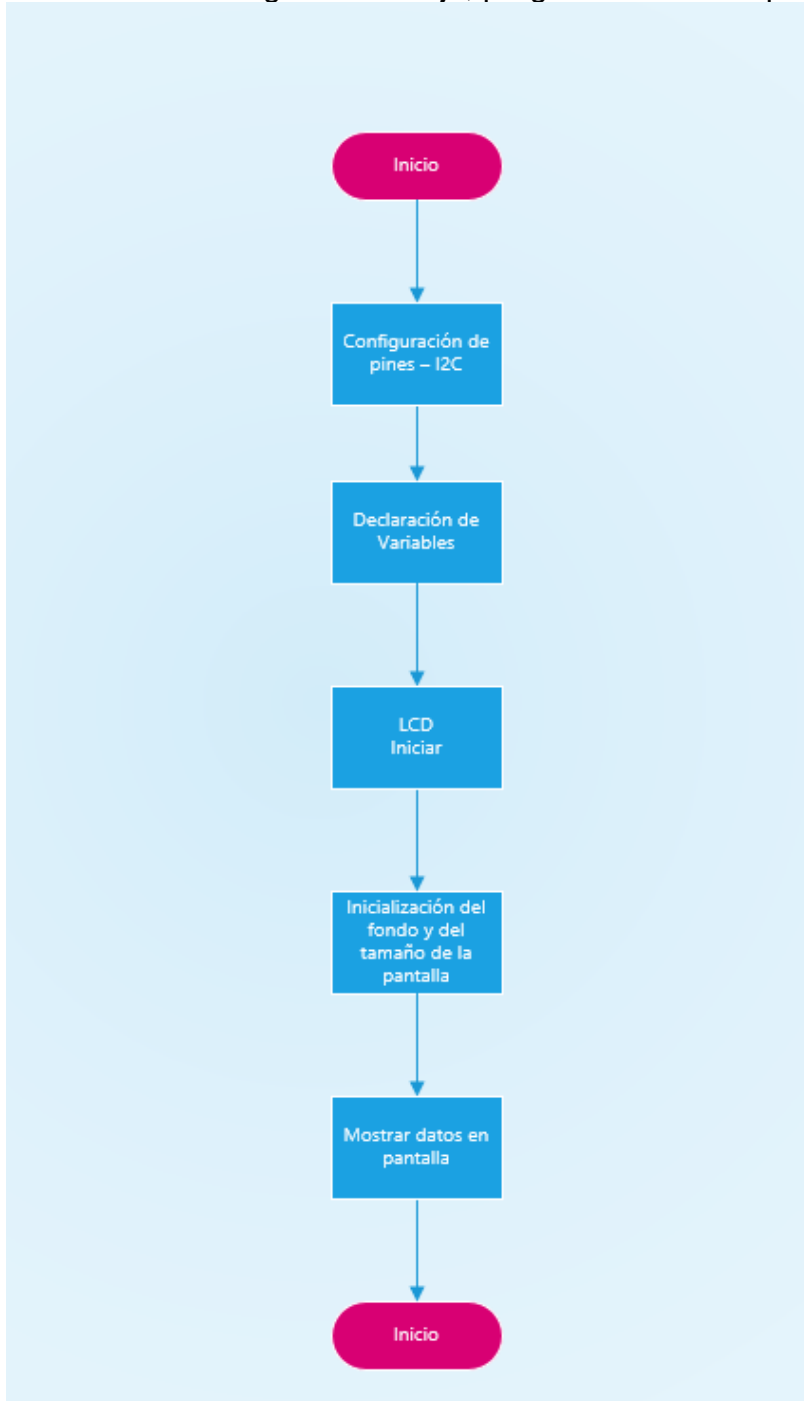
Fuente propia del autor.

Ilustración 50. Diagrama de flujo, programación del sistema de detención y envío de datos.



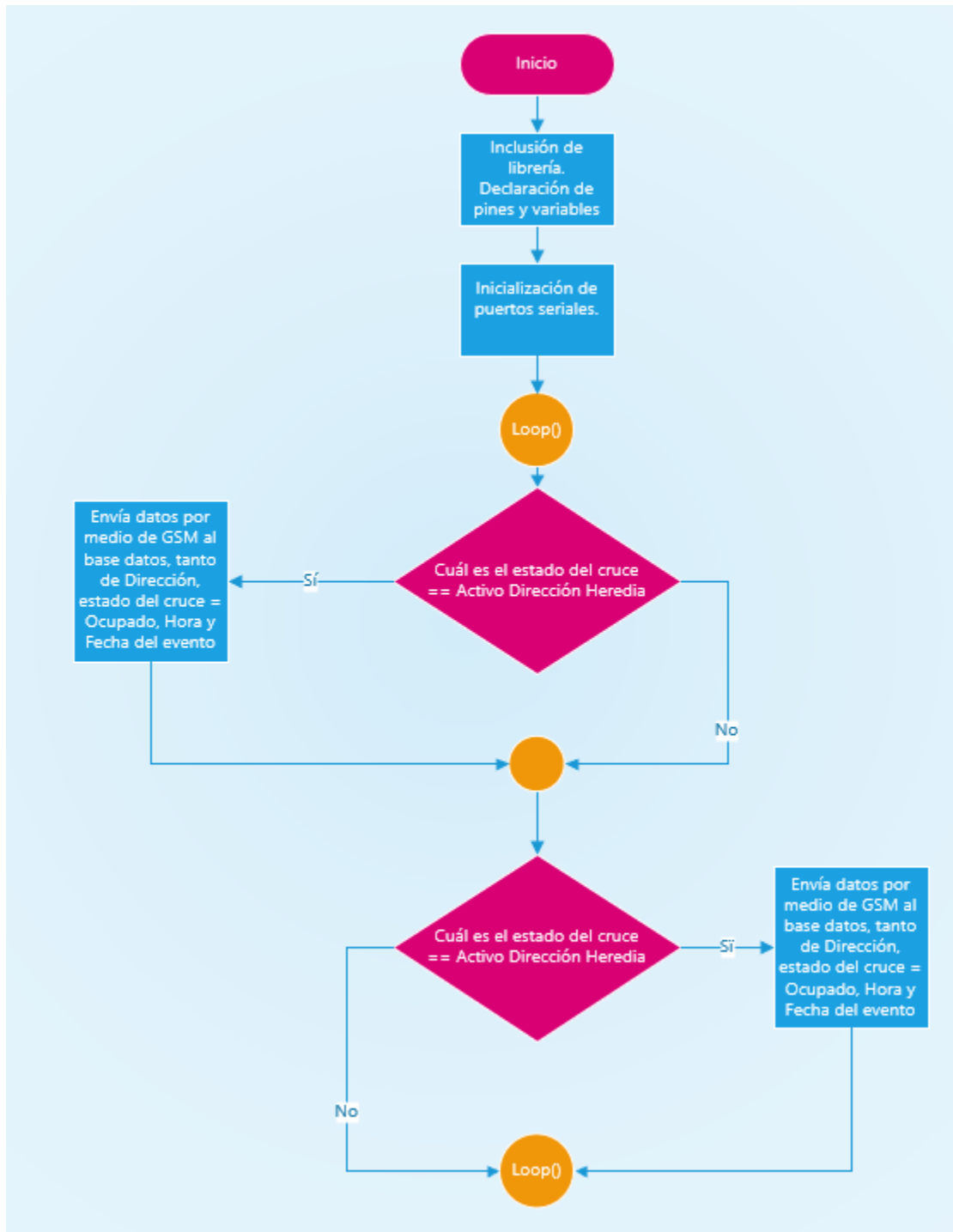
Fuente propia del autor.

Ilustración 51. Diagrama de flujo, programación de la pantalla LCD.



Fuente propia del autor.

Ilustración 52. Diagrama de flujo, programación del Shield Arduino GSM



Fuente propia del autor.

5.3 DEPURACIÓN Y RESULTADOS

Fase #1: Las primeras pruebas fueron realizadas con la base de datos y la página web, tanto su creación, como su implementación con el Shield Arduino 2. Cabe mencionar que previamente se utilizó el Sim900, dispositivo que utiliza comando AT, sin embargo, se nota que al momento de programarlo y querer hacer conexión con la señal de la sim celular, presentó problemas y nunca conectó, debido a la frecuencia de transmisión del ISP. Este dispositivo se reemplazó, por el Arduino Shield 2, el cual en conjunto con la sim celular del ice, conectó rápidamente a la red del ISP, sin ningún error, pero, al momento de intentar subir datos al servidor web, por errores de programación no permitía enviar ningún dato a la base, revisando ejemplos tomados de la librería, se nota que al escribir los datos, los cuales deben ser enviados a la base, tanto el Arduino como el Shield, no se pueden usar ningún tipo de espacio entre texto; además de tildes o algún carácter no permitido. Una vez resuelta esa situación, el Shield Arduino comenzó con una correcta comunicación con la base de datos albergada en la web. Para poder establecer esta comunicación entre el Shield y la base de datos se necesitaron los puertos digitales del Arduino mega encargados de la transmisión y escritura, puertos TX y RX conectados a la patilla 2 y 10 puenteada del Shield, esto es de gran relevancia, debido a, si los demás dispositivos que conforman el sistema electrónica no pueden usar TX y RX, esto provocaría una interferencia en la señal y no permitiría la comunicación del Shield con la base de datos, por ejemplo; el servo motor utiliza dentro de sus librerías cálculos de PWM para lograr direccionar sus giros, tanto en grados como en cantidad de desplazamientos en el giro generado por el pulso, no

obstante, esa librería necesita conectar al TX y RX y eso generaba un conflicto, el cual se resolvió, observando el comportamiento de la misma y generaba esos pulsos y se creó una librería propia para poder lograr esos movimientos necesarios en el servo motor, mediante una la creación de una función por aparte y dentro de esa función una fórmula: $\text{Angulo} * 2000.0 \text{ (ciclos)} / 180.0 \text{ (grados totales)} + 500 \text{ (tiempo)}$, así se consiguió usar el servo motor de manera adecuada dentro de la programación.

Fase #2: El módulo DFPlayer mini, es otro dispositivo que usa los puertos TX y RX para comunicarse con el Arduino y lograr seleccionar los audios mp3 incorporados en una micro SD, al estar presente la situación anterior de interferencia entre comunicación, la solución más precisa fue utilizar otro pin IO1 del DFPlayer, el cual es un pin que cuando está en alto se mantiene desactivado, pero al momento que recibe una señal de bajo, se activa de inmediato, reproduciendo el audio almacenado previamente. Esto se logró con base en una programación de un pin del Arduino trabajando, tanto en alto como en bajo, dependiendo de los requerimientos del sistema.

Fase #3: Otro punto importante es la conexión inalámbrica entre módulos RF, ya que hay módulos bastante sensibles y tienden a perder su comunicación, esto a causa de que tienen una tendencia a que sus frecuencias se desfasen y por eso no recibe, ni trasmite correctamente. La solución a ese aspecto es fabricar unas antenas de cobre de 17 cm, y dirigidas de transmisor, receptor esto mejora la comunicación y evita el fallo o desfasamiento entre frecuencias.

Fase #4: También, dentro de la programación se evita el uso de delays, pues estos provocan que dentro de un microcontrolador de Arduino se generen bucles o ciclos, que muchas veces saturan al microcontrolador, en otras palabras, no permiten que pueda ejecutar otras tareas. Entonces, al intentar recibir una respuesta de alguna sentencia o condición, al no usar delays, se genera una programación escalable y fluía, misma que pueda ir ejecutando cada línea del código sin retraso, lo que permite un mejor desempeño del microcontrolador y así del sistema en su totalidad, esto lo convierte en seguro y eficiente.

5.4 ANÁLISIS DE COSTOS

Al ser un proyecto innovador, su costo beneficio está muy relacionado al tipo de componentes necesarios, cantidad de tiempo invertido y mano de obra. En Costa Rica, no existe un dispositivo de este tipo, sin embargo, actualmente el Ministerio de Obras y Transportes (MOPT), está realizando una licitación, para colocar señalización en los cruces del tren para 42 cruces en total.

Está constituido por tres niveles, según ciertos parámetros que se explican a continuación:

i. Nivel 1: Aquellas intersecciones constituidas por el cruce de una carretera con la vía férrea, en las que la carretera puede tener uno o dos sentidos de circulación con bajo flujo vehicular, menor a los 1800 vehículos diarios, en ellas tendrá que instalarse un sistema de semáforos preventivo con luces intermitentes u oscilantes en color rojo, con campana, para el tránsito vehicular y a 50 metros de la intersección en el sentido de las vías, y hacia ambos lados, luces con verde y

destello en amarillo como indicadores al maquinista, todo esto activado con la cercanía del tren.

ii. Nivel 2: Aquellas intersecciones constituidas por el cruce de una carretera con la vía férrea, en las que la carretera puede tener uno o más sentidos de circulación con alto flujo vehicular, entre los 1800 y 2500 vehículos diarios, en ellas habrá que instalar un sistema de semáforos preventivo con luces intermitentes u oscilantes en color rojo, con campana y barreras, para el tránsito vehicular y a 50 metros de la intersección en el sentido de las vías, y hacia ambos lados, luces con verde y destello en amarillo como indicadores al maquinista, todo esto activado con la cercanía del tren.

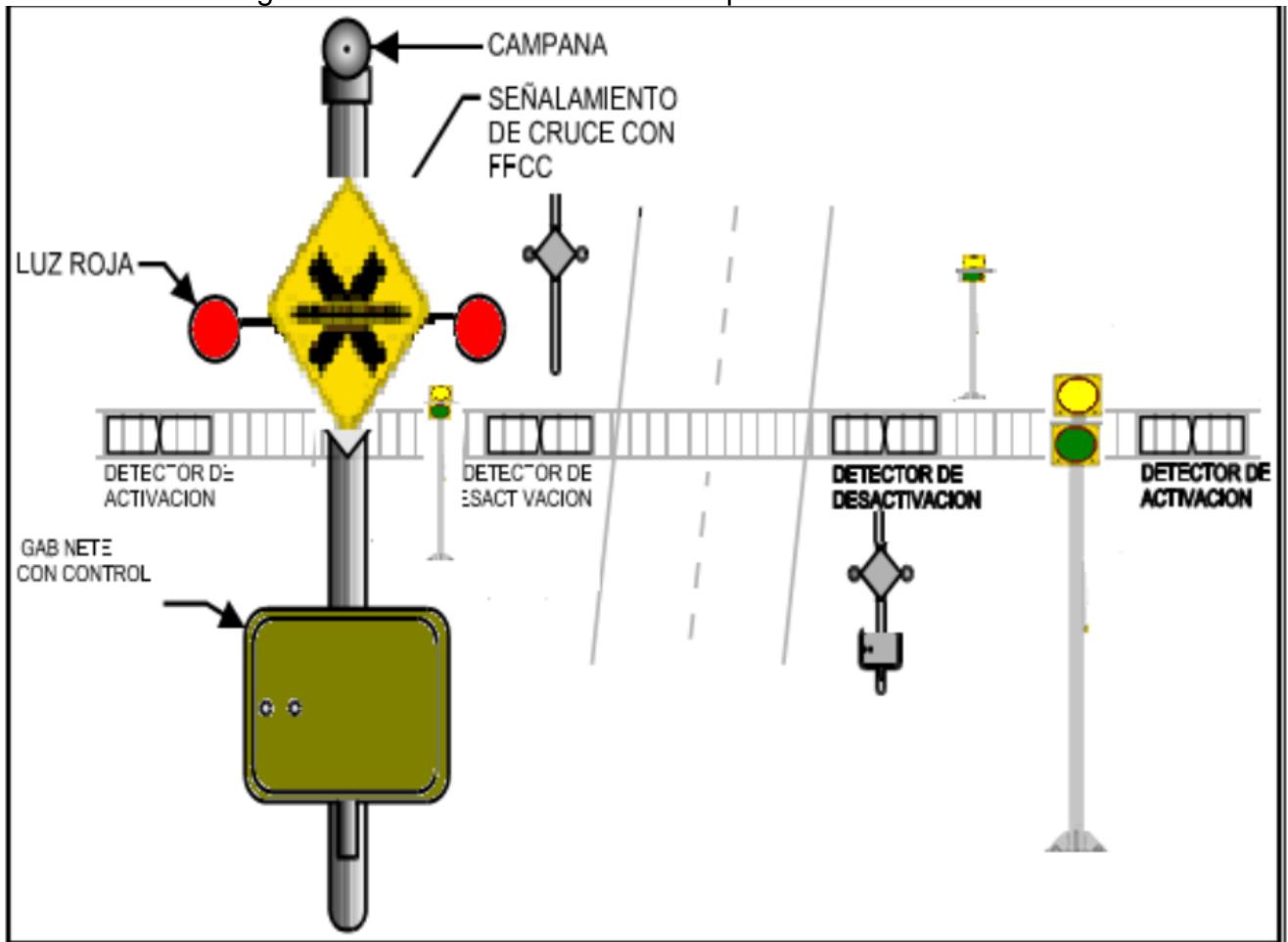
Desde el punto de vista de ingeniería, se deben desarrollar actividades como la construcción de cimientos, instalación eléctrica de los sistemas debidamente protegidos, canalizados, entubados y subterráneos a no menos de 60 cm (según las normas internacionales), estudios de ingeniería de tránsito, entre otros.

Igualmente, se utilizará tecnología de punta para la realización del proyecto. Se adquirirán controladores y semáforos, acordes a los requerimientos del sistema de control de pasos a nivel.

iii. Nivel 3: Aquellas intersecciones en las que, además de cruzar la vía férrea, también viajan en alguna longitud paralelamente vehículos y tren, o aquellas en donde el flujo vehicular es muy alto, mayor a los 2500 vehículos diarios. Incluye todas las características establecidas para el Nivel 2, más la interacción de

vehículos con el ferrocarril, mediante la instalación de dispositivos integrados que activen los cruces vehiculares semaforizados

Ilustración 53. Diagrama de sistemas desarrollados por el MOPT.



Fuente: Ing. Carlos Sandino Guevara, Unidad de Valoración y Análisis
Departamento de Semáforos, Dirección General de Ingeniería de Tránsito.

Tabla 9. Lista de componentes del sistema implementado por el MOPT.

COMPONENTES
CONTROLADOR CENTRALIZABLE
SEMÁFOROS PARA MAQUINISTA
SEMÁFOROS PARA VEHÍCULO
CAMPANAS
CRUCES DE SAN ANDRÉS
POSTES PARA SEMÁFORO
BASES DE CONCRETO DE 40 cm
PEDESTAL PARA CONTROLADOR
ESTRUCTURA PARA EQUIPO FOTOVOLTAICO
CONJUNTO DE EQUIPO FOTOVOLTAICO
DETECTORES DE TREN
BARRERAS (EN NIVELES 2 y 3)
METROS DE CANALIZACIÓN

Fuente: Ing. Carlos Sandino Guevara, Unidad de Valoración y Análisis
Departamento de Semáforos, Dirección General de Ingeniería de Tránsito.

La siguiente tabla 10 de costos aproximados, de los sistemas de semáforos peatonales en conjuntos con sus componentes y el costo aproximado del sistema de barreras vehicular.

Tabla 10. Costos de implementación, semáforos peatonales y sistema con barreras.

Costos de implementación, semáforos peatonales y sistema con barreras.		
COSTO APROXIMADO DE SISTEMA CON BARRERAS	₡ 44.123.482,42	
COSTO APROXIMADO DE SISTEMA PEATONAL	₡ 7.000.000,00	₡ 10.000.000,00
COSTO APROXIMADO DE SISTEMA APS	₡ 227.000,00	
COSTO APROXIMADO DE CAMPANA	₡ 203.000,00	

Fuente: Ing. Carlos Sandino Guevara, Unidad de Valoración y Análisis

Departamento de Semáforos, Dirección General de Ingeniería de Tránsito.

Tabla 11. Inversión total para 42 cruces.

INVERSIÓN PARA 42 CRUCES.		
COSTO APROXIMADO DE SISTEMA CON BARRERAS		₡44.123.482,42
COSTO APROXIMADO DE SISTEMA PEATONAL		₡7.000.000,00
COSTO APROXIMADO DE SISTEMA APS		₡227.000,00
COSTO APROXIMADO DE SISTEMA CAMPANA		₡203.000,00
Cantidad de cruces	42	
Total		₡2.147.186.261,64

Fuente: Ing. Carlos Sandino Guevara, Unidad de Valoración y Análisis

Departamento de Semáforos, Dirección General de Ingeniería de Tránsito.

Tabla 12. Total de Costos de cada dispositivo del prototipo.

Total de Costos del prototipo				
Unidades	Dispositivo	Características	Precio C/U	Precio Total
2	Magnetic Hall Sensor	Sensor magnético detección de campo magnético	\$ 2,49	\$ 4,98
1	Arduino Mega	Microcontrolador	\$ 18,95	\$ 18,95
2	Arduino Nano	Microcontrolador	\$ 7,95	\$ 15,90
1	NeoPixel Stick 8	Barra de led inteligente Montada en una tarjeta PCB	\$ 6,95	\$ 6,95
1	Shield Arduino GSM	Módulo GSM para Arduino	\$ 71,00	\$ 71,00
1	DFPlayer-Mini MP3 Player	Módulo de MP3 de bajo costo con salida a Speaker	\$ 13,10	\$ 13,10
1	TowerPro SG-92R Micro Servo	Servo Motor	\$ 4,95	\$ 4,95
1	Buzzer Activo	Módulo Buzzer Activo	\$ 1,95	\$ 1,95
2	9V battery holder	9V battery holder with switch & 5.5mm/2.1mm plug	\$ 4,95	\$ 9,90
1	Gabinete Plástico	18cm x 11cm x 6.5cm Gabinete Plástico	\$ 8,99	\$ 8,99
2	Gabinete Plástico	10.2cm x 7.7cm x 4.1cm Gabinete	\$ 5,95	\$ 5,95
			Total	\$ 162,62
				₡ 93.018,64

Fuente: Propia del autor.

Tabla 13. Costos de implementación del proyecto.

Costos de implementación		
Componente	Costo	
Sistema de barreras automáticas	\$	1.941,00
Modulo pantalla Matrix 32 x 64	\$	31,00
Shield Arduino GSM	\$	71,00
Magnetic Hall Sensor	\$	4,98
Arduino Mega	\$	18,95
Arduino Nano	\$	15,90
Modulo MP3	\$	13,10
Total	\$	2.082,83
Cantidad de cruces	42	\$ 87.478,86
Total en colones		₡ 49.925.744,59

Nota: El precio de la barrera cubre, instalación, forma de operación y cantidad de ciclos diarios.

Fuente: Propia del autor.

Según en la página oficial del Colegio de Ingenieros y Arquitectos de Costa Rica, el monto a pagar por hora profesional de Ingeniero en Electrónica es de: ₡24.273.00 publicado en La Gaceta No 14, enero 2015.

El salario mínimo de un bachiller en Ingeniería en Electrónica, en el primer semestre del 2017 es de: ₡524.477,85 regido por el Decreto No 40022-MTSS, publicado en La Gaceta 230, Alcance No. 278 del 30/11/2016.

Las horas de ingeniero invertidas durante el desarrollo del proyecto fueron de 64 horas a un valor de: ₡1.553.474,00

Tabla 14 Porcentaje para cobro de honorarios:

Porcentajes para cobro de honorarios.		
	Tarifa Mínima	Tarifa de Remodelación
Estudios preliminares:	0.50 %	0.75 %
Anteproyecto:	1.00 %	1.50 %
Planos y especificaciones técnicas:	4.00 %	6.00 %
Inspección:	3.00 %	4.5 %
Dirección Técnica:	5.00 %	7.5 %
Administración	12.00 %	18%

Fuente: http://www.cfia.or.cr/descargas2017/archivosVarios/hora_profesional_abril_17.pdf

**CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES
DEL PROYECTO**

6.1 CONCLUSIONES

- Se determinó que la distancia máxima de aproximación para que el sensor magnético E49 funcione eficientemente, con respecto a la medición de campo magnético producido, es de 5 cm entre el imán y el sensor.

- Se comprueba la correcta funcionalidad del diseño del sistema electrónico para comunicación inalámbrica unidireccional dúplex, mediante el uso entre módulos de radiofrecuencia.

- Se logró la elaboración de la página web, mediante el uso de plantillas con respecto al protocolo HTML5, y se establece su correcta funcionalidad, con pruebas realizadas en el browser web.

- Se comprobó que el uso de la plataforma Arduino fue una herramienta adecuada para desarrollar el código del sistema electrónico, de acuerdo con los requerimientos antepuestos en el diseño propuesto, y con su debida depuración de errores, se establece su correcto funcionamiento.

- La utilización de las plataformas WampServer y Phpmyadmin, brindó facilidades a la hora de crear la base datos al ser un lenguaje de código abierto, ya que existen muchas librerías e información disponible, lo que hizo posible realizar la base datos de una manera fácil, económica y eficiente.

- Se concluye que el valor de costos aproximado de inversión total para 42 cruces obtenida en este proyecto queda muy por debajo, en comparación a la inversión implementada en la licitación realizada por el Consejo de Obras Públicas y Transportes (MOPT), por tanto, se cataloga como un proyecto viable en aspectos económicos.

6.2 RECOMENDACIONES

- Los permisos necesarios otorgados por el INCOFER son prolongados en cuanto a tiempo, por lo que se recomienda solicitarlos con su debida antelación.
- Se recomienda crear una campaña informativa en centros empresariales y/o centros educativos.
- Una recomendación de mejora del proyecto es la utilización de RFID con el fin de alertar al usuario del estado en tiempo real del cruce ferroviario al aproximarse al mismo.
- También. como una excelente mejora es el reemplazamiento de la etapa de radiofrecuencia por sistemas de antenas Xbee, ya que proporcionan mejor el alcance y evitan interferencias electromagnéticas que pueden afectar la transmisión.

- Para el sistema de alimentación de los Arduinos Nano, se recomienda utilizar pilas alcalinas recargables de 9 Voltios, esto permite, tener pilas de respaldo una vez se descarguen las que estén en uso. Otra alternativa es el uso de baterías LiPo (Polimero de Litio), esta batería tiene mucha duración (tienen muchos mAh/miliamperios por hora).

El cambio de baterías dependerá de la capacidad en mAh que pueda ser suministrada.

CAPÍTULO. VII APÉNDICES Y ANEXOS

Ilustración 54. Interfaz de la página de consulta oficial del sistema electrónico de señalización.

The screenshot shows the SAFETRAN web interface. At the top left is the logo 'SAFETRAN'. At the top right is a 'CERRAR SESIÓN' button. The main heading is 'SAFETRAN' with the tagline 'CRUCES SEGUROS PARA TODOS.' below it. The search form includes two date input fields: 'FECHA INICIAL:' with the value '11/03/2018' and 'FECHA FINAL:' with the value '19/03/2018'. A 'GENERAR TABLA' button is centered below the date fields. Below the button is the heading 'DATOS ENCONTRADOS' and a table with four columns: '#', 'Dirección', 'Horas', and 'Fechas'. The table contains four rows of data. At the bottom left is the URL 'ain.000webhostapp.com' and at the bottom right is the text 'Powered by 000webhost'.

#	Dirección	Horas	Fechas
1	SAN JOSE - HEREDIA	07:21:21 PM	11/03/2018
2	HEREDIA - SAN JOSE	07:22:15 PM	11/03/2018
3	SAN JOSE - HEREDIA	07:26:22 PM	11/03/2018
4	HEREDIA - SAN JOSE	07:27:17 PM	11/03/2018

Fuente propia del autor.

Ilustración 55. Datos almacenados en la base de datos.

phpMyAdmin

Reciente Favoritas

Nueva id3284430_db_safetrain Nueva datasafetrain login information_schema mysql

Servidor: localhost:3306 » Base de datos: id3284430_db_safetrain » Tabla: datasafetrain

Examinar Estructura SQL Buscar Insertar Exportar Importar Operaciones Disparadores

Mostrando filas 0 - 3 (total de 4, La consulta tardó 0.0035 segundos.)

```
SELECT * FROM `datasafetrain`
```

Perfilando [Editar en línea] [Editar]

Mostrar todo | Número de filas: 25 | Filtrar filas: Buscar en esta tabla | Ordenar según la clave: Ninguna

+ Opciones

	ID	user	pass	rumbo	hora	fecha
<input type="checkbox"/> Editar Copiar Borrar	100	Way_Corp	12345	HEREDIA_-SAN_JOSE	2018-03-11 19:27:17	2018-03-11 19:27:17
<input type="checkbox"/> Editar Copiar Borrar	99	Way_Corp	12345	SAN_JOSE_-HEREDIA	2018-03-11 19:26:22	2018-03-11 19:26:22
<input type="checkbox"/> Editar Copiar Borrar	98	Way_Corp	12345	HEREDIA_-SAN_JOSE	2018-03-11 19:22:15	2018-03-11 19:22:15
<input type="checkbox"/> Editar Copiar Borrar	97	Way_Corp	12345	SAN_JOSE_-HEREDIA	2018-03-11 19:21:21	2018-03-11 19:21:21

Seleccionar todo Para los elementos que están marcados: Editar Copiar Borrar Exportar

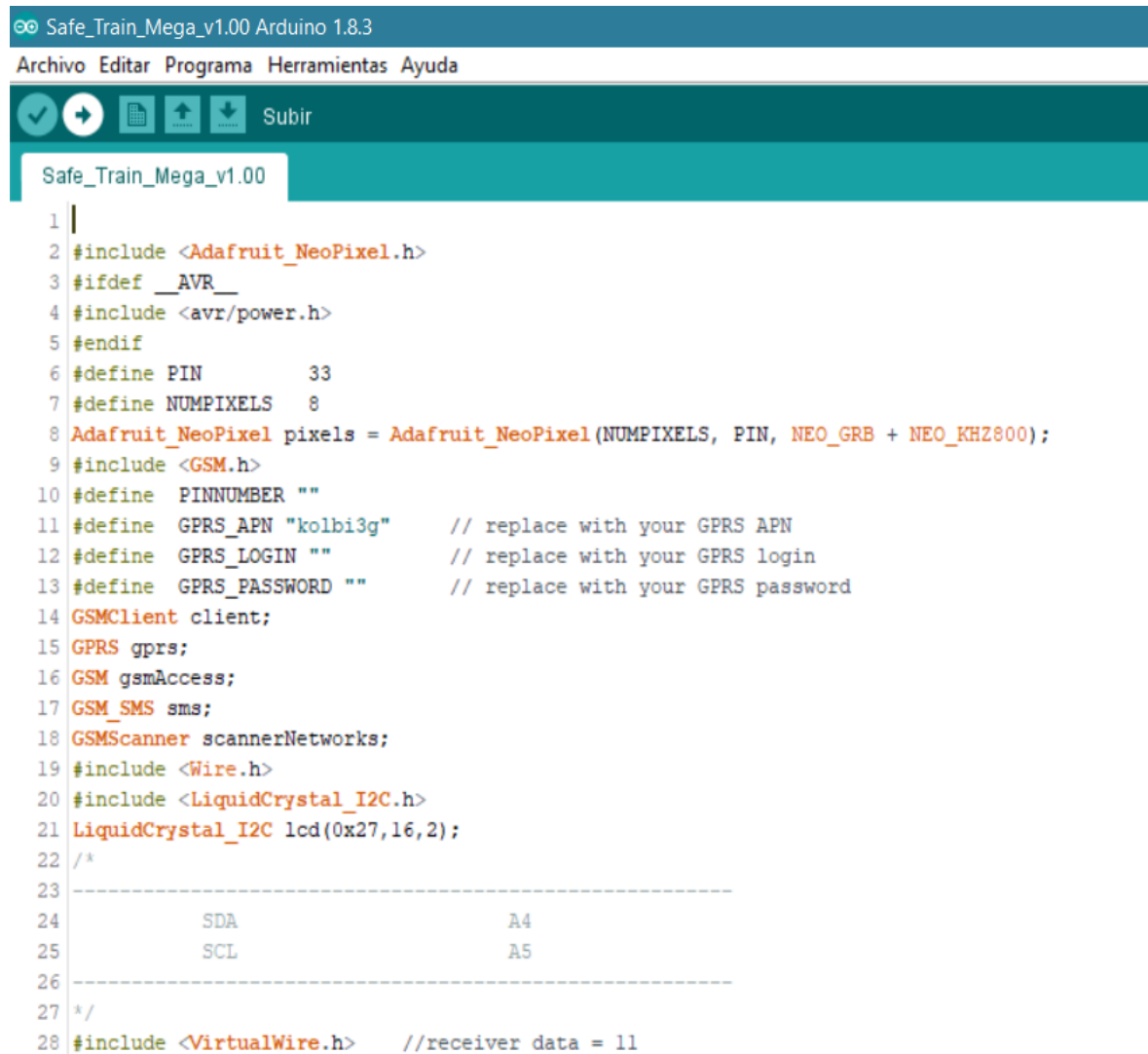
Mostrar todo | Número de filas: 25 | Filtrar filas: Buscar en esta tabla | Ordenar según la clave: Ninguna

Operaciones sobre los resultados de la consulta

Imprimir Copiar al portapapeles Exportar Mostrar gráfico Crear vista

Fuente propia del autor.

Ilustración 56. Inclusión de librerías para Plataforma Arduino.



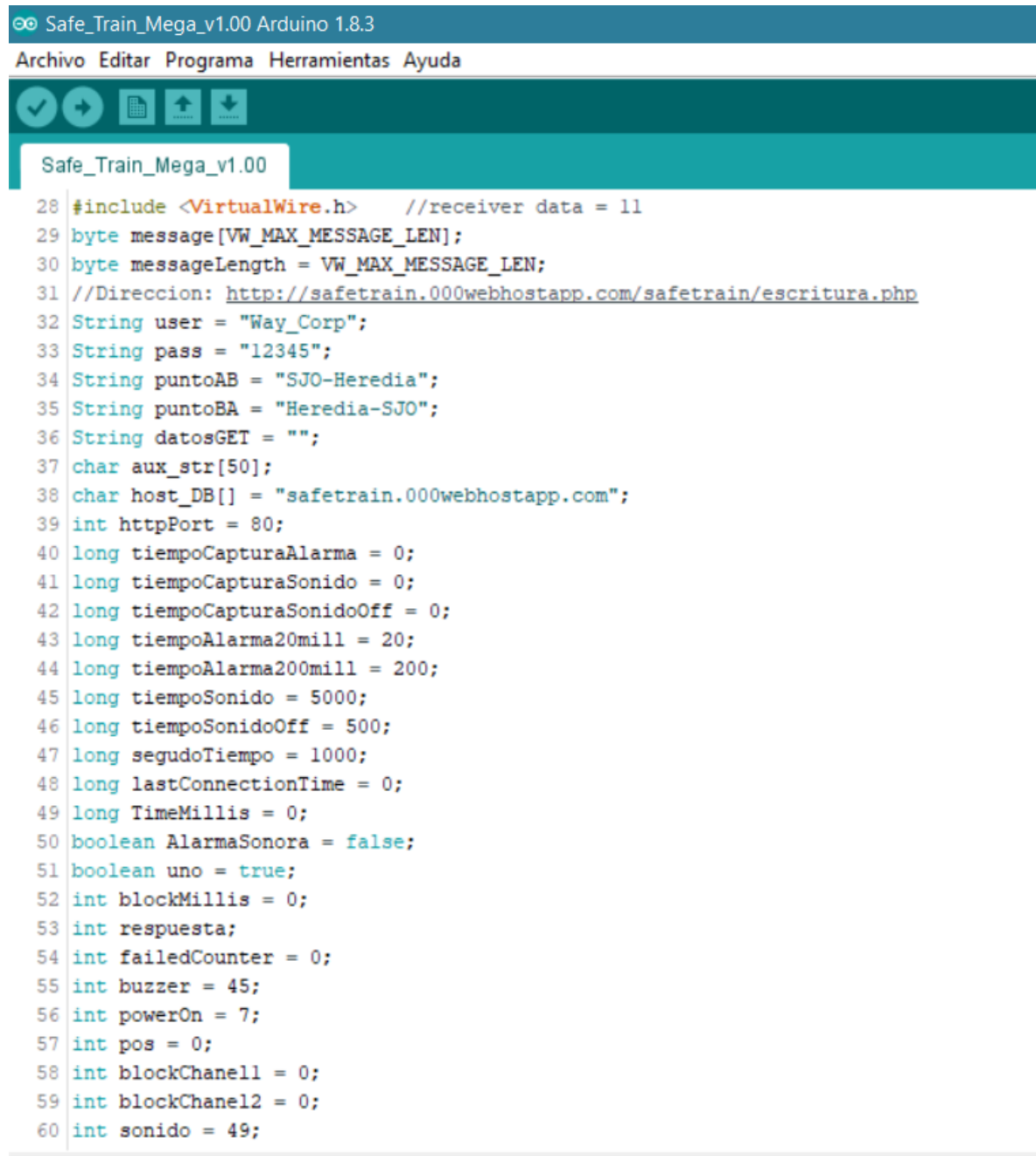
```

1 |
2 #include <Adafruit_NeoPixel.h>
3 #ifdef __AVR__
4 #include <avr/power.h>
5 #endif
6 #define PIN      33
7 #define NUMPIXELS  8
8 Adafruit_NeoPixel pixels = Adafruit_NeoPixel(NUMPIXELS, PIN, NEO_GRB + NEO_KHZ800);
9 #include <GSM.h>
10 #define PINNUMBER ""
11 #define GPRS_APN "kolbi3g" // replace with your GPRS APN
12 #define GPRS_LOGIN "" // replace with your GPRS login
13 #define GPRS_PASSWORD "" // replace with your GPRS password
14 GSMClient client;
15 GPRS gprs;
16 GSM gsmAccess;
17 GSM_SMS sms;
18 GSMScanner scannerNetworks;
19 #include <Wire.h>
20 #include <LiquidCrystal_I2C.h>
21 LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,16,2);
22 /*
23 -----
24         SDA                A4
25         SCL                A5
26 -----
27 */
28 #include <VirtualWire.h> //receiver data = 11

```

Fuente propia del autor.

Ilustración 57. Apartado de definición de variables.



The screenshot shows the Arduino IDE interface. The title bar reads 'Safe_Train_Mega_v1.00 Arduino 1.8.3'. The menu bar includes 'Archivo', 'Editar', 'Programa', 'Herramientas', and 'Ayuda'. Below the menu bar is a toolbar with icons for checkmark, back, grid, up, and down. The main editor area shows the following code:

```

28 #include <VirtualWire.h> //receiver data = 11
29 byte message[VW_MAX_MESSAGE_LEN];
30 byte messageLength = VW_MAX_MESSAGE_LEN;
31 //Direccion: http://safetrain.000webhostapp.com/safetrain/escritura.php
32 String user = "Way_Corp";
33 String pass = "12345";
34 String puntoAB = "SJO-Heredia";
35 String puntoBA = "Heredia-SJO";
36 String datosGET = "";
37 char aux_str[50];
38 char host_DB[] = "safetrain.000webhostapp.com";
39 int httpPort = 80;
40 long tiempoCapturaAlarma = 0;
41 long tiempoCapturaSonido = 0;
42 long tiempoCapturaSonidoOff = 0;
43 long tiempoAlarma20mill = 20;
44 long tiempoAlarma200mill = 200;
45 long tiempoSonido = 5000;
46 long tiempoSonidoOff = 500;
47 long segundoTiempo = 1000;
48 long lastConnectionTime = 0;
49 long TimeMillis = 0;
50 boolean AlarmaSonora = false;
51 boolean uno = true;
52 int blockMillis = 0;
53 int respuesta;
54 int failedCounter = 0;
55 int buzzer = 45;
56 int powerOn = 7;
57 int pos = 0;
58 int blockChanell = 0;
59 int blockChanell2 = 0;
60 int sonido = 49;

```

Fuente propia del autor.

Ilustración 58. Void Set up, programación.

```

62 void setup()
63 {
64   Serial.begin(9600); //Configura velocidad del puerto serie del Arduino
65   vw_setup(2000);
66   vw_rx_start();
67   lcd.init();
68   lcd.backlight();
69   #if defined (__AVR_ATtiny85__)
70   if (F_CPU == 16000000) clock_prescale_set(clock_div_1);
71   #endif
72   pixels.begin();
73   pinMode(powerOn, OUTPUT);
74   pinMode(buzzer, OUTPUT);
75   pinMode(sonido, OUTPUT);
76   pinMode(31, OUTPUT);
77   digitalWrite(sonido, HIGH);
78   delay(1000);
79   Serial.println("Iniciando la Targeta GSM...");
80   digitalWrite(powerOn, HIGH);
81   delay(2000);
82   digitalWrite(powerOn, LOW);
83   delay(1000);
84   for (int i=0; i<8; i++)
85     {
86       pixels.setPixelColor(i, pixels.Color(0,25,0));
87       pixels.show();|
88     }
89   lcd.setCursor(0, 0);
90   lcd.print("INICIANDO LA RED");
91   lcd.setCursor(0, 1);
92   lcd.print("          ");
93   StartGSM();
94   lcd.setCursor(0, 0);
90   lcd.print("INICIANDO LA RED");
91   lcd.setCursor(0, 1);
92   lcd.print("          ");
93   StartGSM();
94   lcd.setCursor(0, 0);
95   lcd.print(" SISTEMA ");
96   lcd.setCursor(0, 1);
97   lcd.print(" SAFE TRAIN ");
98   delay(1000);
99 }

```

Fuente propia del autor.

BIBLIOGRAFÍA

Universidad Hispanoamericana, (Setiembre 2017), Dirección de metodológica de investigación Manual de proyectos de graduación ingeniería electrónica. Ed 3-17.

Ministerio de Obras Públicas y Transportes Dirección General e Ingeniería de Transito. Ing. Carlos Sandino Guevara. (2018). *Asesoría de costos cruces del ferrocarril*. San José: MOPT.

Gauchat J.D (2012). *El gran libro de HTML5, CSS3 y Javascript*. España: MARCOMBO. Primera Ed. 2012.

Chichilla C. S. La Nación. (19 febrero del 2017). *INCOFER recupera solo 43 millones por los choques del 2016*. Disponible en:
http://www.nacion.com/nacional/transportes/Incofer-recupera-solo-millones-choques_0_1616838350.html
 (Obtenido el día 30 de octubre 2017).

La Gaceta. (1 marzo del 2017). MODIFICACIÓN PARCIAL DE LA LEY DE TRÁNSITO POR VÍAS PÚBLICAS TERRESTRES Y SEGURIDAD VIAL, LEY N.º 9078, DE 26 DE OCTUBRE DE 2012, Y SUS REFORMAS. Disponible en:
http://www.imprentanacional.go.cr/pub/2017/03/01/ALCA47_01_03_2017.pdf

Arduino.cl. (2017). *ARDUINO MEGA 2560 R3*. Disponible en:
<https://store.Arduino.cc/usa/Arduino-mega-2560-rev3>
 (Obtenido el 5 de noviembre del 2017).

Arduino.cl. (2017). *ARDUINO NANO*. Disponible en:
<https://store.Arduino.cc/usa/Arduino-nano> (Obtenido el 5 de noviembre del 2017).
 Grupo Sanvalero, (s.f). *INTRODUCCIÓN A LAS COMUNICACIONES POR RADIOFRECUENCIA*. Disponible en:
http://profesores.sanvalero.net/~arnadillo/Documentos/Apuntes/Tecnicas/UD9_Co_municaci%F3n%20inal%E1mbrica/1_Conceptos%20de%20RF.pdf
 (Obtenido el día 5 de diciembre del 2017).

Tribunal Supremo de Elecciones. (s.f). LEY DE IGUALDAD DE OPORTUNIDADES PARA LAS PERSONAS CON DISCAPACIDAD Ley N° 7600. Disponible en:
<http://www.tse.go.cr/pdf/normativa/leyigualdaddeoportunidades.pdf>
 (Obtenido el día 10 de noviembre del 2017).

Asamblea Legislativa – Centro de información Estadística. (mayo del 2014). *X Censo Nacional de Población y VI de Vivienda 2011*. Disponible en: <http://www.asamblea.go.cr/sd/Documents/estadisticas/REF-CIE-4-14-Consulta%20-%20Discapacidad%20Costa%20Rica.pdf>
(Obtenido el 15 de noviembre del 2017).

Colegio de Arquitectos e ingenieros. (abril 2017), *Hora Profesional*. Disponible en: http://www.cfia.or.cr/descargas2017/archivosVarios/hora_profesional_abril17.pdf
(Obtenido el día 16 noviembre del 2017).

Honeywell. (s.f). *HALL EFFECT SENSING AND APPLICATION*. Disponible en: <https://sensing.honeywell.com/hallbook.pdf>
(Obtenido el día 3 de enero 2018).

Hobby Components. (10 marzo del 2016). *433MHz Wireless Modules MXFS03V & MX05*. Disponible en: http://www.thebackshed.com/forum/uploads/TassyJim/2017-03-15_040554_MX_FS_03V_RF_RXTX_modules.pdf
(Obtenido el día 20 de enero del 2018).

Arduino.cl. (2017). *Arduino Shield 2 GSM*. Disponible en: <https://store.Arduino.cc/usa/Arduino-gsm-shield-2-integrated-antenna>
(Obtenido el 2 de febrero 2018).