



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA,
ELECTRÓNICA Y SISTEMAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA



**“ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN SISTEMA DE
SEMAFORIZACIÓN PARA EL CONTROL DEL TRÁFICO
VEHICULAR UTILIZANDO PLC PARA LA INTERSECCIÓN DE
LOS JIRONES SAN ROMÁN CON DOS DE MAYO EN LA
CIUDAD DE JULIACA”**

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. MAXIMO ROGER TICONA TICONA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO ELECTRÓNICO

PUNO – PERÚ

2021



DEDICATORIA

A Dios, a mi padre y a mi madre por su apoyo incondicional, a mis hermanos y hermanas por alentarme a seguir siempre adelante, a las personas cercanos (as), amigos (as) y compañeros (as) por darme siempre esos consejos de motivación de alcanzar mis metas, a los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica que han contribuido a alcanzar este anhelo, este paso, esta meta, este objetivo.

Máximo Roger

Ticona Ticona.



AGRADECIMIENTO

Ante todo agradecer a Dios por bendecirme, guiarme y permitirme culminar mis estudios, agradecer a mi querida alma mater la Universidad Nacional del Altiplano - Puno, a la Facultad de Ingeniería Mecánica Eléctrica, Electrónica y Sistemas, Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica por haberme acogido en sus aulas para mi Formación Profesional, también a todos los docentes que laboran en esta prestigiosa Escuela, agradezco por las enseñanzas que me brindaron y a mis compañeros por haber pasado por experiencias y momentos inolvidables, mis más sinceros agradecimientos a todos ellos.

Máximo Roger

Ticona Ticona.



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
ÍNDICE GENERAL	
ÍNDICE DE FIGURAS	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE ACRÓNIMOS	
RESUMEN	13
ABSTRACT.....	14

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 Planteamiento del problema de investigación.....	17
1.2 Formulación del problema	18
1.3 Hipótesis de la investigación.....	18
1.3.1 Hipótesis general	18
1.3.2 Hipótesis específico.....	18
1.4 Justificación del problema.....	19
1.4.1 Justificación social.....	19
1.4.2 Justificación tecnológica	19
1.4.3 Justificación económica.....	20
1.5 Objetivos de la investigación	20
1.5.1 Objetivo general	20
1.5.2 Objetivos específicos.....	20

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LA LITERATURA

2.1 Antecedentes de la investigación	21
2.2 Marco teórico	24



2.2.1 Tráfico vehicular	24
2.2.2 Congestión vehicular	25
2.2.3 Causas de la congestión del tráfico vehicular.....	26
2.2.4 Efecto de la congestión del tráfico vehicular	27
2.2.5 Hora punta	28
2.2.6 Intensidad del tráfico en hora punta	28
2.2.7 Semáforo.....	28
2.2.8 Ciclo y fase del semáforo	30
2.2.9 Clasificación de los semáforos	31
2.2.10 Sistemas operacionales de los semáforos	31
2.2.10.1 Los sistemas de control pre-sincronizados o tiempo fijo.....	31
2.2.10.2 Semáforos accionados por el tránsito vehicular	31
2.2.10.3 Semáforos semi-accionados por el tránsito vehicular.....	32
2.2.10.4 Sistema de control centralizado	32
2.2.11 Sistemas	32
2.2.11.1 Sistemas inteligentes	32
2.2.12 Semáforo inteligente.....	33
2.2.13 Análisis del sistema de control del tráfico vehicular.....	33
2.2.14 Análisis de las diferentes tecnologías de semaforización inteligente.....	34
2.2.14.1 Semaforización inteligente con RFID.....	34
2.2.14.2 Semaforización inteligente para sistemas embebidos.....	34
2.2.14.3 Semaforización inteligente con redes de sensores inalámbricos	35
2.2.14.4 Semaforización inteligente mediante el procesamiento de imágenes...	36
2.2.14.5 Semaforización inteligente mediante inteligencia artificial.....	37
2.2.14.5.1 Refuerzo de aprendizaje.....	37
2.2.14.5.2 Lógica difusa.....	37
2.2.15 Sensor loop	38



2.2.15.1 Características del sensor loop.....	39
2.2.15.2 Aplicaciones históricas del sensor loop	40
2.2.15.2.1 Como detector de submarinos.....	40
2.2.15.3 Aplicaciones actuales del sensor loop	40
2.2.15.3.1 Como detector para vehículos.....	40
2.2.15.3.2 Como detector de metales	41
2.2.15.3.3 Como bobinas receptoras	41
2.2.16 So machine	42
2.2.16.1 Terminología esencial.....	43
2.2.17 LabVIEW	44
2.2.18 Mit app inventor 2	46
2.2.19 Elementos de control	46
2.2.19.1 PLC	47
2.2.19.1.1 Datos del producto y características	50
2.2.19.2 Arduino	50
2.2.19.2.1 Características de la placa arduino uno.....	51
2.2.19.3 Microcontrolador PIC	52
2.2.19.4 Raspberry pi.....	54
2.2.20 Detector de vehículos	56
2.2.21 Elección de alternativas	57
2.3 Operacionalización de variables	59

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Tipo y diseño de la investigación.....	60
3.2 Población y muestra de la investigación	60
3.2.1 Población de la investigación	60
3.2.2 Muestra de la investigación	61



3.3 Ubicación geográfica del ámbito de estudio de la investigación	61
3.4 Equipos, materiales y servicios para la realización del proyecto	62
3.4.1 Software	62
3.4.2 Hardware	62
3.4.3 Materiales de escritorio	62
3.4.4 Servicios	62
3.5 Técnicas e instrumentos para la recolección de la información	63
3.5.1 Para el análisis del sistema de semaforización existente	63
3.5.2 Para el diseño del sistema de semaforización del tráfico vehicular utilizando PLC	63
3.5.3 Para el análisis mediante la simulación el tráfico vehicular	64
3.6 Técnicas para el procesamiento y análisis de datos	64
3.6.1 Procesamiento de datos	64
3.6.2 Análisis de datos	64
3.7 Análisis y descripción del proceso de automatización del sistema de semaforización	64
3.7.1 Punto de instalación del sistema de semaforización utilizando PLC	64
3.7.2 Localización del sensor loop en la carretera	65
3.7.3 Sistema electrónico y control	69
3.7.4 Interfaz en el software labVIEW	70
3.7.4.1 Funciones de la interfaz	72
3.7.5 Interfaz de usuario en la app inventor 2	74

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Sistema de semaforización de la intersección de los jirones San Román con Dos de Mayo	81
4.2 Diseño de un sistema de semaforización para el control de tráfico vehicular.	84
4.3 Simulación del sistema de semaforización	88



4.3.1 Primera simulación	89
4.3.2 Segunda simulación	90
4.3.3 Tercera simulación	91
4.4 Prueba de hipótesis	94
4.4.1 Prueba de hipótesis: el tiempo en la que circularon un determinado número de autos	94
V. CONCLUSIONES.....	97
VI. RECOMENDACIONES	98
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	99
ANEXOS.....	102

Área: Automatización e Instrumentación

Línea de investigación: Control y Automatización

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 12 de febrero del 2021



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1: Tráfico vehicular	25
Figura 2.2: Congestión vehicular.....	26
Figura 2.3: El semáforo	29
Figura 2.4: Ciclos del semáforo.....	30
Figura 2.5: Fases del semáforo	30
Figura 2.6: Clasificación de los semáforos.....	31
Figura 2.7: Semaforización inteligente con RFID	34
Figura 2.8: Semaforización inteligente para sistemas embebidos	35
Figura 2.9: Funcionamiento del semáforo inteligente usando redes de sensores inalámbricos.....	36
Figura 2.10: Semaforización mediante procesamiento de imágenes.....	36
Figura 2.11: Conexión del sensor loop	38
Figura 2.12: Sensor loop.....	39
Figura 2.13: Principio de funcionamiento del sensor loop dado como detector de vehículos	40
Figura 2.14: Sensor loop dado como detector de metal.....	41
Figura 2.15: Sensor loop dado como bobinas receptoras	42
Figura 2.16: SoMachine de schneider electric.....	42
Figura 2.17: Fases de desarrollo de un proyecto en SoMachine basic	44
Figura 2.18: Software LabVIEW™.....	45
Figura 2.19: Interfaz desarrollador MIT app inventor 2.....	46
Figura 2.20: PLC schneider electric modicon M221	49
Figura 2.21: Placa arduino uno	51
Figura 2.22: Microcontrolador PIC 16F84	52
Figura 2.23: Periféricos, funciones de los pines	53
Figura 2.24: Placa de raspberry pi	55
Figura 2.25: Formas de instalación del sensor loop en el pavimento.....	56
Figura 3.1: Ubicación de implementación del semáforo inteligente	65
Figura 3.2: Localización del sensor loop	66
Figura 3.3: Primera forma de instalación del sensor loop	66
Figura 3.4: Segunda forma de instalación del sensor loop	67
Figura 3.5: Detección del sensor loop a taxi y taxi.....	67



Figura 3.6: Detección del sensor loop a taxi y tráiler	68
Figura 3.7: Distribución de los sensores loop en la vía	69
Figura 3.8: Salidas del relé	70
Figura 3.9: Interfaz realizado con el software LabVIEW™	71
Figura 3.10: Ajustes de la interfaz	71
Figura 3.11: Selección de puerto de comunicación	72
Figura 3.12: Modos de funcionamiento del sistema	73
Figura 3.13: Ajuste de los ciclos y fases del sistema.....	74
Figura 3.14: Fases del sistema de semaforización	74
Figura 3.15: Programación en app inventor 2 del MIT	75
Figura 3.16: Inicialización del proceso	75
Figura 3.17: Conexión inalámbrica mediante bluetooth.....	76
Figura 3.18: Obtención de MAC	76
Figura 3.19: Modos de operación del sistema	77
Figura 3.20: Envío y sincronización con el semáforo	77
Figura 3.21: Recepción de datos a la interfaz Android.....	78
Figura 3.22: Ajuste a modos de funcionamiento del sistema	78
Figura 3.23: Ciclo de lectura del sensor	79
Figura 3.24: Semáforo basado en el sensor loop	80
Figura 3.25: Diagrama estructural general	80
Figura 4.1: Figura de diseño de sistema semaforización mediante algoritmos de flujograma	85
Figura 4.2: Simulación de semáforo en el programa SoMachine.....	86
Figura 4.3: Simulación de los sensores loop en la vía principal.....	86
Figura 4.4: Simulación de los sensores loop en la vía secundaria.....	87
Figura 4.5: Simulación de comparador de autos de las intersecciones principal y secundaria	87
Figura 4.6: Intersección de los jirones San Román con Dos de Mayo	88
Figura 4.7: Cinco detectores a lo largo de ambas vías de la intersección en el Software Synchro	88
Figura 4.8: Ingreso de datos para la simulación	89
Figura 4.9: Tiempos simulados del sistema actual y propuesto de un determinado numero de vehículos	93
Figura 4.10: Región crítica y de confianza de hipótesis tiempo.....	96



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1: Estadística poblacional	21
Tabla 2.2: Características principales del PLC TM221CE24R	50
Tabla 2.3: Características complementarias del PLC TM221	50
Tabla 2.4: Características de la placa Arduino Uno	51
Tabla 2.5: Elección de alternativas	58
Tabla 2.6: Operacionalización de variables	59
Tabla 3.1: Principales intersecciones semaforizadas de la ciudad de Juliaca.....	61
Tabla 3.2: Ubicación de trabajo de investigación.....	61
Tabla 3.3: Primera prueba del sensor loop, datos obtenidos	66
Tabla 3.4: Segunda prueba del sensor loop, datos obtenidos	68
Tabla 4.1: Flujo de tráfico vehicular hora punta en la intersección de los jirones San Román con Dos de Mayo.....	81
Tabla 4.2:Primera simulación realizada al sistema actual y propuesto	90
Tabla 4.3: Segunda simulación realizada al sistema actual y propuesto	91
Tabla 4.4: Segunda simulación realizada al sistema actual y propuesto	92
Tabla 4.5: Datos obtenidos de las 3 simulaciones en el programa Synchro del sistema actual y del sistema de semaforización propuesto.	92



ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

IDL	: Lazo de Detector Inductivo
PLC	: Controlador Lógico Programable
E/S	: Entradas y Salidas
POU	: Unidad de Organización del Programa
CC	: Corriente Continua
AC	: Corriente Alterna
CNO	: Contacto Normalmente Abierto
CNC	: Contacto Normalmente Cerrado
PIC	: Circuito Integrado Programable
Hz	: Hertzio
V	: Voltaje
USB	: Universal Serial Bus
PC	: Computadora Personal
RAM	: Memoria de Acceso Aleatorio
GB	: Giga Bit
LOOP	: Lazo, Bucle
HDMI	: Interfaz Multimedia de Alta Definición
COM	: Comunicación
IEC	: Comisión Electrotécnica Internacional
IP40	: Grado de Protección
CO ₂	: Dióxido de Carbono
CO	: Monóxido de Carbono
INEI	: Instituto Nacional de Estadística e Informática



RESUMEN

Juliaca es una de las ciudades con un alto grado de congestión vehicular en los últimos años, y carece de un sistema de semaforización para el control de tráfico vehicular en el cercado de la ciudad. Ante esto ha surgido la propuesta del proyecto de tesis denominado. “Análisis y diseño de un sistema de semaforización para el control del tráfico vehicular utilizando PLC para la intersección de los jirones San Román con Dos de Mayo en la ciudad de Juliaca”. En donde se analizó y diseño un sistema de semaforización inteligente para el control del tráfico vehicular el cual favorecerá a una mejor circulación y reducirá los tiempos de llegada a los destinos de las personas, como también algunos problemas relacionados a este. La investigación por sus características se considera de tipo descriptivo, metodología observacional para el desarrollo del sistema. Además, el diseño tiene una comunicación por medio de una interfaz vía bluetooth para monitorear y modificar los tiempos de cambio de las luces de ambas calles como por ejemplo en horas pico. El diseño del proyecto está basado en la detección de vehículos tanto en la vía del Jr. San Román y en la vía del Jr. Dos de Mayo “+” por medio de sensores inductivos que se instalarán en el pavimento estos sensores generarán datos que serán controlados y procesados por el PLC y programado también en este mismo computador se generará los tiempos adecuados para la activación de las luces en el área de control de tráfico vehicular. El proyecto se centra en el análisis del sistema de semaforización actual de la ciudad de Juliaca, para realizar un nuevo diseño mediante algoritmos de flujogramas, obteniendo resultados del diseño de un sistema de semaforización que optimiza la transitabilidad vial.

Palabras Clave: Análisis, Diseño, Control del Tráfico, PLC, Semaforización Inteligente.



ABSTRACT

Juliaca is one of the cities with a high degree of traffic congestion in recent years, and it lacks a traffic light system to control vehicular traffic in the city fencing. Given this, the proposal for the thesis project called. "Analysis and design of a signaling system for vehicular traffic control using plc for the intersection of the San Román shreds with Two of May in the city of Juliaca" where an intelligent traffic light system was analyzed and designed for the control of the vehicular traffic which will favor a better circulation and will reduce the arrival times to the destinations of the people, as well as some problems related to this. The investigation by its characteristics is considered of descriptive type, observational methodology for the development of the system. In addition, the design has a communication through an interface via bluetooth to monitor and modify the change times of the lights on both streets, such as during peak hours. The project design is based on the detection of vehicles both on the Jr. San Román road and on the Jr. Two of May "+" road by means of inductive sensors that will be installed on the pavement. These sensors will generate data that will be Controlled and processed by the PLC and also programmed in this same computer, the appropriate times will be generated for the activation of the lights in the vehicular traffic control area. The project focuses on the analysis of the current traffic light system in the city of Juliaca, to carry out a new design using flowchart algorithms, obtaining results from the design of a traffic light system that optimizes road traffic.

Keywords: Analysis, Design, Traffic Control, PLC, Intelligent Traffic Light.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

La circulación por carretera del transporte vehicular y peatonal son de épocas coloniales que persistió y persiste por el tiempo. Actualmente el aumento de vehículos crece de manera exponencial ocasionando consecuencias negativas en las carreteras de la ciudad de Juliaca. Debido a esto, la congestión del tráfico vehicular se vuelve cada vez en un problema inevitable y de nunca acabar. La falta de una administración, un control óptimo provoca varios factores negativos como la pérdida del tiempo valioso, desperdicio de combustible, contaminaciones sonoras, emisiones de gases tóxicos, cambio de ánimo a negativo de las personas a causa de estar sometido bastante tiempo en el tráfico vehicular, inseguridad, incremento innecesario del personal policial entre otros. La ciudad de Juliaca se caracteriza por ser una ciudad de comercio y por ende hay mucha recurrencia de personas de diferentes lugares provocando un aumento significativo de vehículos automotores a la ciudad, este carece de un sistema de control eficiente ya que solo cuenta con la semaforización convencional temporizada de tiempo fija. Con esta investigación de análisis y diseño de un sistema de semaforización para el control del tráfico vehicular por medio de semáforos inteligentes utilizando la tecnología PLC junto con los sensores inductivos que se instalarán a lo largo de las calles el mismo que dará lectura de la presencia de los vehículos y entregará una señal lógica, que a su vez entrará al ciclo de la programación para dar una semaforización a la intersección de los jirones San Román con Dos de Mayo. Lo que se pretende es mejorar la circulación de tránsito vehicular y reducir los problemas existentes en los puntos considerados críticos de la ciudad de Juliaca.

El presente trabajo de investigación consta de IV capítulos, los que se describen a continuación:



En el **Capítulo I** se aborda el planteamiento del problema de investigación, en ella se describe la problemática del tráfico vehicular existente en la ciudad de Juliaca y problemas relacionados a este, la formulación del problema, las hipótesis de la investigación, la justificación del problema y los objetivos de la investigación planteados para dar una solución al problema propuesto.

En el **Capítulo II** esta los antecedentes de la investigación, el marco teórico de la investigación que sustenta la presente investigación y la operacionalización de variables.

En el **Capítulo III** se describe el diseño metodológico de la investigación el tipo y diseño de la investigación, la población y muestra de la investigación, la ubicación geográfica del ámbito de estudio de la investigación, los equipos y materiales que se utilizó para la realización del proyecto, las técnicas e instrumentos, técnicas para el procesamiento y análisis de datos, análisis y descripción del proceso de automatización del sistema de semaforización.

En el **Capítulo IV** Se presenta los resultados de la investigación, el análisis del sistema de semaforización actual, el diseño del sistema de semaforización con la tecnología PLC y el análisis mediante simulaciones comparativas del sistema de semaforización actual y el sistema de semaforización utilizando PLC, y con el resultado obtenido se realiza la prueba de hipótesis referente a la mejora de la transitabilidad de vehículos, para finalizar, se presenta las conclusiones y recomendaciones del proyecto de investigación.



1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

La ciudad de Juliaca actualmente se ve influenciado por diversos motivos en cuanto al crecimiento de la población como la migración de las personas de los diferentes lugares aledaños como se puede observar en la tabla 2.1 realizado por el INEI, la ciudad es considerada como una ciudad de comercio, esto trae también como consecuencia el crecimiento descontrolado del parque automotor, también existen problemas en cuanto a la gestión, organización y otros factores que generan caos y desorden vehicular en las calles de la ciudad, la circulación de miles de motos, moto taxis, taxis, combis y couster de servicio urbano como también los vehículos interprovinciales, vehículos pesados hacen que ocasione congestión vehicular. Los métodos existentes para contrarrestar esta problemática no han sido lo suficientemente eficientes a pesar de que las intersecciones cuentan con semaforización estos son insuficientes debido a que operan de manera temporizada, pasan de un estado a otro siguiendo un patrón de secuencia fija. La falta de sincronización dificulta el tránsito vehicular durante las horas pico en principales arterias del cercado de la ciudad de Juliaca tal es el caso mientras una calle vacía tiene luz verde y la otra calle se detiene a esperar el cambio de luz agrupando los vehículos hasta congestionar la calle. Ante esto se afirma también que el tránsito vehicular excesivo que circula por las arterias de la ciudad de Juliaca ocasiona una serie de inconvenientes tanto económico, personal y social. Como retardos de llegada a los centros educativos, laborales, cambios negativos de estado de ánimo y otros que afectan directamente a los conductores y ocupantes de estos servicios. Todo esto a falta de un sistema de semaforización óptima para el control del tráfico vehicular.



1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Se puede analizar y diseñar un sistema de semaforización para el control de tráfico vehicular utilizando PLC para la intersección de los jirones San Román con Dos de Mayo en la ciudad de Juliaca?

1.3 HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1 HIPÓTESIS GENERAL

Con el análisis y diseño de un sistema de semaforización para el control del tráfico vehicular lo que se busca es disminuir el problema de la congestión vehicular y los tiempos de espera en puntos considerados críticos como es la intersección de los jirones San Román con Dos de Mayo en la ciudad de Juliaca. Permitiendo así una mejora del flujo del tránsito vehicular en horas de mayor demanda de vías despejadas junto a ello se pretende brindar un estado de ánimo positivo a los usuarios del transporte público, entonces se establece lo siguiente:

- El diseño de un sistema de semaforización para el control del tráfico vehicular utilizando PLC, mejorará la circulación del tráfico vehicular en la intersección de los jirones San Román con Dos de Mayo en la ciudad de Juliaca.

1.3.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICO

- Es posible analizar un sistema de semaforización para el control de tráfico vehicular utilizando PLC para la intersección de los jirones San Román con Dos de Mayo en la ciudad de Juliaca.
- Es posible diseñar un sistema de semaforización para el control del tráfico vehicular utilizando PLC para la intersección de los jirones San Román con Dos de Mayo en la ciudad de Juliaca.



1.4 JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

El crecimiento del parque automotor en la ciudad hace que el sistema de semaforización actual sea inadecuado ya que no es acorde a su situación real que presentan estos puntos considerados crítico de la ciudad y más en horas pico. Juliaca requiere de nuevos sistemas de semaforización para una mejor fluidez de tránsito vehicular en sus arterias.

El desarrollo de este sistema de semaforización de control de tráfico permitirá generar los conocimientos y la investigación a los futuros investigadores que quieran mejorar el diseño propuesto en este estudio o implementarlo en algunas investigaciones relacionadas al área de control.

La ingeniería en computación estudia la sincronización y esto ayuda el problema de sincronismo aplicado. También la ingeniería de computación muestra soluciones con el empleo de algoritmos y sistema electrónico que permiten realizar un sistema óptimo al flujo de tránsito vehicular en puntos críticos de la ciudad.

1.4.1 JUSTIFICACIÓN SOCIAL

Socialmente el proyecto se justifica por lo indispensable que es un sistema de semaforización vehicular adecuada y que permita un manejo integral de tráfico y mejore los tiempos de llegada, desplazamiento ya que por el cercado de la ciudad existe un verdadero problema del tráfico vehicular y el estudio de esta tecnología es eficiente para la población de Juliaca ya que el uso de un semáforo es de manera permanente.

1.4.2 JUSTIFICACIÓN TECNOLÓGICA

Este proyecto está desarrollado con la tecnología PLC este componente es una computadora que procesa datos obtenidos de los sensores que se instalarán en las calles



y programado también en este computador para toma de decisiones de control del tráfico vehicular.

1.4.3 JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA

Económicamente el proyecto se justifica por el mejoramiento de los tiempos de llegada a los centros de trabajo, estudio, hogar, etc. Ya que este es irreversible, obteniendo como resultado una mayor productividad y en el ámbito del congestionamiento vehicular se obtendrá un ahorro significativo de combustible.

1.5 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.5.1 OBJETIVO GENERAL

- Analizar y diseñar un sistema de semaforización para el control de tráfico vehicular utilizando PLC para la intersección de los jirones San Román con Dos de Mayo en la ciudad de Juliaca.

1.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar el sistema de semaforización de la intersección de los jirones San Román con Dos de Mayo en la ciudad de Juliaca.
- Diseñar un sistema de semaforización para el control del tráfico vehicular utilizando PLC para la intersección de los jirones San Román con Dos de Mayo en la ciudad de Juliaca.
- Analizar mediante la simulación el tráfico vehicular de los jirones San Román con Dos de Mayo en la ciudad de Juliaca.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Debido a las migraciones y al proceso de urbanización la ciudad de Juliaca tiende a ser cada vez más densa; por el contrario, los demás distritos de la provincia tienden a presentar densidades bajas por cuanto su proceso de urbanización es todavía lento, al mismo tiempo que su tasa de crecimiento poblacional es baja, entre otras razones, debido a las frecuencias migraciones poblacionales. La población censada de la provincia de San Román al año 2018, es de 230,146 habitantes, localizándose especialmente en la ciudad de Juliaca, donde se concentra el 74.7%, en tanto en el distrito de San Miguel el 20.00%, en Cabana habitan el 1.6%, en Cabanilla el 1.5% y en Caracoto el 2.2% (Municipalidad Provincial de San Román, 2015).

Tabla 2.1: Estadística poblacional

Año	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2018
San Román	265191	270737	276352	282043	287823	293697	230146
Juliaca	249269	254947	260696	266523	272436	278444	171897
San Miguel	-	-	-	-	-	-	45808
Cabana	4452	4407	4362	4315	4270	4224	3793
Cabanillas	5392	5390	5386	5382	5378	5374	3449
Caracoto	6078	5993	5908	5823	5739	5655	5199

Fuente: (INEI, 2018)

A partir del año 2005 el tránsito en Arequipa, se ha vuelto uno de los principales problemas a resolver por parte de las autoridades públicas. Esta problemática trae como consecuencia malestar en la población debido a la congestión, desorden, contaminación e informalidad existe en el rubro del transporte. Se realiza entrevistas de diagnósticos a



los expertos, con las cuales se elabora un análisis cualitativo por categorías, obteniendo la necesidad de implementar un Sistema Integrado de transporte y el mejoramiento del tránsito en su centro histórico por ser ciudad monocéntrica; de estas dos categorías el Sistema Integrado de transporte tiene un plan de mejora en la actualidad con la municipalidad provincial de Arequipa, por lo que el presente estudio se ha centrado en el mejoramiento del tránsito en el centro histórico de la ciudad de Arequipa a través de la aplicación de semaforización inteligente. Finalmente se realiza una evaluación financiera social para un horizonte de 10 años, utilizando la metodología SNIP en la cual, el resultado es positivo para implementación de la semaforización inteligente, en cuanto a horas de ahorro en tránsito, cantidad de consumo de combustible y beneficio en reducción de emisiones, por lo que se concluye que se puede implementar la semaforización como parte de la solución para la problemática del tránsito en la ciudad de Arequipa (Carpio Ali, Oviedo Meneses, Reynoso Torres, & Tejada Espinosa, 2017).

En el proyecto se detalla el diseño de un prototipo para controlar un semáforo inteligente desarrollado en Python 5.7, y se utilizó el manejador de base de datos MySQL, además se sugerirá la tecnología KIT de semáforos con tecnología leds, sensores de movimiento, controlador de tránsito cables de registro de información, cámaras detectoras de presencia vehicular cuya función es detectar los vehículos que esperan o se aproximan a una intersección. Abordaremos conceptos básicos de tráfico vehicular, así como la problemática que produce en la sociedad, escogeremos las intersecciones más resaltantes de la ciudad como modelo para el desarrollo del prototipo, realizaremos un estudio del flujo vehicular, se tabularán los datos obtenidos llegando a la conclusión que deben reasignarse los tiempos para cada sentido de circulación en cual proponemos un nuevo modelo de control del flujo vehicular basado en los semáforos inteligentes (López-Esquivel, 2015).



Debido al aumento del tráfico, las congestiones vehiculares se han vuelto un problema en muchas ciudades de todo el mundo. Con los sistemas de semáforo convencionales no es posible controlar tal congestión por lo que se trata de encarar la situación con otro enfoque para superar los problemas de congestión. Los semáforos inteligentes parecen ser una solución óptima pero aún no fueron explotadas al máximo. En este trabajo se habla sobre las diversas tecnologías implementadas, así como las aplicaciones y la actualidad de los mismos. Al final, trata sobre un enfoque futurista que tal vez sea la solución definitiva a esta problemática (Martínez Anoroza, 2017).

La presente investigación se enfoca en la simulación de un sistema adaptativo de semáforos, encaminando al control de los tiempos de duración de las fases de los semáforos, directamente ligado con el número de vehículos existentes en la vía, dando siempre preferencia a la ruta con mayor número de automotores, mediante el procesamiento de imágenes. Para el presente estudio se consideró el centro de la ciudad de Guayaquil en la avenida 9 de octubre ya que es una de las zonas con mayor aglomeración de vehículos. Los sistemas se constituyen por cámaras que adquieren imágenes y establecer transformaciones sistemáticas que permiten mejorar la información obtenida, de esta manera se adquiere el número de vehículos existentes, además también emplea tecnología de paneles solares que representan un ahorro económico. Con decisiones para determinar los tiempos de duración de las diferentes fases, además permite el monitoreo a partir de videocámaras que puedan identificar accidentes o infracciones de tránsito logrando así planear soluciones inmediatas tales emergencias viales, desvíos, etc. También realizó un análisis del sistema actual de los semáforos en el centro de la ciudad de Guayaquil (Riofrío Díaz, 2018).



2.2 MARCO TEÓRICO

2.2.1 TRÁFICO VEHICULAR

El tráfico vehicular o automovilístico (también llamado tránsito vehicular, o simplemente tráfico) es el fenómeno causado por el flujo de vehículos en una vía, calle o autopista. La diferenciación que se hace en inglés entre la palabra “tránsito” y “tráfico” corresponde la primera (transit) a lo que en español puede llamarse “transportarse”, mientras que la segunda (traffic) es aproximadamente igual a “tránsito vehicular”. En español suele utilizarse “tránsito” para describir el flujo de elementos con movilidad (pasar de un lugar a otro por una vía) y “tráfico” a los elementos transportados por otro medio. Las ciudades más afectadas con el tráfico son: San Salvador (El Salvador, Centroamérica), Shanghái (China, Asia), Los Ángeles (EE. UU, Norte América), Rio de Janeiro (Brasil, Sur América), Madrid (España, Europa), etc. La última década del siglo XX trajo consigo un fuerte incremento de la cantidad de automóviles en circulación en América Latina, así como de su uso para los más variados propósitos, incluyendo los viajes al lugar de trabajo y al estudio, con lo que se presiona significativamente la red vía (Thomson & Bull, 2012).

La estructura del sistema vial es tan importante y valioso con que podría contar cualquier país, por su calidad y magnitud que podría representar como un indicador del desarrollo de un país. En los últimos años, con el aumento cada vez mayor del parque vehicular, la circulación en las calles y carreteras se ha tomado más compleja, motivo por el cual, cobra gran importancia la realización de análisis de operacionales más detallados de los sistemas viales, donde es precisamente la INGENIERÍA DE TRÁNSITO, es aquella rama de la Ingeniería, la llamada a tratar estos aspectos (Reyes Spindola & Cardenas Grisales, 2007).

Figura 2.1: Tráfico vehicular



Elaboración propia

2.2.2 CONGESTIÓN VEHICULAR

La congestión vehicular se genera por el movimiento del flujo de vehículos en el sector vial o en intersecciones de las calles, carreteras donde se trasladan para llegar a su punto de destino causando aglomeración en sectores o puntos. Es ahí donde surge la demanda de vías más despejadas o sistemas de semaforización capaces de solucionar esta problemática ya que al estar sometido en un tráfico vehicular hay pérdida de factores muy importantes tales como: tiempo, combustible esto se produce comúnmente en horas punta y resulta ser muy estresante para las personas que están en ello.

En los períodos de máxima demanda, el movimiento vehicular se va tornando deficiente con el periodo de velocidad, lo que hace que el sistema tienda a saturarse, hasta llegar a funcionar a nivel de congestionamiento con la consiguiente demora y la cola asociada.

Las demoras pueden causar los dispositivos para el control del tránsito al interrumpir el flujo y las ocasiones por la misma corriente vehicular en situaciones de flujo continuo. En el primer caso, todos los tipos de semáforo, así como las señales ALTO y CEDA EL PASO producen detenciones en un viaje normal. En el segundo caso, se tiene demora periódica que ocurre corriente arriba de “cuellos de botella” durante las mismas horas del día, y las demoras no periódicas que producto de incidentes (accidentes o vehículos descompuestos), o cierres eventuales de un carril o una calzada (Cárdenas, 2006).

Figura 2.2: Congestión vehicular



Fuente: (Marver SAC, 2017)

2.2.3 CAUSAS DE LA CONGESTIÓN DEL TRÁFICO VEHICULAR

La congestión del tráfico vehicular se genera cuando el volumen de flujo vehicular aumenta de manera significativa en sectores del trayecto vial en intersecciones, carreteras, arterias de la ciudad y otros. También a causa de varios factores o circunstancias que ocurren en el trayecto vial como: sistemas de semaforización deficiente, accidentes, obras viales, problemas climatológicos, hora



punta, etc. La congestión de tráfico vehicular no es predecible en ciertos casos ya que un congestionamiento de vehículos puede suceder en cualquier momento como en el frenado de un auto en una carretera muy transitada puede ocasionar un fallo en cascada y crea un atascamiento vehicular.

2.2.4 EFECTO DE LA CONGESTIÓN DEL TRÁFICO VEHICULAR

Los efectos generados por la congestión del tráfico vehicular se reflejan en el desarrollo de la sociedad de manera directa como personal, social y económico a continuación se mencionarán algunos efectos negativos que genera la congestión del tráfico vehicular.

- ❖ La congestión de tráfico vehicular provoca una pérdida de tiempo tanto para el transportado y el transportista al estar estacionado en un lugar.
- ❖ Otro efecto negativo generado por la congestión vehicular es la alteración de los tiempos de llegada al destino de los transportados y del transportista.
- ❖ Consumo innecesario de combustible de los vehículos varados en el tráfico.
- ❖ Emisiones de gases tóxicos como: CO, CO₂ de los vehículos.
- ❖ Contaminación auditiva generada por parte de los vehículos estacionados en el tráfico.
- ❖ Asignación de tiempo excesivo para desplazarse de un punto a otro ya que el tiempo de desplazamiento no es predecible cuando hay congestión vehicular.
- ❖ El bloqueo de las vías a causa de la congestión vehicular puede interferir en el paso de las ambulancias o urgencias que se suscitan en el momento.
- ❖ La innecesaria presencia del personal policial ya que este personal podría asignarse a puntos que verdaderamente necesitan la presencia del Policía Nacional.
- ❖ Cambios de estado de ánimo en las personas al estar sometido bastante tiempo

en el tráfico vehicular.

- ❖ A causa de la congestión vehicular en un punto importante de circulación vial provoca tomar decisión a conductores tomar arterias, rutas alternativas que afecta a la población que habita en dichos lugares.

2.2.5 HORA PUNTA

Es el lapso de tiempo en el cual se genera la congestión de flujo vehicular que pasa por una intersección, avenida, o en carreteras de tránsito vial esto a causa del movimiento de las personas a ciertas horas del día ya sea mañanas, tardes o noches, por el ingreso o retiro de sus centros.

2.2.6 INTENSIDAD DEL TRÁFICO EN HORA PUNTA

El funcionamiento de una calle o carretera no se mide por su capacidad para intensidades medias, sino para intensidades en horas pico. Entonces surge el concepto de intensidad de tráfico “hora por hora” o “hora a hora” a lo largo de un año, de un mes una semana dependiendo el caso y para efecto de proyecto hay que discernir sobre si se toma como tráfico horario de proyecto el de la hora de más tráfico del año o de aquella donde la hora ocupe un lugar específico de ranking (López-Esquivel, 2015).

2.2.7 SEMÁFORO

El semáforo es un dispositivo de señalización mediante el cual se regulariza el tránsito vehicular y peatonal en la zona vial, mediante las luces que generalmente son de color rojo, amarillo (ámbar), y verde estandarizados que son controlados mediante una unidad de sistema, los colores de las luces, palabras o signos de los semáforos en orden descendente tienen el siguiente significado:

- ❖ Rojo: indica la detención total. Los vehículos que tienen en frente esta señal deben detenerse antes de entrar a la intersección o antes de la señal horizontal

del cruce peatonal.

- ❖ **Amarillo (ámbar):** indica prevención. Los vehículos que tienen en frente esta señal deben detenerse antes de entrar a la intersección pues este advierte que cambiara a la señal de color rojo.
- ❖ **Verde:** indica el paso. Los vehículos que tienen en frente el semáforo vehicular deben avanzar en el mismo sentido o girar a la derecha o a la izquierda salvo que en dichos puntos se prohíba alguno de estos giros mediante una señal de tránsito de vehicular.
- ❖ **Amarillo (ámbar) intermitente:** la intermitencia de una luz o luces amarillas, no prohíben el paso, pero exigen a los conductores a tener mucho cuidado al momento de pasar un semáforo con intermitencia de luz amarilla extremar su precaución y no eximen al cumplimiento de otras señales.

Figura 2.3: El semáforo

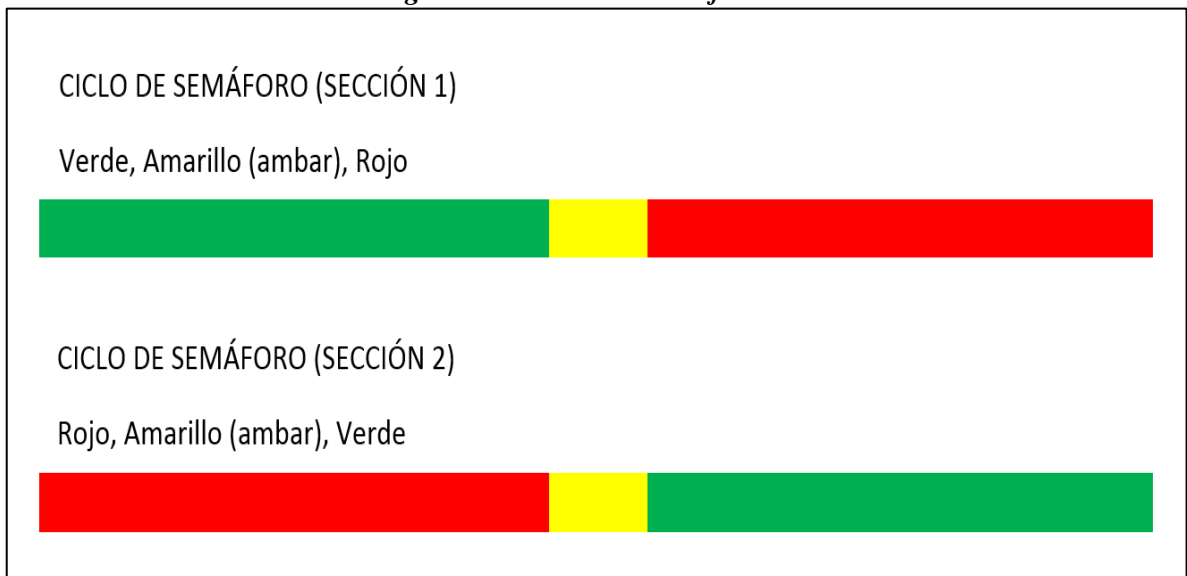


Elaboración propia

2.2.8 CICLO Y FASE DEL SEMÁFORO

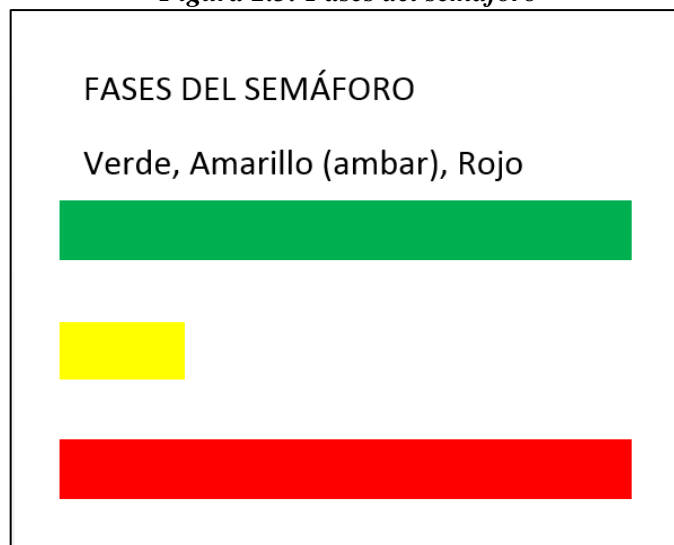
El ciclo o longitud del ciclo es el tiempo necesario para una secuencia completa de todas las indicaciones del semáforo. En cambio, una fase es una parte del ciclo que le da derecho de paso a uno o más movimientos; es decir una fase puede significar un solo movimiento vehicular un solo movimiento peatonal o una combinación de movimientos vehiculares y peatonales (Dextre & Tabasso, 2012).

Figura 2.4: Ciclos del semáforo



Elaboración propia

Figura 2.5: Fases del semáforo

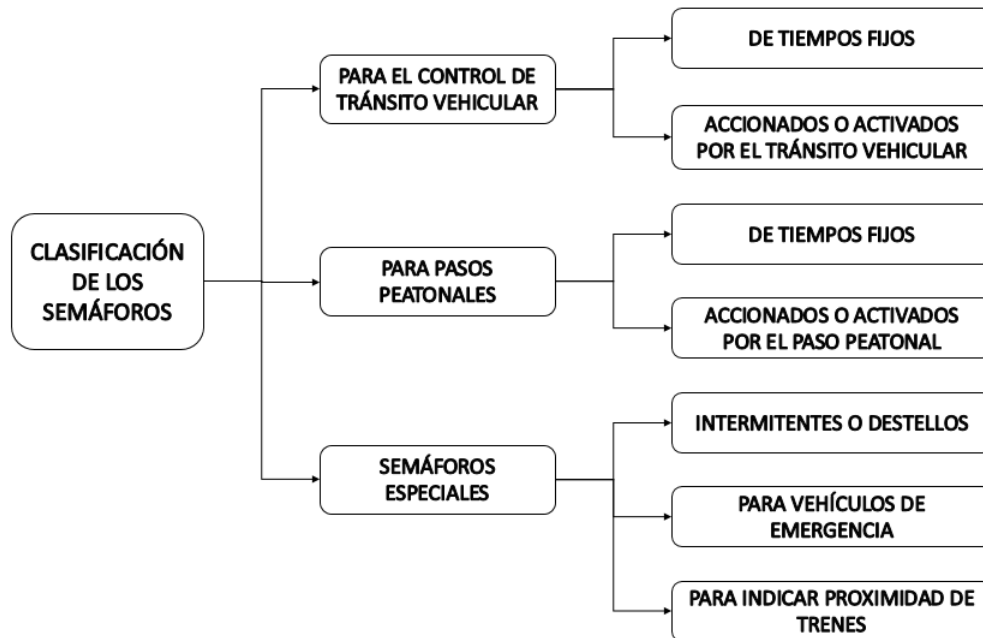


Elaboración propia

2.2.9 CLASIFICACIÓN DE LOS SEMÁFOROS

Los semáforos se clasifican de acuerdo a su funcionamiento de sus sistemas de control.

Figura 2.6: Clasificación de los semáforos



Elaboración Propia

2.2.10 SISTEMAS OPERACIONALES DE LOS SEMÁFOROS

2.2.10.1 Los sistemas de control pre-sincronizados o tiempo fijo

En este tipo de semaforización el ciclo de tiempo es de manera constante y la duración de cambio de las fases es de acuerdo al ciclo. Este controlador es de tiempo fijo y son los más sencillos que existen en las ciudades, es de un costo accesible y fácil operación.

Este sistema de control de tiempo fijo es aceptable para puntos, intersecciones con poca presencia de vehículos, un volumen de tráfico predecible.

2.2.10.2 Semáforos accionados por el tránsito vehicular

Este tipo de sistema de semaforización es acorde al volumen del tránsito vehicular real captada mediante unos sensores que detectan la presencia de



vehículos. El ciclo, duración y secuencia del intervalo de tiempo son controlados directamente por el flujo del tránsito vehicular.

2.2.10.3 Semáforos semi-accionados por el tránsito vehicular

Este tipo de sistema de semaforización está diseñado para dar preferencia la vía principal en verde que indica el paso.

2.2.10.4 Sistema de control centralizado

Este tipo de semaforización es cuando se da indicaciones de un computador que obtiene información mediante sensores instalados y toma decisiones de acuerdo a ello.

2.2.11 SISTEMAS

Un sistema se define como un conjunto de mecanismos y herramientas que permiten la creación e interconexión de componentes de software, junto con una colección de servicios para facilitar las labores de los componentes que residen y se ejecutan en él (López-Esquivel, 2015).

2.2.11.1 sistemas inteligentes

Un sistema inteligente es cuando un programa de computación reúne características y comportamientos asimilables a la inteligencia humana o animal. La expresión “sistema inteligente” se usa en ocasiones para sistemas inteligentes incompletos, por ejemplo, una casa inteligente o un sistema experto (Seijo, 2008).

Un sistema inteligente completo incluye “sentidos” que le permite recibir información de su contorno. Puede actuar, y tiene una memoria para archivar el resultado de sus acciones. Tiene un objetivo e, inspeccionando su memoria, puede aprender de su experiencia. Aprende como lograr mejorar su rendimiento y eficiencia (López-Esquivel, 2015).



2.2.12 SEMÁFORO INTELIGENTE

Es considerado semáforo inteligente todo aquel capaz de tomar decisiones dependiendo de una serie de parámetros de entrada (flujo del vehículo, velocidad media identificar la calle, entre otros). En palabras, el comportamiento del mismo, es de forma dinámica y se ajusta de acuerdo a varios parámetros. Actualmente, existen diferentes tecnologías implementadas, pero aún no se encuentra la mejor fórmula al problema principal de las ciudades, la congestión vehicular (Anoroza Martínez).

2.2.13 ANÁLISIS DEL SISTEMA DE CONTROL DEL TRÁFICO VEHICULAR

En la actualidad el crecimiento de parque automotor y por ende el crecimiento del flujo vehicular en las arterias de la ciudad de Juliaca hace que la autoridad local este tratando de dar solución por ello se hace el diseño de un sistema de semaforización inteligente que funcione acorde al volumen de tránsito vehicular real. Tomando en cuenta los parámetros de entrada como:

- ❖ El flujo vehicular.
- ❖ Identificación de las intersecciones.
- ❖ Otros.

Los problemas que se busca solucionar con el sistema de semaforización inteligente son:

- ❖ Congestión vehicular.
- ❖ La pérdida de tiempo del transportado y del transportista atrapado en la congestión vehicular.
- ❖ Alteración de los tiempos de llegada hacia el punto de destino.
- ❖ El consumo innecesario de combustible.
- ❖ La contaminación auditiva en el tráfico vehicular.

- ❖ La presencia innecesaria del personal policial.
- ❖ Y otros.

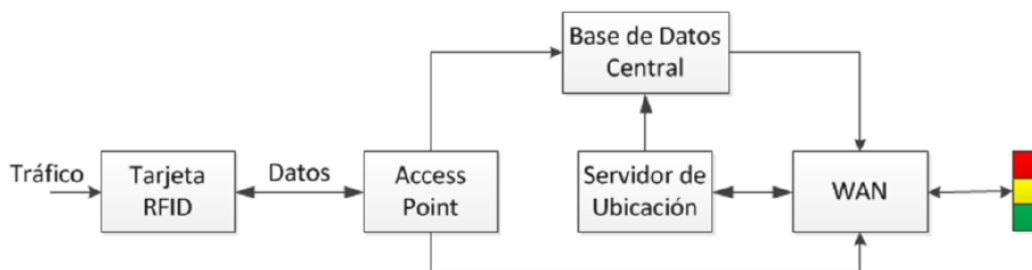
2.2.14 ANÁLISIS DE LAS DIFERENTES TECNOLOGÍAS DE SEMAFORIZACIÓN INTELIGENTE

Existen diferentes sistemas de semaforización inteligente, que se aplican al problema de la congestión del tránsito vehicular ya que la tecnología lo permite.

2.2.14.1 Semaforización inteligente con RFID

Como menciona (Martínez Anoroza, 2017), esta semaforización inteligente con RFID tiene la finalidad de tener el control del tráfico vehicular, variando los tiempos de espera en el punto donde ocurre congestión vehicular. Los elementos que conforman esta tecnología de semaforización inteligente son: tarjeta RFID, punto de acceso (Access Point), ubicación de servidor, WAN, base de datos central.

Figura 2.7: Semaforización inteligente con RFID



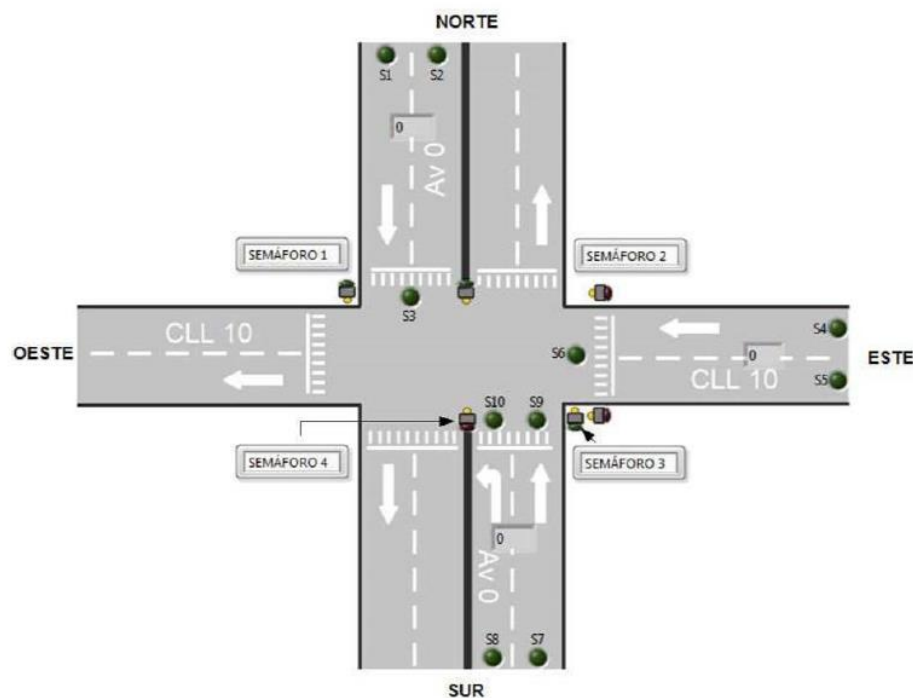
Fuente: (Martínez Anoroza, 2017)

2.2.14.2 Semaforización inteligente para sistemas embebidos

Para optimizar el flujo vehicular en una intersección vial se diseñó un algoritmo de control adaptativo y una base que apoya la depuración del rendimiento del controlador, ambos alojados en el sistema embebido Raspberry Pi. Para ello se emuló la intersección de calles de la ciudad de Cúcuta-Colombia, cuyos parámetros serían los sensores magneto resistiva, el encendido de luces y el flujo vehicular

llegando a reducir el tiempo de espera de 28 segundos. Aumentando el flujo vehicular hasta en un 5.5%, de esto se puede inferir que es posible integrar el control adaptativo y los sistemas embebidos como herramienta de software y hardware para mejorar el funcionamiento en los sistemas de regulación vial (Celis-Peñaranda, y otros, 2016).

Figura 2.8: SemafORIZACIÓN inteligente para sistemas embebidos



Fuente: (Celis-Peñaranda, y otros, 2016)

2.2.14.3 SemafORIZACIÓN inteligente con redes de sensores inalámbricos

Este sistema es capaz de manipular en forma dinámica los tiempos de espera. Maneja básicamente la misma idea que los semáforos que utiliza RFID. Cuenta con dos partes principales: la red de sensores inalámbricos (Wireless Sensor Network o WSN) y la estación base (base Station o BS). Se utilizan TDMA (Time Division Multiple Access), para la comunicación, aprovechando en forma eficiente la energía, ya que permite los nodos de la red, entrar en estados inactivos hasta que sus espacios de tiempos sean asignados (Martínez Anoroza, 2017).

Figura 2.9: Funcionamiento del semáforo inteligente usando redes de sensores inalámbricos

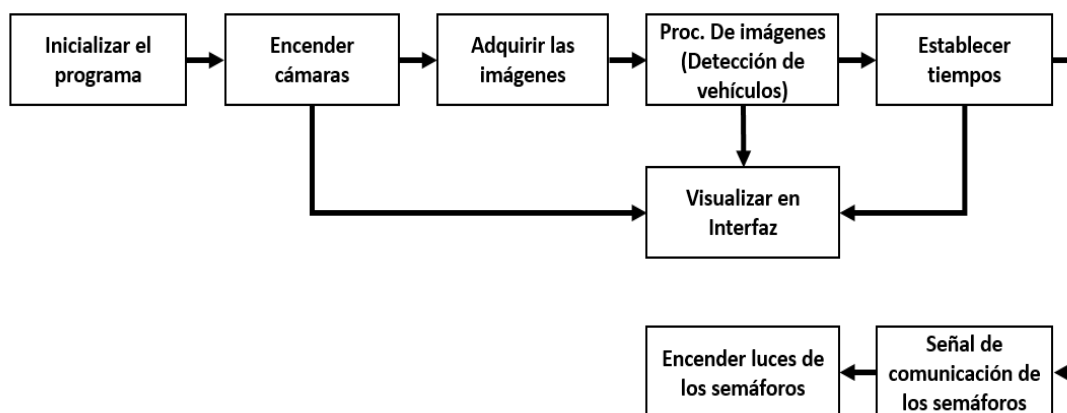


Fuente: (Martínez Anoroza, 2017)
Editado: Roger Ticona

2.2.14.4 Semaforización inteligente mediante el procesamiento de imágenes

Mediante el procesamiento de imágenes también es posible medir la densidad del tráfico y de acuerdo con los datos obtenidos modificar los tiempos de semaforización el proceso es el siguiente (Chávez, 2015).

Figura 2.10: Semaforización mediante procesamiento de imágenes



Fuente: (Chávez, 2015)
Editado: Roger Ticona



2.2.14.5 SemafORIZACIÓN inteligente mediante inteligencia artificial

En cuanto a este argumento, están los basados en refuerzo de aprendizaje, la lógica difusa y algoritmos genéticos.

2.2.14.5.1 Refuerzo de aprendizaje

La idea es la siguiente. Suponga que hay un número de coches parados en cierta dirección esperando el cambio de la señal del semáforo. Todos los coches comunican al semáforo su lugar específico en la cola, así como su dirección. El semáforo debe ser capaz de tomar decisión óptima para minimizar el tiempo promedio de espera de cada vehículo.

Los controladores de tráfico inteligente deben solucionar este problema mediante la estimación de cuánto tiempo le tomaría a un vehículo llegar a su destino (siendo que cruza varios semáforos) cuando la luz se puso en verde, y cuanto tiempo le tomaría si la luz se pone en rojo. La diferencia de tiempos de espera de cada estado es la ganancia para el vehículo. Los controladores deben ser capaces de maximizar la ganancia promedio.

La estimación de los tiempos de espera se realiza mediante el “refuerzo de aprendizaje” que realiza un seguimiento de los tiempos de espera de los automóviles y utiliza de forma inteligente para calcular los promedios a largo plazo en los tiempos de espera utilizando algoritmos de programación dinámica. Este algoritmo permite que el coche nunca este parado en tanto tiempo (Anoroza Martínez).

2.2.14.5.2 lógica difusa

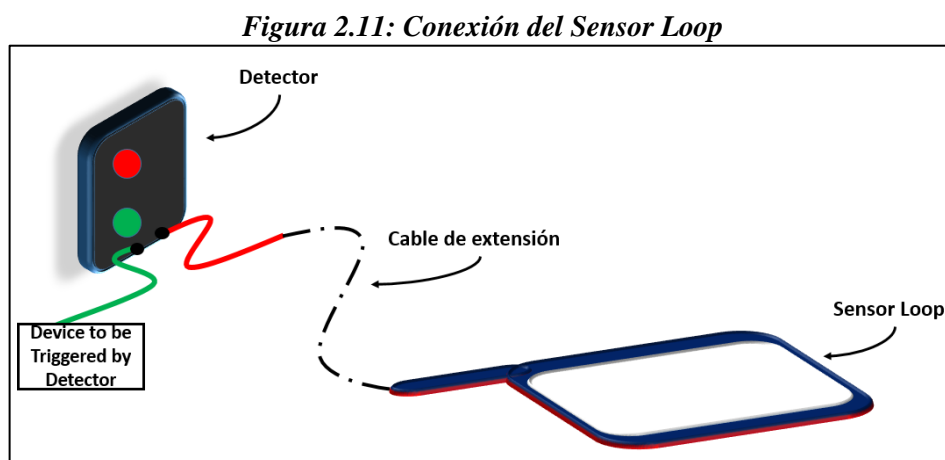
Para el sistema de semáforo inteligente, la técnica más común es el uso del controlador de lógica difusa. La tecnología de lógica difusa permite la

aplicación de las reglas de la vida real similar a la manera en la que los seres humanos podrían pensar. El controlador de lógica difusa diseñado para una intersección cualquiera. En el semáforo controla dos parámetros: la cantidad de tránsito en el lado de llegada (llegada) y la cantidad de tráfico en el lado de cola (espera). Si el norte y el lado sur es verde, entonces este sería el lado de llegada mientras que el oeste y el lado este se considera como el lado de espera y viceversa (Anoroza Martínez).

2.2.15 SENSOR LOOP

El detector de bucle de inducción o sensor Loop es un sistema electromagnético de detección de vehículos muy utilizados según (Gajda & Stencel, 2015), dicho sistema cuenta con tres componentes que lo conforman los cuales son: un bucle (Loop), un cable de extensión de bucle y un detector.

Al momento de instalar o reparar un sistema electromagnético de detección de vehículos se debe tener en cuenta la sensibilidad del sistema para que no haya lecturas erróneas. Se debe calibrar el sistema electromagnético según a lo requerido a continuación se observa la conexión del sensor Loop y el detector.



Elaboración propia

A continuación, se muestra la figura física del sensor Loop como también se

puede observar el detector.

Figura 2.12: Sensor Loop



Elaboración propia

2.2.15.1 Características del Sensor Loop

En la tabla que se muestra a continuación del sensor Loop modelo PD-132 (Ltda. Tech. Co., 2018), mostrada y brindada todas las características por el fabricante Interger (China) Tech Co, el cual se usará en este proyecto.

Tabla 2.2: Características del Sensor Loop

CARACTERÍSTICAS	
Tecnología	Campo magnético
Ajuste de frecuencia	Automática
Modo de detección	Presencia
Tiempo de presencia	1 min. a lo infinito (presencia permanente) en 250 pies
Duración del pulso de salida	100ms o 500ms
Sensibilidad	0,005% a 0,5% en 250 pies
Energía	110V AC
Tiempo de reacción	25ms para el campo simple, 50 ms para el campo doble
Grado de protección	IP40
Frecuencia	20 a 170 KHz
Consumo de energía	2,5 W
Niveles de sensibilidad	Ajustable
Salida tipo de relay	Normalmente abierto (NO)/Normalmente cerrado (NC)

Fuente: (Ltda. Tech. Co., 2018)

2.2.15.2 Aplicaciones históricas del Sensor Loop

2.2.15.2.1 Como detector de submarinos

Tiempo atrás este sensor de bucle de inducción se utilizaba como ANTI-SUBMARINO que servía para detectar submarinos desde la superficie del agua, se conectaba a los barcos que utilizaban cables sumergido conectados a un galvanómetro.

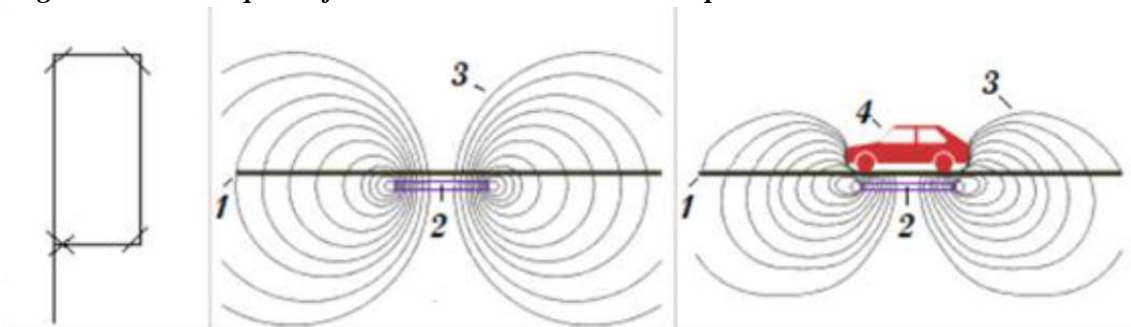
2.2.15.3 Aplicaciones actuales del Sensor Loop

El sensor Loop o detector de bucle de inducción se utiliza, para la detección de objetos metálicos, indicadores de presencia de autos, sistemas de seguridad en los aeropuertos, otros.

2.2.15.3.1 Como detector para vehículos

Para la detección de vehículos se utilizan lazo o lazos para el conteo de autos que llegan a un determinado punto como es el caso de un semáforo. Se instala un bucle conductor de electricidad correctamente aislada bajo el asfalto generando una tensión eléctrica cada vez que pase un cuerpo ferroso sobre ello en la figura 2.13 se puede observar la detección del sensor Loop.

Figura 2.13: Principio de funcionamiento del Sensor Loop dado como detector de vehículos

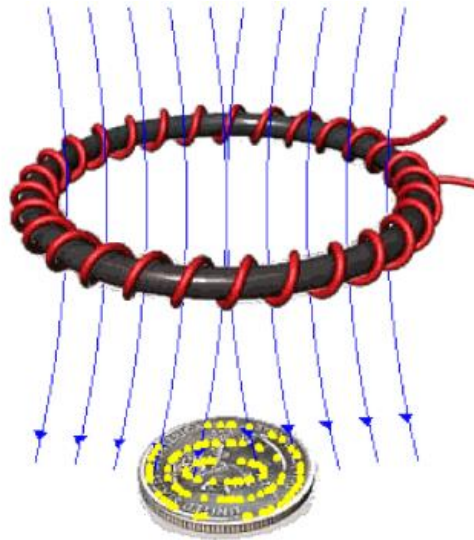


Fuente: (Detecta vehículos por medio de cable inductivo en el suelo, 2017)

2.2.15.3.2 Como detector de metales

Cuando una bobina de tamaño considerable es parte de un circuito resonante esta es desafinada por el acercamiento de la bobina a un objeto conductor. Este objeto puede ser un cuerpo ferroso metálico o conductor capacitivo. En la figura 2.14 se observa al sensor Loop como detector de metal.

Figura 2.14: Sensor Loop dado como detector de metal

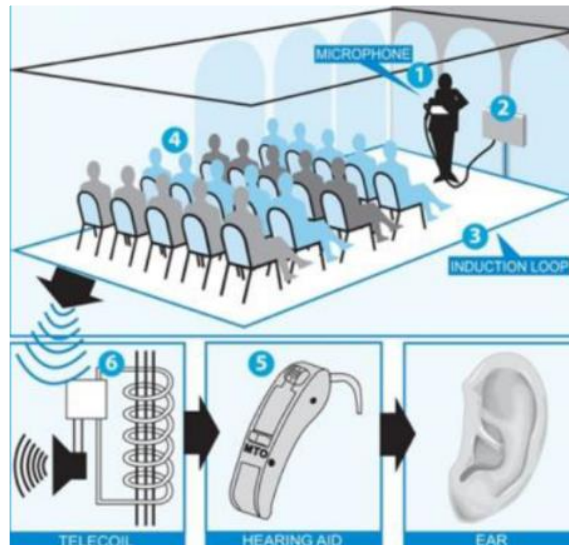


Fuente: (Davidson, 2017)

2.2.15.3.3 Como bobinas receptoras

Cuando se detecta el objeto cambia el acoplamiento inductivo en relación con la bobina osciladora. Una aplicación cada vez más común es la de proporcionar una bobina telefónica compatible con audífonos. En esta aplicación, se usa un bucle o serie de bucles para proporcionar un campo magnético oscilante de frecuencia de audio en un área donde un usuario de audífono puede estar presente. Muchos audífonos contienen una bobina telefónica que permite al usuario recibir y escuchar el campo magnético y eliminar la señal de audio normal proporcionada desde el sitio del micrófono del audífono (Pieters, 2017).

Figura 2.15: Sensor Loop dado como bobinas receptoras



Fuente: (Pieters, 2017)

2.2.16 SO MACHINE

SoMachine es una herramienta de programación gráfica diseñada para facilitar la configuración, el desarrollo y la puesta en marcha de programas para controladores lógicos.

Figura 2.16: SoMachine de Schneider Electric



Fuente: Schneider Electric (SoMachine)

Un PLC lee entradas, escribe salidas y resuelve la lógica de acuerdo con un programa de control. Para crear un programa de control, para un controlador lógico, debe escribir una serie de instrucciones en uno de los lenguajes de programación compatible. SoMachine Basic admite los siguientes lenguajes de programación IEC-



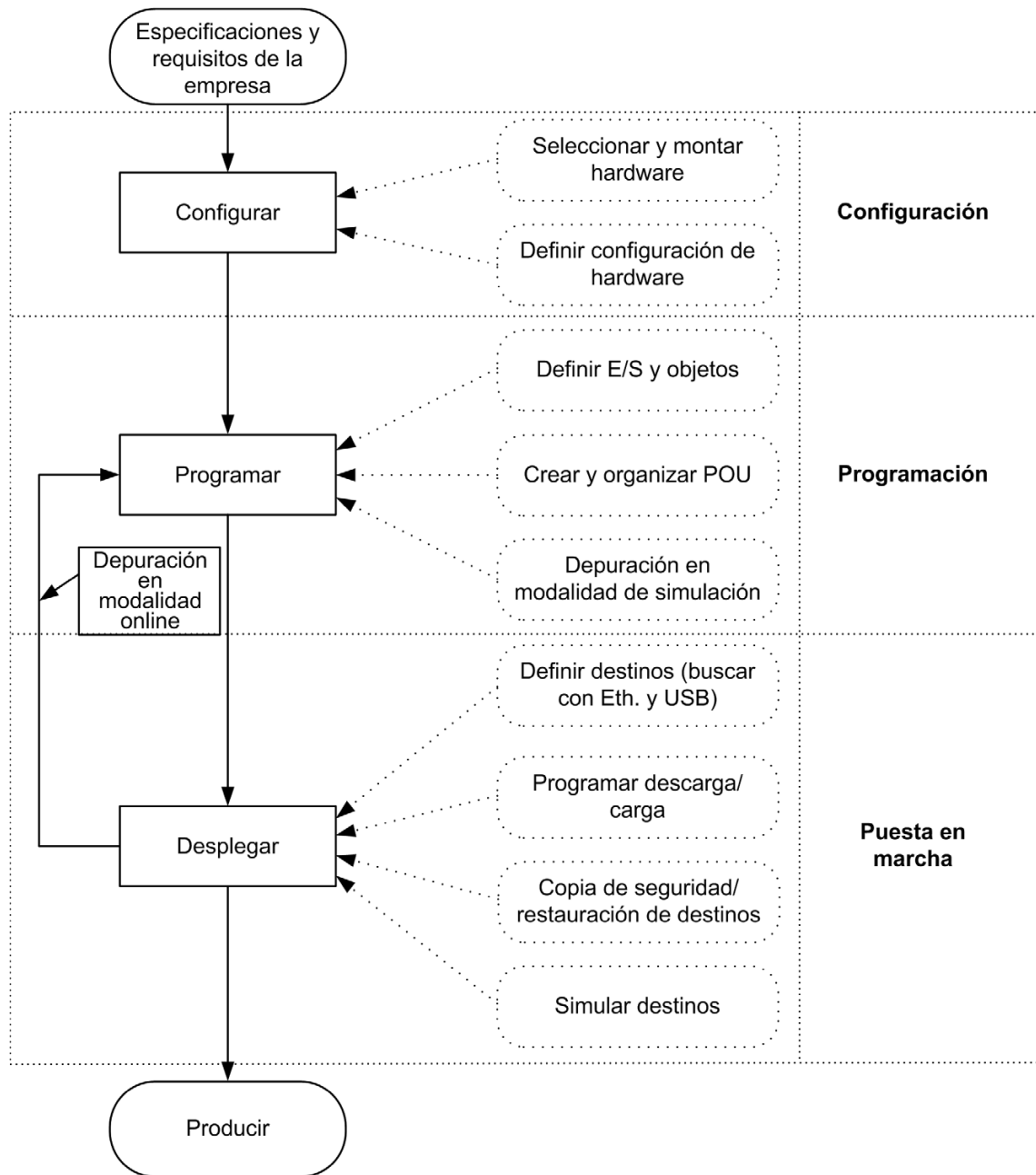
61131-3. Lenguaje de diagrama de contactos, lenguaje de lista de instrucciones, grafcet (Schneider Electric, 2015).

2.2.16.1 Terminología esencial

En SoMachine Basic se utilizan los siguientes términos:

Proyecto un proyecto de SoMachine Basic contiene información sobre el desarrollador y el objetivo del proyecto, configuración del controlador lógico y los módulos de ampliación asociados destinados al proyecto, el código fuente de un programa, los símbolos, los comentarios, la documentación y otros detalles relacionados. **Aplicación** contiene todas las partes del proyecto que se descargan en el controlador lógico, incluidos el programa compilado, los metadatos, la información acerca de la configuración y los símbolos. **Programa** código fuente compilado que se ejecuta en el controlador lógico. **Pou** objeto reutilizable que contiene una declaración de variables y un conjunto de instrucciones que se utilizan en un programa. En la siguiente figura se observa el diagrama de las fases de operación de un proyecto realizado en SoMachine Basic: configuración, Programación y Puesta en marcha (Schneider Electric, 2015).

Figura 2.17: Fases de desarrollo de un proyecto en SoMachine Basic



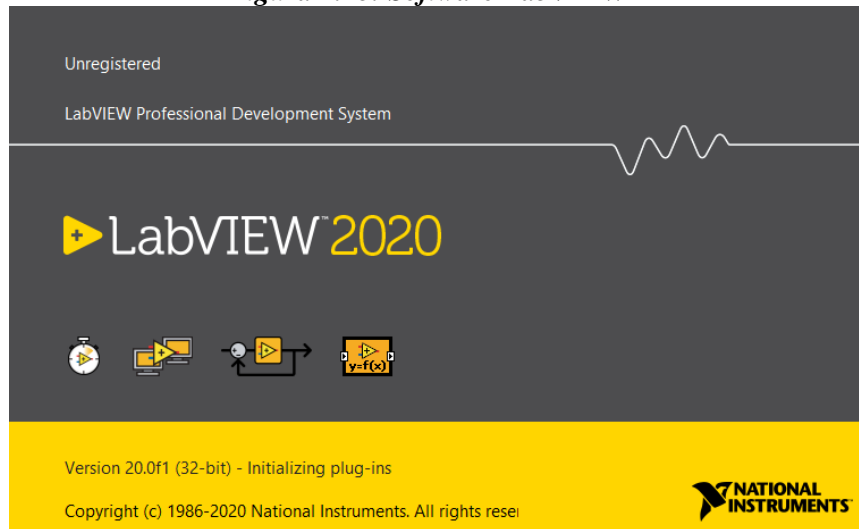
Fuente: (Schneider Electric, 2015)

2.2.17 LABVIEW

El LabVIEW es un lenguaje de programación de alto nivel, de tipo gráfico, y enfocado al uso en instrumentación. Pero como lenguaje de programación, debido a que cuenta con todas las estructuras, puede ser usado para elaborar cualquier algoritmo que se desee, en cualquier aplicación, como en análisis, telemática, juegos, manejo de

textos, etc. Cada programa realizado en LabVIEW será llamado instrumento virtual (VI), el cual como cualquier otro ocupa espacio en la memoria del computador (Trejo, 2016).

Figura 2.18: Software LabVIEW™



Fuente: National Instruments (LabVIEW 2020)

La memoria a utilizarse es para cuatro bloques diferentes estos son:

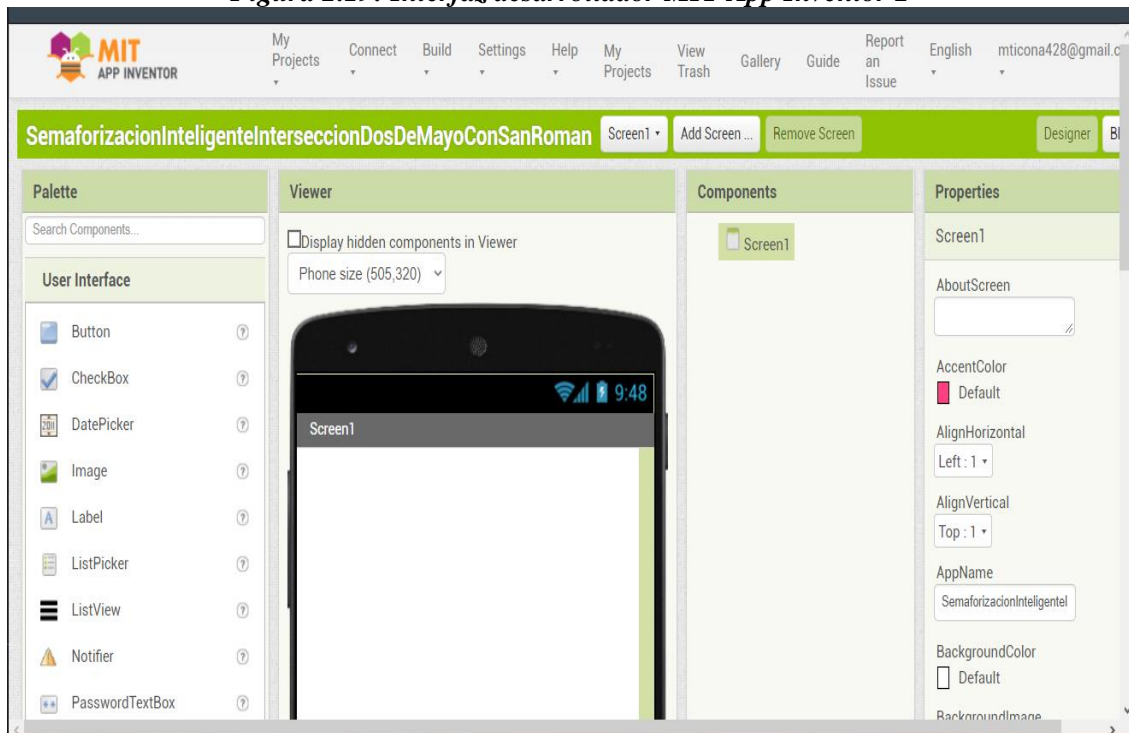
Panel frontal es donde se ven los datos se manipulan y controlan. **Diagrama de bloques** es en donde se aprecia la estructura del programa, su función y algoritmo, de una forma gráfica en lenguaje G, donde los datos fluyen a través de líneas. **Programa compilado** cuando se escribe en LabVIEW, el algoritmo escrito de forma gráfica no es ejecutable por el computador, por tanto, LabVIEW lo analiza, y elabora un código assembler, con base en el código fuente de tipo gráfico. Esta es una operación automática que ocurre al ejecutar el algoritmo, por tanto, no es importante entender como sucede esto. Lo que, si algo para apreciar es que, en este proceso, se encuentran los errores de confección que son mostradas en una lista de errores, donde con solo darle doble click al error, se aprecia en el diagrama de bloques, donde ocurre este, para su corrección. **Datos** como el algoritmo maneja datos, requiere de un espacio en la memoria para estos, lo que hace tomar en cuenta que el computador usado debe tener la memoria suficiente para manejarlos. Por ejemplo, cuando se usan grandes matrices

en cálculos se puede requerir de mucho espacio (Trejo , 2016).

2.2.18 MIT APP INVENTOR 2

App inventor es un entorno de desarrollo de software ideado por. Google Labs para desarrollar de forma sencilla aplicaciones para Android utilizando la programación grafica llamando así la atención de los desarrolladores para la creación y diseño de las pantallas en Smartphone y Android visuales y no visuales, programación usando bloques como si fuese un rompecabezas, usos de condicionales, uso de cámara de los Smartphone y otros. Ya que abordar un desarrollo en Android con el lenguaje de programación Java, XML, emulación virtual y ambiente de dispositivo móvil puede ser intimidante. En la figura 2.19 se observa el interfaz desarrollador de aplicación.

Figura 2.19: Interfaz desarrollador MIT App Inventor 2



Elaboración propia.

2.2.19 ELEMENTOS DE CONTROL

Existen varios elementos de control para diseñar y/o poner en funcionamiento

un sistema de control para semaforización.

2.2.19.1 PLC

A medida que la necesidad de la automatización aumenta significativamente, un sistema de control debe ser fácilmente programable, flexible, confiable, robusto y rentable. Tal es el caso de los controladores lógicos programables (PLC) consta de dos partes, es decir, el hardware y el software. Estos dispositivos están basados en un único procesador de estado sólido, capaces de controlar muchos tipos de equipos industriales y sistemas automatizados. Los controladores lógico programables suelen ser una parte principal de los sistemas automáticos en la industria y en los sistemas automatizados ya que son muy eficientes y confiables en aplicaciones que involucran el control secuencial y la sincronización de procesos y elementos auxiliares en los campos donde se aplica esta tecnología, además de tener ventajas tecnológicas del uso de PLC, también disminuye los precios en el nivel avanzado y el sistema de control complejo. El término lógica se utiliza porque se ocupa principalmente de implementar operaciones lógicas y de conmutación (Abdulian & Alphonsus, 2016), en la siguiente figura 2.18 se muestra el *PLC MODICON* de la serie *M221* de *Schneider Electric*.

Con el controlador lógico Modicon M221 se obtendrá rendimiento mientras aumenta la rentabilidad, es el controlador más compacto de la gama Modicon. El Modicon M221 ofrece el mejor rendimiento en su clase. Disponible también en formato modular, de fácil instalación y gran versatilidad. Con el terminal gráfico opcional para la monitorización y el mantenimiento de la máquina. Todo lo que necesita está integrado en este controlador lógico programable; puerto USB y tarjeta SD, 2 entradas analógicas y amplia selección de E/S, interruptor RUN/STOP y



cartuchos de extensión, puertos de comunicación Ethernet y serie (alto grado de flexibilidad que permite agregar módulos adicionales fácilmente), módulos de seguridad, amplia gama de módulos de E/S analógicas y digitales, una navegación sencilla facilita una ingeniería más eficiente, toda la programación visualización y puesta en servicio son manejadas a través de una sola herramienta de fácil uso, disponible en descarga gratuita, no se requiere formación previa (Electric Schneider, 2017).

El Modicon M221 es un controlador lógico de MachineStruxure. La NEXT generation de MachineStruxure™ de Schneider Electric es una solución intuitiva para la automatización con las funciones necesarias para fabricar y mejorar líneas de producción. Desde el diseño y desarrollo, hasta la puesta en marcha y mantenimiento, MachineStruxure es una solución completa para realizar diseños de automatización (Electric Schneider, 2017).

Si bien es cierto que existen diferentes marcas de PLC's como el SIEMENS marca Alemana muy eficiente en cuanto a la automatización de procesos industriales y reconocida a nivel mundial, ALLEN BRAYLEY esta marca Norteamericana también dominante del mercado de los controladores lógicos programables demostró su alto valor agregado a la automatización de procesos.

A decir verdad, que las marcas mencionadas tienen un hardware, software y operatividad completamente diferentes. En la práctica tanto los PLC de Schneider, Siemens como los de Allen Bradley son de igual de confiables, sin embargo, por experiencia lo recomendable es elegir del uno u otro según las prioridades y necesidades de la automatización. Por ejemplo, Allen Bradley es una marca tan comúnmente utilizada en Norteamérica que se considera como estándar. La cual es común el requerimiento de esta tecnología por la comunidad norteamericana. No es

tan solo por su uso común, sino también porque estos PLC usan protocolos de comunicación típicos de los EUA. Tales como el protocolo DeviceNet, ControlNet, EthernetIP, DH+ o incluso el DH485 por otro lado., los controladores lógicos programables de Schneider como también Siemens utilizan protocolos de comunicación Europeas como Modbus Plus, Fip, serial Modbus o Modbus TCP/IP. en términos de practicidad, los PLC de Allen Bradley requieren una fuente de alimentación eléctrica y un rack propios de la marca mientras que las fuentes de PLC Schneider pueden utilizar cualquier fuente de alimentación de 24 V. El software Ecostruxure Expert de Schneider tiene una interfaz muy intuitiva lo que permite crear y ejecutar programas con personas aun que no tengan experiencia programando un PLC también permite comunicar con simplicidad el software Ecostruxure con el hardware. En cuanto a los precios. Los Allen Bradley son más costosos seguidos de Siemens y Schneider son más económicos, aunque el precio no es un factor clave en cuanto a la elección de un PLC.

Figura 2.20: PLC Schneider Electric Modicon M221



Fuente: (Schneider Electric, Modicon M211, 2020)

2.2.19.1.1 Datos del producto y características

Tabla 2.2: Características principales del PLC TM221CE24R

Rango de producto	Modicon M221
Tipo de producto o componente	Controlador M221 24 IO relé Ethernet
Tensión de alimentación nominal	100 ... 240V CA
Numero de entrada discreta	14, entrada discreta de acuerdo con IEC 61131-2 Tipo 1 2 en 0 ... 10V
Numero de entrada analógica	
Tipo de salida discreta	Relé normalmente abierto
Números de salida discreta	10 relevos
Voltaje de salida discreto	5 ... 125V CC 5 ... 250V CA
Corriente de salida discreta	2A

Fuente: (Electric, 2020)

Tabla 2.3: Características complementarias del PLC TM221

Número de E/S discreto	24
Número máximo de módulos de expansión de E/S	7 para salida de transistor 7 para salida de relé
Límites de voltaje de suministro	85 ... 264V
Frecuencia de la red	50/60Hz
Corriente de irrupción	40A
Consumo máximo de energía en VA	58VA a 100 ... 240V con número máximo de módulos de expansión de E/S 35VA a 100 ... 240V sin módulo de expansión de E/S
Corriente de salida de la fuente de alimentación	0,52A 5V para bus de expansión 0,16A 24V para bus de expansión
Lógica de entrada discreto	Sumidero o fuente (positivo/negativo) 24V
Tipo de voltaje de entrada discreta	Corriente continua
Resolución de entrada analógica	10 bits
Valor LSB	10mV
Tiempo de conversión	1ms por canal + 1 tiempo de ciclo del controlador para entrada analógica entrada analógica
Sobrecarga permitida en entradas	+/- 30V CC durante 5 min (máximo) para entrada analógica +/- 13V DC (permanente) para entrada analógica

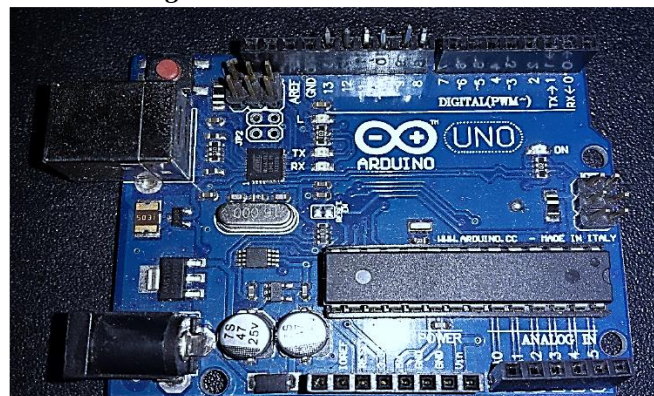
Fuente: (Electric, 2020)

2.2.19.2 Arduino

Las placas microcontroladoras Arduino son dispositivos electrónicos que, previa programación desde un PC con un software determinado, permiten

interactuar con sensores y actuadores de naturaleza tanto digital (por ejemplo, leds, interruptores) como analógica. Su origen se remonta al año 2005, cuando un equipo de estudiantes comandado por Massimo Banzi, Casey Reas y David Cuartielles, pertenecientes al Interaction Design Institute (IDII) de Iveria, en Italia, se enfrentaron al reto de crear un *gadget* programable que destacase por su sencillez. Tal y como sostiene uno de los creadores, Massimo Banzi Arduino ha sido desarrollado desde la filosofía de código abierto bajo licencia *Creative Commons* por la que tanto los códigos de programación de su software de control como los esquemas eléctricos y de fabricación de las placas, están a disposición del público (Ruiz Corres, 2016), en la figura 2.21 se muestra la placa Arduino Uno.

Figura 2.21: Placa Arduino Uno



Fuente: (Ruiz Corres, 2016)

2.2.19.2.1 Características de la placa Arduino Uno

Tabla 2.4: Características de la placa Arduino Uno

Microcontrolador	ATmega 328
Voltaje de operación	5V DC
Pines digitales	14
Pines PWM	6
Pines de entrada análogas	6
Corriente DC por cada pin I/O	20mA
Corriente DC en el pin de 3.5V	50mA
Memoria Flash	32KB
Memoria SRAM	2KB
Memoria EEPROM	1KB
Velocidad de reloj	16MHz

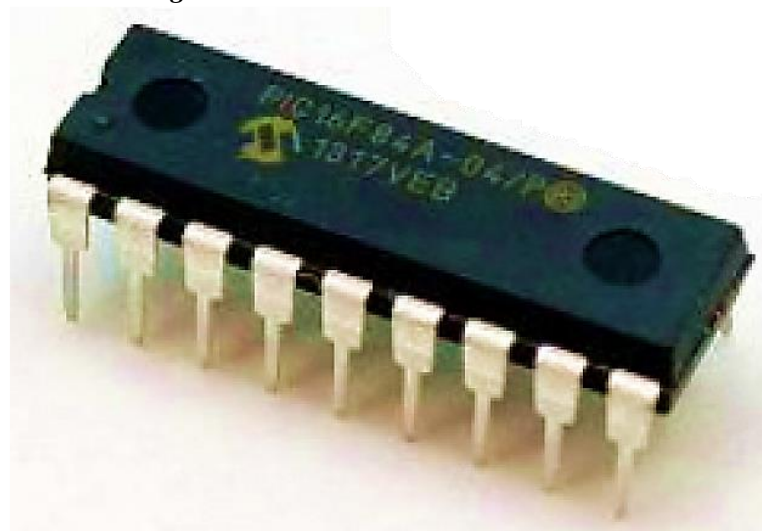
Fuente: (3CIENCIAS Innovación y Desarrollo, S.L., 2018)

2.2.19.3 Microcontrolador PIC

Un microcontrolador es un computador completo de limitaciones, que está contenido en un chip de un circuito integrado y se destina a gobernar una sola tarea. Para que el microcontrolador realice las operaciones que deseamos es necesario grabar en su memoria que programa un conjunto de instrucciones que constituye el programa de aplicación. En primer lugar, debemos conocer perfectamente las especificaciones de la tarea que debe ejecutar.

Hay que tener en cuenta que podemos llegar al mismo resultado con distintos programas, siendo optimo aquel que este mejor estructurado y no realice operaciones innecesarias, ahorrando de esta forma espacio en la memoria de programa y tiempo. Configurar correctamente los puertos del PIC es lo primero que un programador debe aprender, seguido del manejo del software de desarrollado MPLAB, y un buen simulador electrónico por ejemplo el PROTEUS (Apaza Condori, 2015), en la figura 2.22 se observa uno de los primeros microcontroladores en llegar a nuestro país obteniendo mucha acogida por los desarrolladores de estos dispositivos.

Figura 2.22: Microcontrolador PIC 16F84

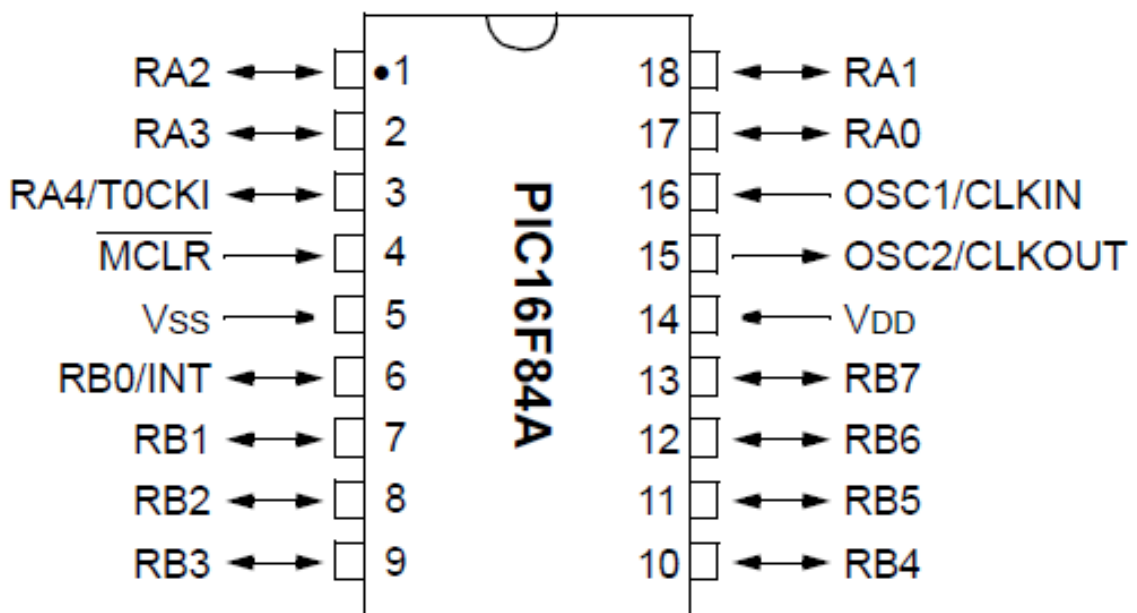


Fuente: (Apaza Condori, 2015)

Los datos técnicos del 16F84 es el siguiente:

- ❖ Memoria de programa: 1K×14 de tecnología Flash.
- ❖ Memoria de datos RAM: 68 bytes.
- ❖ Pila (stack): De 8 niveles.
- ❖ Interrupciones: 4 tipos de interrupción, internas y externas.
- ❖ Encapsulado: Plástico DIP de 18 patitas.
- ❖ Frecuencia de trabajo: 20MHz máxima.
- ❖ Temporizadores: Solo uno, el TMR0. También tiene “Perro guardián WDT”.
- ❖ Líneas de entradas y salidas Digitales: 13 (5 Puerto A y 8 Puerto B).
- ❖ Corriente máxima absorbida: 80mA Puerto A y 150mA Puerto B.
- ❖ Corriente máxima suministrada: 50mA Puerto A y 100mA Puerto B.
- ❖ Corriente máxima absorbida por línea: 25mA.
- ❖ Corriente máxima suministrada por línea: 20mA.
- ❖ Voltaje de alimentación (Vdd): de 2V a 6V DC.

Figura 2.23: Periféricos, funciones de los pines



Fuente: (Apaza Condori, 2015)



2.2.19.4 Raspberry Pi

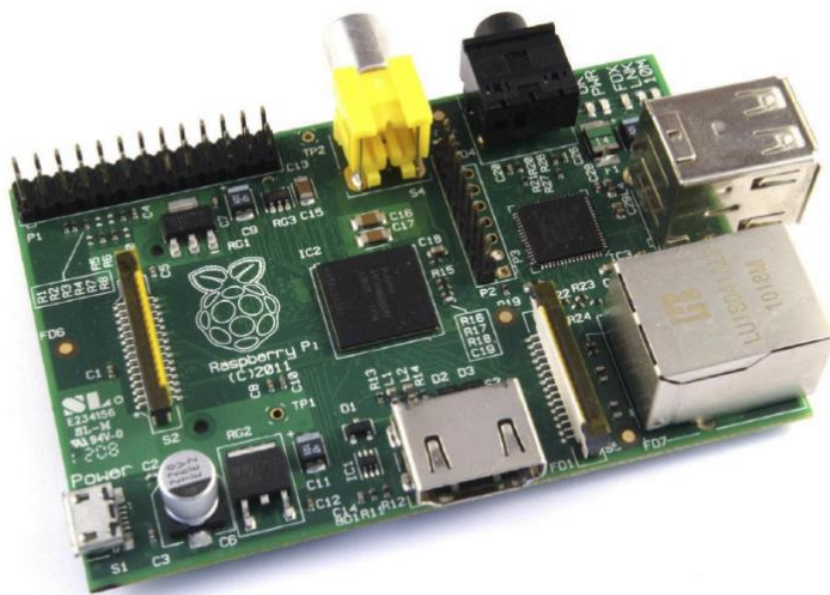
Eben Upton, Rob Mullins, Jack Lang y Alan Mycroft, en el Reino Unido, desarrollaron Raspberry Pi. Fue creado para promover la enseñanza de la informática en los estudiantes. La Raspberry Pi se basa en un dispositivo Broadcom System-on-chip: que tenía un procesador de 700MHz, una unidad de procesador de gráficos y 512 Mbytes de memoria ram de acceso aleatorio. Raspberry Pi está compuesto por SoC, CPU, memoria RAM, puertos de entrada y salida, con conexión a internet, porta SD para almacenar, clock, entrada para alimentación del mismo, conectores periféricos de nivel bajo, la Raspberry Pi es un ordenador que solo le hace falta interruptores de encendido y apagado (Cortés León, Martínez Gonzáles, Miranda Medina, & Peralta Pelaez, 2017).

El modelo A. Es la más económica de las Raspberrys, el Modelo A está diseñado para ser asequible pero aún flexible. Aparte de ser económico si se compara al Modelo B, el Modelo A consume menos energía y es una buena elección para proyectos que utilizan la energía solar, eólica o de batería. Aunque el SoC BCM2835 del Modelo A es tan poderoso como el del Modelo B, esta viene sólo con 266 MB de memoria. Esta es una consideración importante al momento de decidir qué modelo comprar, ya que puede ocasionar que las aplicaciones más complejas se ejecuten lentamente (en particular, aquellas aplicaciones que convierte la RasPi en un servidor. El Modelo A sólo tiene un puerto USB en su borde a mano derecha. Este es el mismo tipo de puerto que se puede encontrar en las computadoras de escritorio y laptops, y permite que la RasPi pueda ser conectada a casi cualquier periférico USB es utilizado para conectar un teclado y poder interactuar con la RasPi. Si además desea utilizar un ratón al mismo tiempo,

necesitará comprar un *hub* USB para agregar más puertos al Modelo A o como alternativas, comprar un teclado con la funcionalidad del ratón integrada.

El modelo B. La Raspberry Pi Modelo B es más costosa que la Modelo A, pero viene con algunas ventajas considerables. En su interior incluye el doble de memoria (512MB), mientras que el exterior hay puertos adicionales que no están disponibles en el modelo económico. Para muchos usuarios, el Modelo B es una inversión que vale la pena; sólo aquellos con requisitos particulares de peso, espacio o consumo energético deben considerar adquirir el Modelo A para su uso general. El Modelo B tiene dos puertos de USB en el borde derecho de la placa, permitiendo conectar un teclado y un ratón, o aún más, permitir disponer de dos puertos libres de repuesto para accesorios adicionales tales como los dispositivos de almacenamiento externo o interfaces de hardware. Además, incluye un puerto Ethernet para conectar la RasPi a una red cableada, lo que permite tener acceso a Internet y hace posible que otros dispositivos en la red puedan acceder la RasPi (Raspberry Pi, 2016).

Figura 2.24: Placa de Raspberry Pi



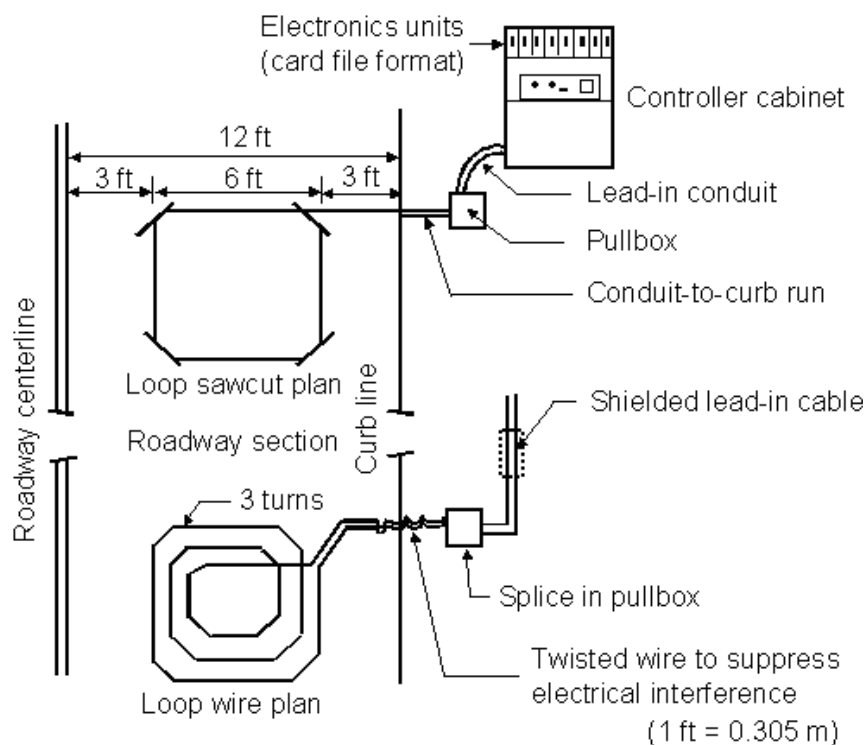
Fuente: (Eben Upton Co-creador de la Raspberry Pi)

2.2.20 DETECTOR DE VEHÍCULOS

Los circuitos realizados para detectar vehículos o como también llamados detectores de tráfico de bucle inductivo son términos usados para describir un sistema electromagnético de detección que parte de que, un imán en movimiento induce corriente en un cable cerca del mismo o que un cuerpo ferroso altera el campo magnético en una bobina cuando está cercana y por ende son encontrados. Entonces los vehículos que llegan a un punto de semaforización son detectados por un bucle inductivo.

La instalación del sensor Loop en el pavimento, se instalará un lazo eléctricamente aislado. El componente electrónico transmite energía en los bucles de alambre puesto en el pavimento en las frecuencias entre 10KHz a 20 KHz, dependiendo del prototipo. En la figura 2.25 se observa las formas de instalación del sensor Loop en el pavimento.

Figura 2.25: Formas de instalación del Sensor Loop en el pavimento



Fuente: (V. Mathew, 2019)



El (*IDL*) es un sistema de bucle de inducción se comporta como un circuito eléctrico graduado donde el cable del bucle y el cable de entrada son los elementos inductivos. Cuando un vehículo pasa o se detiene sobre o dentro del sistema de bucle de inducción, el vehículo induce corriente parasita en los bucles de hilo, (cables) lo que provoca la disminución de la inductancia, esta tecnología es de costo accesible casi la mayoría de sistemas de semaforización para control de tráfico dinámico de este mundo utilizan datos *IDL*.

La inductancia disminuida acciona al relé de salida del componente electrónico o la salida ópticamente aislada de estado sólido, que envía un impulso al controlador de la señal de tráfico que significa el paso o la presencia de un vehículo.

El contenido de metal del chasis del vehículo en movimiento o estacionado sobre el sistema cambia las propiedades eléctricas esto significa que solo las masas de metal por encima de un cierto tamaño son capaces de activar el relé. Esta es una ventaja favorable que se aprovecha para realizar el diseño de este proyecto. Disminuyendo así muchos disparadores falsos positivos (por ejemplo, que una persona atravesase el bucle de inducción con los bolsillos llenos de monedas de metales sueltos provocaría un falso positivo) esto significa también que las bicicletas, scooter y motocicletas que atraviesan o se detienen encima de este sistema de bucle de inducción no pueden ser detectadas por ellos (por lo tanto, serian ignorados por la señal/interruptor). A la mayoría de los bucles de inducción se les puede realizar ajustes manuales para detectar de forma permanente la presencia de scooters, motocicletas como mínimo.

2.2.21 ELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

Para la elección de las alternativas y criterios de selección de los diferentes elementos de control optar uno de los controladores que se adapte acorde a la hostilidad

del lugar (polvo, calor, ruido, vibraciones, lluvia, viento, temperaturas bajas, entre otras.) y que el elemento de control sea eficiente también para el estudio.

Tabla 2.5: Elección de alternativas

Arduino	Los microcontroladores Arduino son dispositivos desarrollados en una placa de hardware libre integrada con un microcontrolador y una interfaz para su programación con memoria integrada con puertos tanto de entradas y salidas (E/S) para realizar trabajos generales y especiales. Los microcontroladores pueden fallar cuando se implementan en ciertos escenarios, ya que los chips son frágiles y pueden dañarse con facilidad.
Raspberry Pi	La Raspberry Pi si bien se utiliza por una necesidad profesional el primer escalón a superar es el de la programación ya que para poner en funcionamiento este componente será necesario tener un amplio conocimiento de programación no solo uno sino varios lenguajes, aunque es cierto que Python es lo más familiar a la Raspberry. Teniendo también en cuenta de que la Raspberry Pi están un poco limitadas en cuanto a su capacidad, ya que hace poca tenía 1GB de RAM hasta que en el 2019 apareció el modelo 4 con una memoria mucho más amplia de 4 GB.
Microcontrolador PIC	Un microcontrolador de PIC de la serie 16F877A de 8 bits basado en flash CMOS de procesador y de espacio de programa de 8K con 33 líneas de entrada y salida, 8 canales de convertidor analógica a digital de 10 bits, velocidad de funcionamiento de 20 MHz con cristal externo, este microcontrolador requiere en la mayoría de veces un arreglo, o un circuito electrónico con diferentes componentes para realizar un trabajo asignado.
PLC	Al momento de elegir un controlador para automatizar un sistema de control debe ser fácilmente programable, flexible, confiable, robusto y rentable. Tal es el caso de los controladores lógicos programables o denominados microcontroladores de alto nivel.
Realizando una observación de los criterios como las ventajas y desventajas que poseen cada uno de estos controladores mencionados y cual se adapta más al medio donde se implementará el proyecto, se ha optado por el controlador PLC ya que este componente cumple con las necesidades básicas para su funcionamiento en dicho lugar y punto de implementación.	

Elaboración propia



2.3 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 2.6: Operacionalización de variables

Variables	Dimensiones	Indicadores
Variable independiente Sistema de semaforización	Algoritmos para mejorar el funcionamiento del sistema de semaforización	Herramientas de flujogramas del sistema
Variable dependiente Tráfico vehicular	Cantidad de vehículos por tiempo	Estudio de tiempo de movimiento

Elaboración propia



CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Por el estudio que se realizó el presente trabajo de investigación es de propósito descriptivo (Arias, 2006), cualitativo-experimental, el cual contribuye a ser experimentada.

Metodología observacional (García Sánchez, J. N. et al., 2010), se investiga sobre los sistemas de semaforización inteligente, se observó el funcionamiento del sistema de semaforización actual y el sistema de semaforización utilizando PLC, propuesto.

3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN

3.2.1 POBLACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Para el análisis y diseño del sistema de semaforización propuesto la población está conformada por las intersecciones muy transitadas (puntos críticos) de la ciudad de Juliaca. Este trabajo de investigación permitió tener información de las necesidades que requiere la ciudad en cuanto a la congestión de tráfico vehicular, y dar una disminución del problema realizando este trabajo de investigación.

Se identificó también algunos aspectos relevantes como el congestionamiento vehicular en las principales arterias de la ciudad y la carencia de un sistema inteligente que funcione acorde a la necesidad del tránsito vehicular.

La herramienta que se usó para recolectar la información fue mediante la observación directa realizada por mi persona.

Tabla 3.1: Principales intersecciones semaforizadas de la ciudad de Juliaca

N°	Intersecciones Semaforizadas
1	Jr. Huáscar con Jr. Junín
2	Jr. Salaverry con Jr. Jáuregui
3	Jr. Moquegua con Jr. Mariano Núñez
4	Jr. San Martín con Jr. Tupac Amaru
5	Jr. Jorge Chaves con Jr. San Román
6	Jr. Benigno Ballón con Jr. Moquegua
7	Jr. San Román con Jr. Dos de Mayo
8	Av. Independencia con Av. Circunvalación
9	Jr. Huáscar con Jr. San Román
10	Jr. Salaverry con Jr. Huáscar
11	Jr. Ayacucho con Jr. Jáuregui
12	Jr. Piérola con Jr. Mariano Núñez

Elaboración Propia

3.2.2 MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN

La muestra con la que se trabajó es la intersección de los Jirones San Román con Dos de Mayo ya que dicha intersección es muy transitada ubicada en la parte céntrica de la ciudad considerada un punto crítico de la ciudad de Juliaca.

3.3 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL ÁMBITO DE ESTUDIO DE LA INVESTIGACIÓN

El Jr. San Román intersección con el Jr. Dos de Mayo, se ubica en la parte céntrica de la ciudad de Juliaca, se tiene como referencia el centro comercial N° 02.

Tabla 3.2: Ubicación de trabajo de investigación

Ubicación de estudio geográfico		
Coordenadas	15°29'27" S 70°07'37" O	
Idioma oficial	Español y quechua	
Entidad	País	Perú
	Departamento	Puno
	Provincia	San Román
	Distrito	Juliaca
Superficie	Total	533.47 km ²
Altitud	Media	3824 m.s.n.m.
Población (2017)	Total	276 110 hab.
	Densidad	409,6 hab/km ²

Elaboración propia



3.4 EQUIPOS, MATERIALES Y SERVICIOS PARA LA REALIZACIÓN DEL PROYECTO

3.4.1 SOFTWARE

- ❖ Sistema Operativo *Windows® 8 Single Languaje*.
- ❖ Microsoft office 2013.
- ❖ LabVIEW.
- ❖ SoMachine.
- ❖ App inventor.

3.4.2 HARDWARE

- ❖ PC con procesador Intel(R) Core (TM) i5 placa compatible, RAM 4.00 GB.
- ❖ Sensor Loop.
- ❖ Unidades de almacenamiento USB, SD, Micro SD.
- ❖ Impresora.
- ❖ Cable USB, HDMI, otros.
- ❖ Cámara lumix.

3.4.3 MATERIALES DE ESCRITORIO

- ❖ Papel bond A-4 de 80 gr.
- ❖ Cuaderno de apuntes.
- ❖ Lapiceros.
- ❖ Resaltador.
- ❖ Folders manila.
- ❖ Material bibliográfico.

3.4.4 SERVICIOS

- ❖ Energía eléctrica.



- ❖ Acceso a internet.
- ❖ Recarga de toner.
- ❖ Alimentación.

3.5 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

3.5.1 PARA EL ANÁLISIS DEL SISTEMA DE SEMAFORIZACIÓN EXISTENTE

A. Técnica: Se aplicó la técnica de la observación para el flujo de tráfico vehicular.

B. Instrumento: Lectura manual de datos de Campo para la recolección de información.

Se analizó el prototipo de semaforización actual existente en el centro comercial N° 02 intersección de los jirones San Román con Dos de Mayo y arterias de la ciudad, de acuerdo a este modelo se diseñó un sistema de semaforización inteligente para una mejora de su funcionalidad, con los recursos utilizados.

3.5.2 PARA EL DISEÑO DEL SISTEMA DE SEMAFORIZACIÓN DEL TRÁFICO VEHICULAR UTILIZANDO PLC

A. Técnica: Se aplicó la técnica de la observación.

B. Instrumento: Se realizó algoritmos de flujogramas del sistema de semaforización propuesto y la elaboración de la programación del controlador PLC para su funcionamiento.



3.5.3 PARA EL ANÁLISIS MEDIANTE LA SIMULACIÓN EL TRÁFICO VEHICULAR

A. Técnica: Se aplicó la técnica de la observación para la simulación del sistema de semaforización.

B. Instrumento: Se utilizó el software Synchro para la simulación del tráfico vehicular.

3.6 TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

3.6.1 PROCESAMIENTO DE DATOS

Se recolectó la información donde se trabajaron las variables de interés en forma manual, para su procesamiento de forma computarizada, utilizando softwares de ingeniería.

3.6.2 ANÁLISIS DE DATOS

Se realizó la simulación para el análisis del sistema de semaforización temporizada actual y el sistema de semaforización utilizando PLC, luego se procedió realizar el diseño mediante algoritmos para enseguida programar en el software So machine (lenguaje ladder).

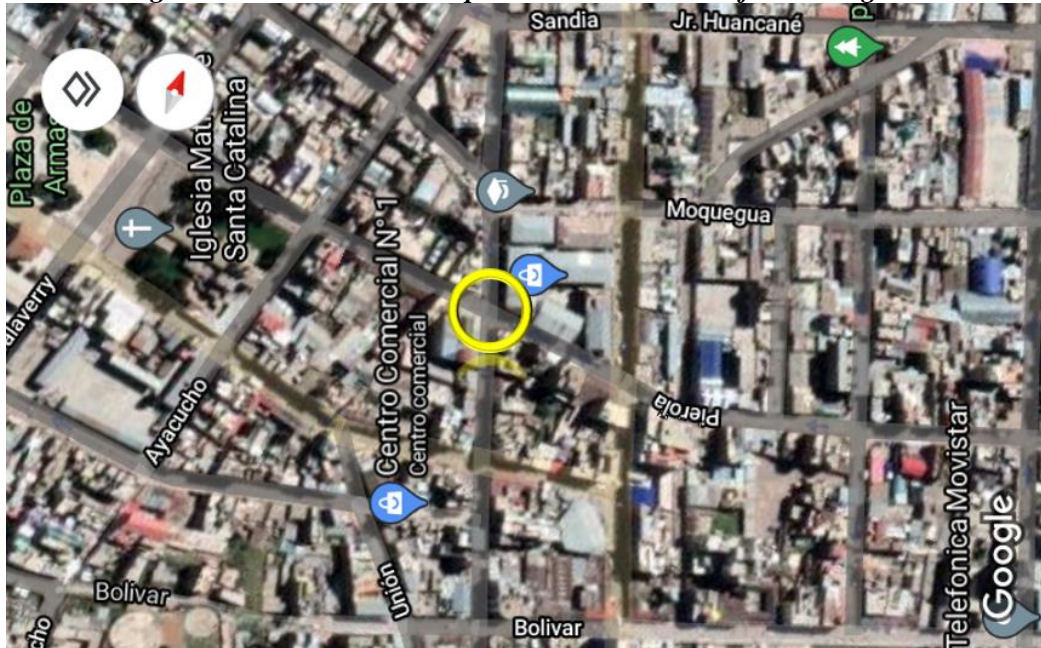
3.7 ANÁLISIS Y DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA DE SEMAFORIZACIÓN

3.7.1 PUNTO DE INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE SEMAFORIZACIÓN UTILIZANDO PLC

El sistema de semaforización para el control del tráfico vehicular estará diseñado para detectar la presencia desde un vehículo menor, (una moto) hasta los vehículos pesados que circulan por esta intersección. En la siguiente figura 3.1 se

muestra la intersección de los jirones San Román con Dos de Mayo donde se implementará el semáforo inteligente con el sensor Loop.

Figura 3.1: Ubicación de implementación del semáforo inteligente



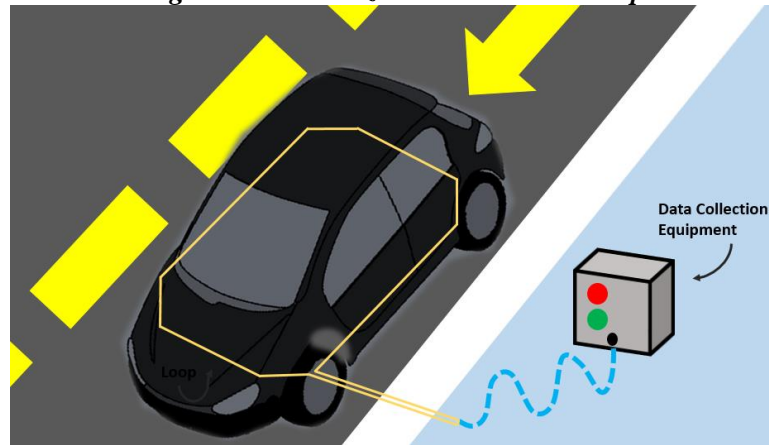
Fuente: (Google maps)

3.7.2 LOCALIZACIÓN DEL SENSOR LOOP EN LA CARRETERA

Primera forma de instalación del Sensor Loop en la vía.

Para hacer la instalación del sensor Loop en la carretera se requiere tener conocimiento de las formas de instalación del componente teniendo en cuenta que queremos que los vehículos menores, motos sean detectados en la figura 2.25 se indica dos formas de implementación de este componente haciendo una distribución necesaria del cable para generar un campo inductivo siendo capaz de detectar los diferentes vehículos que pasan o se detienen sobre este componente y así procesar la señal recibida en el controlador. En las siguientes figuras se muestran las primeras formas de instalación del sensor Loop como lo propone el elaborador.

Figura 3.2: Localización del Sensor Loop



Elaboración propia

Figura 3.3: Primera forma de instalación del Sensor Loop



Elaboración propia

La implementación del sensor Loop realizada en la carretera como en la figura anterior no es muy eficiente ya que, se necesita es una lectura de mayor resolución esta implementación de prueba realizada en la vía nos indica que el tamaño de los vehículos, motos, como también el tiempo de respuesta que emite, no son las que se buscan como resultado y en la siguiente tabla nos muestra los valores obtenidos que se detallan de los datos de lectura del sensor Loop con la primera forma de instalación de este componente.

Tabla 3.3: Primera prueba del Sensor Loop, datos obtenidos

Tipo de vehículo	Carro	Motocicletas	Bus
Número	12	12	12
Vehículos detectados	09	00	12

Elaboración propia

Segunda forma de instalación del Sensor Loop.

La segunda forma de instalar del sensor Loop en la carretera según la figura 2.25 es de la siguiente forma.

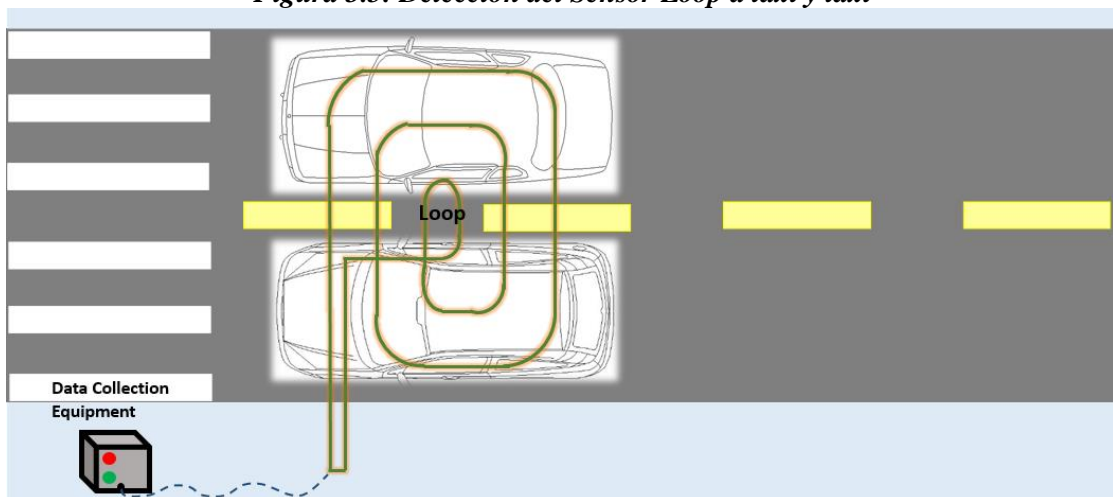
Figura 3.4: Segunda forma de instalación del Sensor Loop



Elaboración propia

En la figura se observa la distribución que se hizo del sensor Loop en la vía obteniendo datos precisos de los autos que pasaron sobre el sensor.

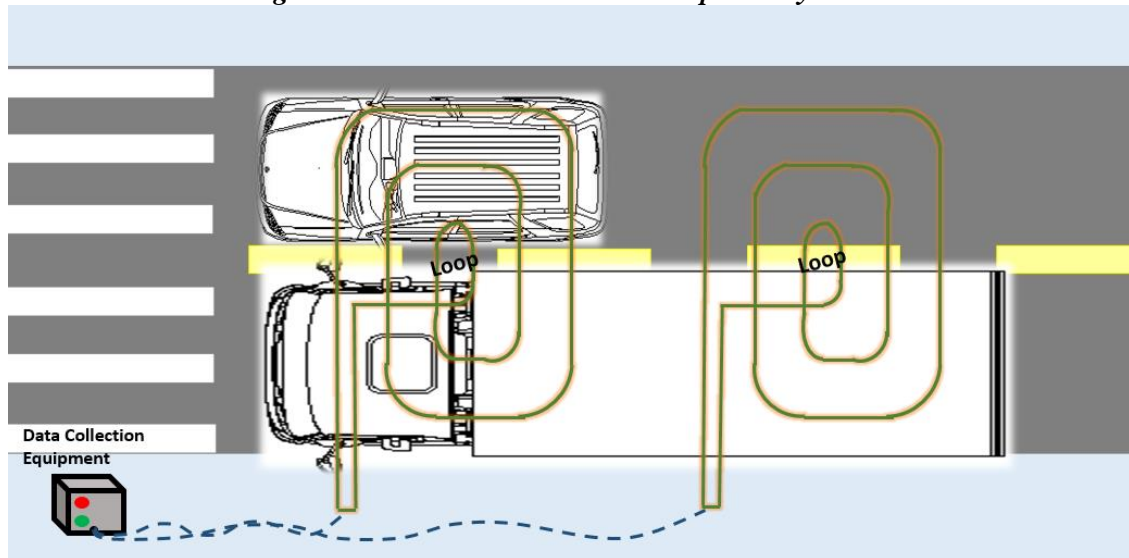
Figura 3.5: Detección del Sensor Loop a taxi y taxi



Elaboración propia

En la figura mostrada a continuación se puede observar un vehículo menor y un vehículo de tamaño considerable el cual es detectado sin inconvenientes algunas.

Figura 3.6: Detección del Sensor Loop a taxi y tráiler



Elaboración propia

Con la distribución realizada de la segunda forma indicada por el elaborador de este componente es más eficiente que la primera forma de instalación los resultados lo indican ya que la lectura es de mayor resolución, es capaz de detectar vehículos menores para entregar la señal al PLC.

Tabla 3.4: Segunda prueba del Sensor Loop, datos obtenidos

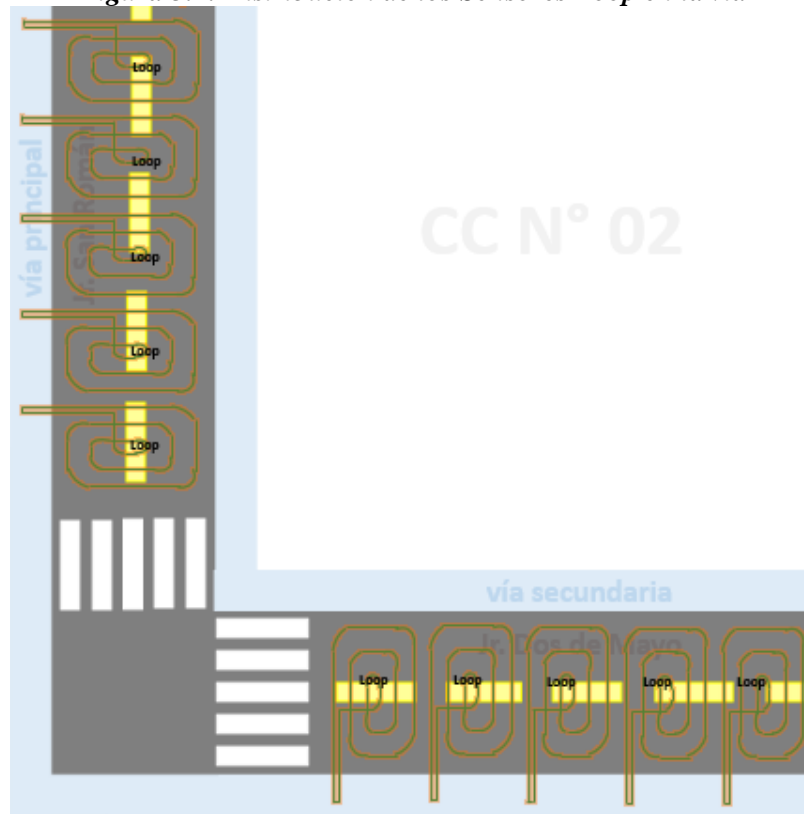
Tipo de vehículo	Carro	Motocicletas	Bus
Número	12	12	12
Vehículos detectados	12	12	12

Elaboración propia

Entonces se escoge la segunda forma de instalación para realizar el proyecto ya que es necesario detectar los vehículos menores como motocicletas para dar el paso. Se instalarán sensores Loop a lo largo de la vía, cinco sensores en la vía principal y cinco sensores en la vía secundaria para tener una mejor detección de vehículos ya que cada vehículo detectado por cada sensor dará un dato positivo el dato será entregado directamente al controlador para ser considerado para el pase a la intersección de los jirones además para evitar la activación de los 5 sensores con un solo auto el sistema

tendrá un delay de 5 s para que el vehículo se estacione y active el sensor para el funcionamiento del sistema. En la figura 3.7 se muestra la distribución de los sensores en el pavimento de la intersección.

Figura 3.7: Distribución de los Sensores Loop en la vía



Elaboración propia

Asignando las ubicaciones de los sensores Loop como se muestra en la figura anterior en la vía, es la que se adapta mejor a nuestro estudio en particular. La prueba que se realizó con este sensor para observar su comportamiento en el cual se obtuvo un resultado eficiente con la segunda prueba. Se hace mención también de que se utilizó 50 m de cable tomando en cuenta su sensibilidad requerida.

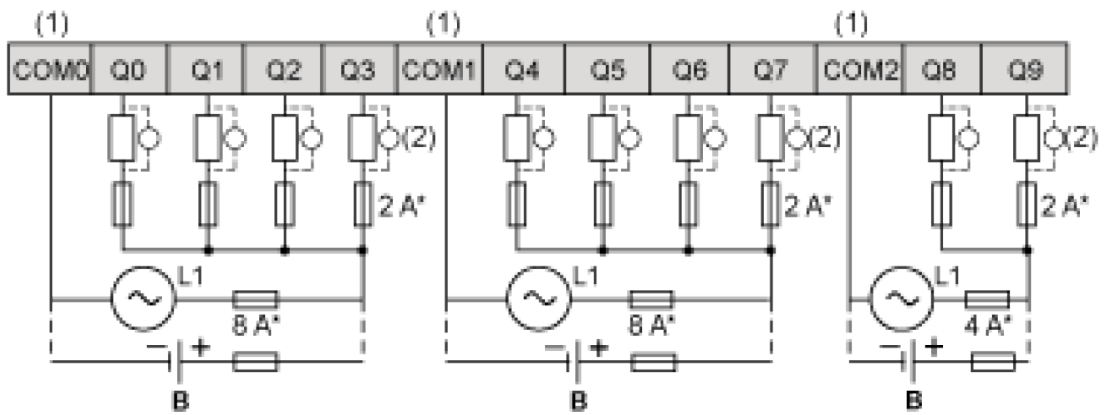
3.7.3 SISTEMA ELECTRÓNICO Y CONTROL

El sistema eléctrico de la semaforización será controlado por el PLC este componente se encargará de poner en funcionamiento al semáforo de acuerdo a los datos obtenidos mediante los sensores.

La parte de control y la parte de potencia, como el consumo de corriente de las

luminarias del semáforo se implementarán en este mismo controlador ya que este componente trae consigo los relés de potencia para realizar la implementación del semáforo.

Figura 3.8: Salidas del relé



Fuente: (Electric, 2020)

3.7.4 INTERFAZ EN EL SOFTWARE LABVIEW

Para el monitoreo del control del sistema de semaforización propuesta en la intersección de los jirones San Román con Dos de Mayo se realizó una interfaz en el software LabVIEW este software es similar a la programación en el lenguaje C con la diferencia de que en LabVIEW se programa mediante diagramas de bloques y en el lenguaje C se programa mediante letras. Entonces el monitoreo se realizará mediante esta interfaz y como alternativa se hará también mediante la aplicación Android. En la figura 3.9 se puede visualizar el interfaz con la que se hará el monitoreo y los ajustes del sistema de la semaforización.

Figura 3.9: Interfaz realizado con el software LabVIEW



Elaboración propia

La interfaz realizada tiene varias funciones tanto como de monitoreo y de ajustes esta interfaz es muy sencillo en cuanto a su manejo ya que no es necesario tener mucho conocimiento para hacer el control del sistema de semaforización. En la figura 3.10 se observa el interfaz y sus ajustes que posee.

Figura 3.10: Ajustes de la interfaz



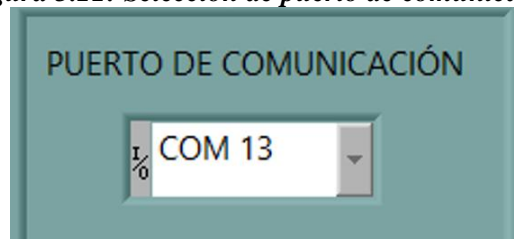
Elaboración propia

3.7.4.1 funciones de la interfaz

1. Hora y fecha del sistema de semaforización.
2. Selección de puertos de comunicación.
3. Opciones de modo de funcionamiento del sistema de semaforización.
4. Ajustes de tiempos de funcionamiento de la semaforización.
5. Detención total del sistema de semaforización.
6. Tiempo de espera.
7. Etapas de funcionamiento de las luminarias del semáforo.

Al momento de iniciar el sistema de semaforización es importante seleccionar el puerto de comunicación a la que conectará el cual debe ser el indicado este se conectará al tablero de control mediante bluetooth lo que permite enviar comando de ajustes y recibir información actual del semáforo.

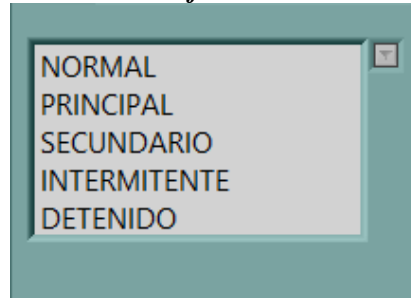
Figura 3.11: Selección de puerto de comunicación



Elaboración Propia.

Una vez que el sistema entre en funcionamiento como también la conexión de la interfaz con el tablero mediante bluetooth es correcta entonces ya es posible hacer ajustes al sistema mediante la interfaz como hacer ajustes al modo de funcionamiento del sistema presionando el botón desplegable del modo de funcionamiento se escogerá el modo que se desea activar.

Figura 3.12: Modos de funcionamiento del sistema



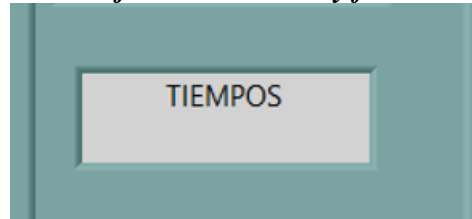
Elaboración propia

Se puede seleccionar las diferentes opciones que tiene la interfaz para el funcionamiento del sistema como se puede observar en la figura 3.12.

- ❖ **Normal.** En este modo el semáforo operará con los sensores instalados en las vías principal y secundaria dando prioridad a la vía que tenga más vehículos.
- ❖ **Principal.** En este modo el semáforo operará con la vía principal en verde y la vía secundaria en rojo.
- ❖ **Secundario.** En este modo el sistema operará con la vía principal en rojo y la vía secundaria en verde.
- ❖ **Intermitente.** En este modo el semáforo operará con la vía principal y la vía secundaria en luz intermitente.
- ❖ **Detenido.** En este modo el semáforo operará con la vía principal y vía secundaria en luz roja.

También los tiempos son modificables de acuerdo al flujo de tránsito vehicular en el proyecto de investigación se dio 25 s. a cada vía cada sensor habilita 5 s. si este tiempo se quiere modificar entonces se realiza el cambio mediante la interfaz realizada en LabVIEW.

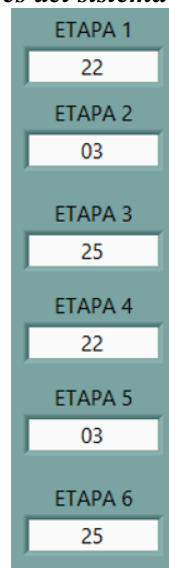
Figura 3.13: Ajuste de los ciclos y fases del sistema



Elaboración propia

Es posible visualizar la semaforización de ambas vías mediante esta interfaz como se muestra en la figura 3.14.

Figura 3.14: Fases del sistema de semaforización



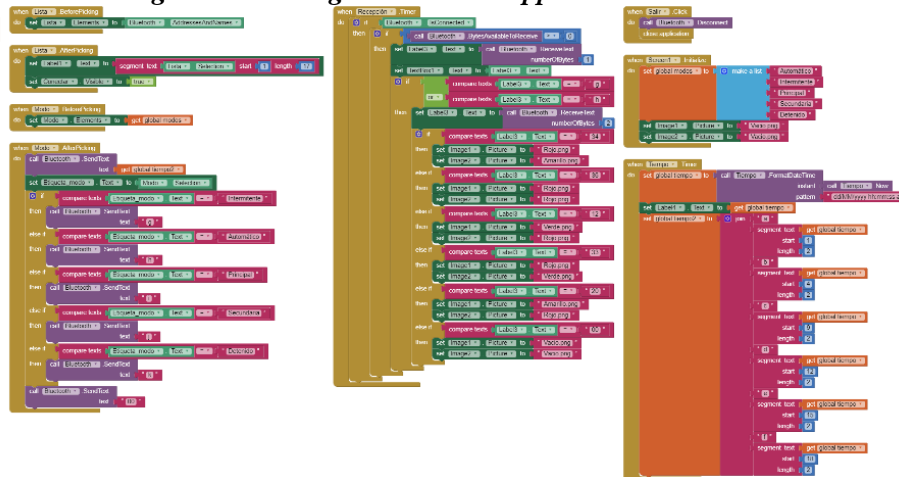
Elaboración propia

3.7.5 INTERFAZ DE USUARIO EN LA APP INVENTOR 2

El control del sistema de semaforización propuesta también será monitoreado mediante la aplicación APP INVENTOR 2 del MIT el cual es posible instalar en un dispositivo móvil, esta aplicación es limitada en cuanto a la visualización del estado del semáforo y al modo de funcionamiento, cuando los cambios de los tiempos de funcionamiento no están habilitados.

Esta aplicación se trabaja en online por medio de bloque de conexiones muy parecidas a los rompecabezas posibilitando así una forma más sencilla para la depuración del código.

Figura 3.15: Programación en App inventor 2 del MIT



Elaboración propia

La programación de esta aplicación es muy similar a la programación del software LabVIEW en cuanto al envío y recepción de datos, también posee igual codificación para conservar la compatibilidad con el sistema. En la figura 3.16 se observa la interfaz para iniciar el proceso de funcionamiento del sistema de semaforización ya que al encender la aplicación carga la imagen del semáforo y los botones para su respectivo funcionamiento.

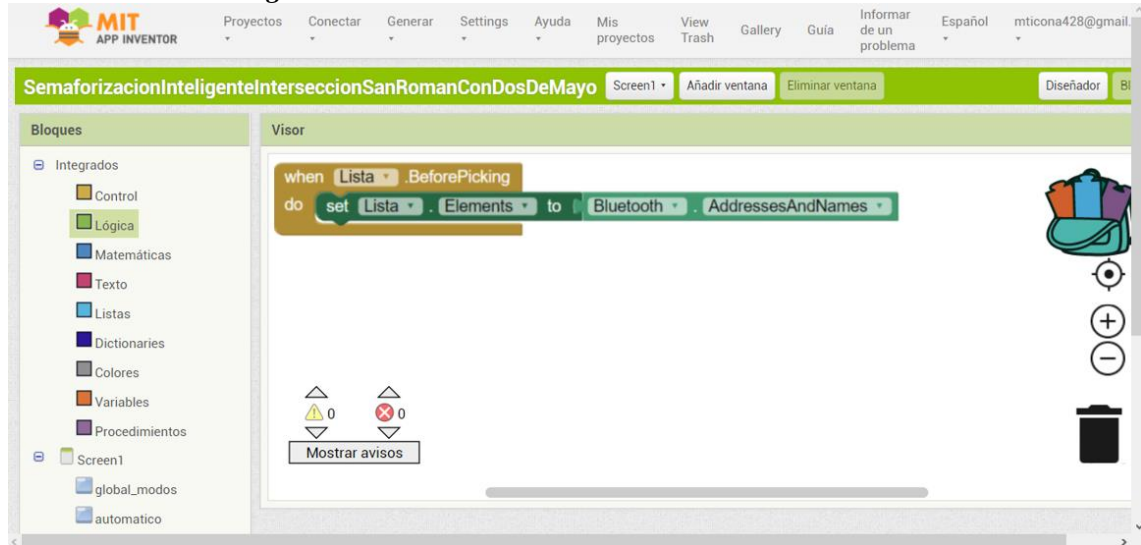
Figura 3.16: Inicialización del proceso



Elaboración propia

Enseguida seleccionamos el dispositivo con la que se quiere conectar este permite al sistema ver los dispositivos con bluetooth disponibles.

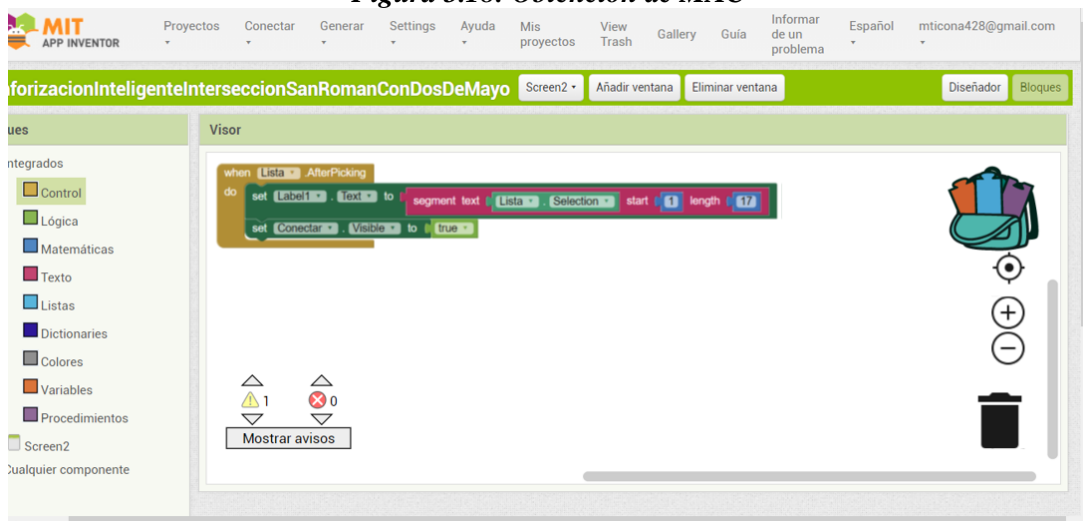
Figura 3.17: Conexión inalámbrica mediante bluetooth



Elaboración propia

Al hacer la conexión mediante bluetooth con el dispositivo, se hará la extracción de la dirección MAC el cual contiene 15 caracteres. En la figura 3.18 se muestra la programación de la conexión del dispositivo móvil al sistema.

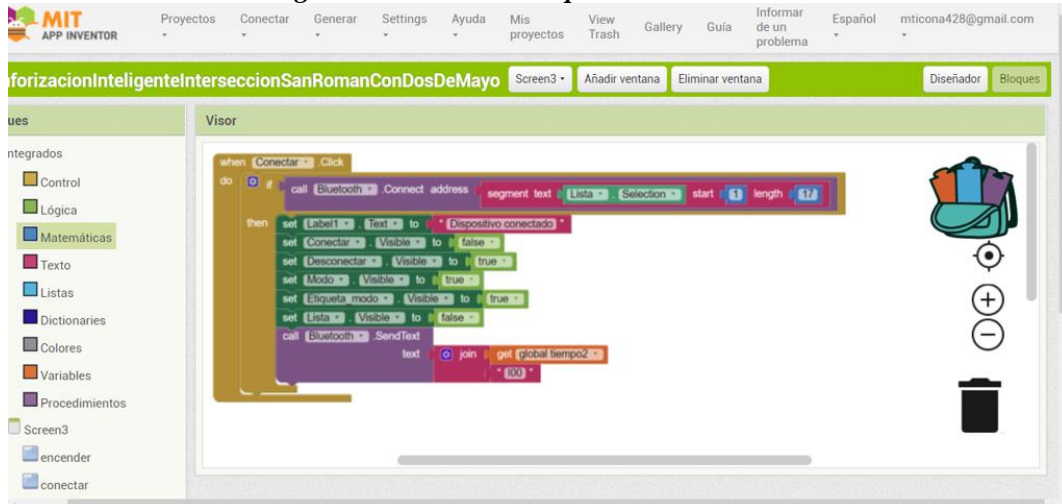
Figura 3.18: Obtención de MAC



Elaboración propia

Se hace la conexión con la dirección MAC obtenida pulsando el botón de conectar si la conexión es exitosa el botón desconectar aparece en su lugar como también aparece la lista para poner el modo en funcionamiento.

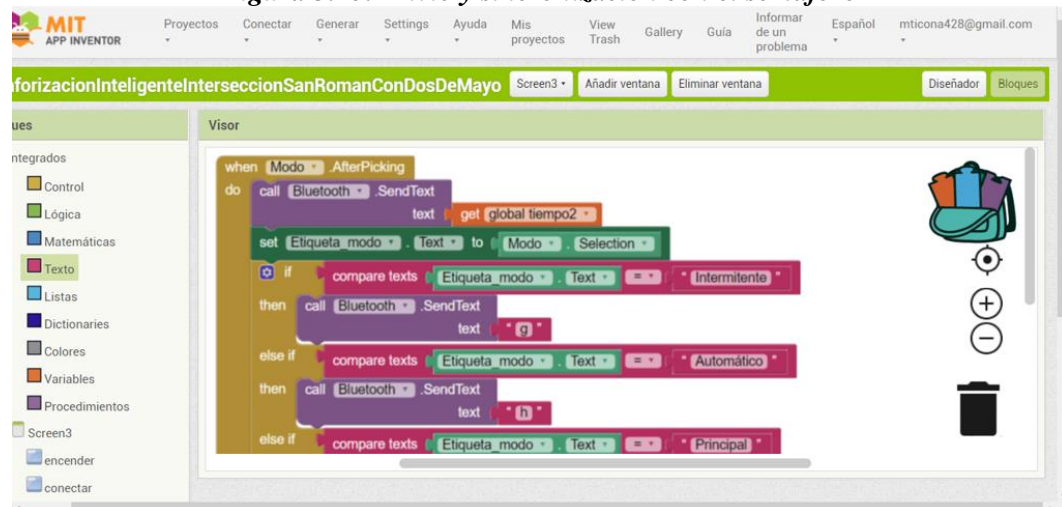
Figura 3.19: Modos de operación del sistema



Elaboración propia

Una vez que el sistema inicie, podemos presionar el botón de funcionamiento en el menú desplegable. El bloque que se muestra en la figura 3.20 es la que envía el tiempo de sincronización al semáforo.

Figura 3.20: Envío y sincronización con el semáforo

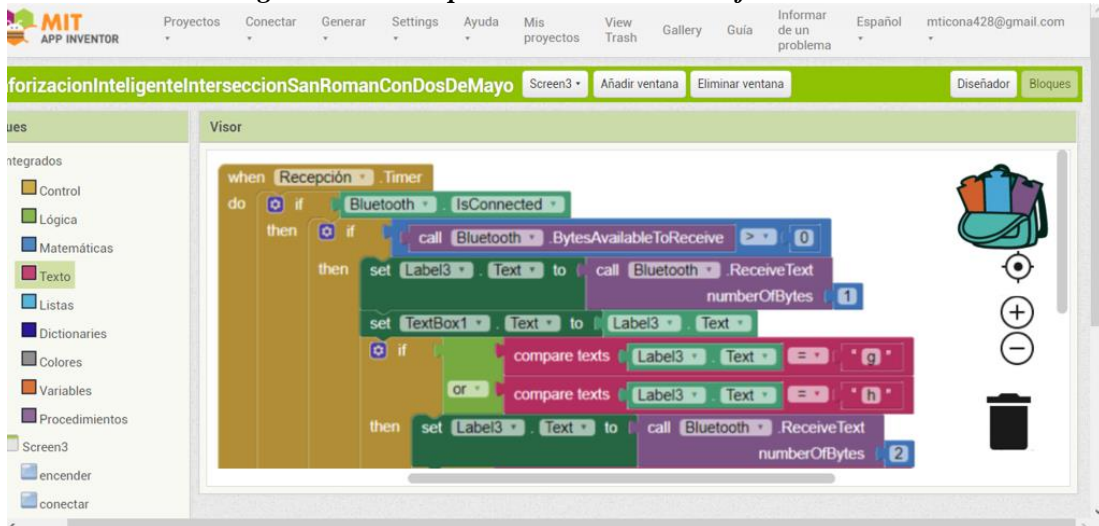


Elaboración propia

Una vez enviado los datos desde la interfaz de Android, celular móvil al semáforo en la figura 3.21 se muestra la recepción de datos del semáforo a la interfaz Android.

El sistema recibe los mismos datos que recibe el software labVIEW, la decodificación lleva el mismo sistema posicional y la existencia de datos en el puerto de recepción.

Figura 3.21: Recepción de datos a la interfaz Android

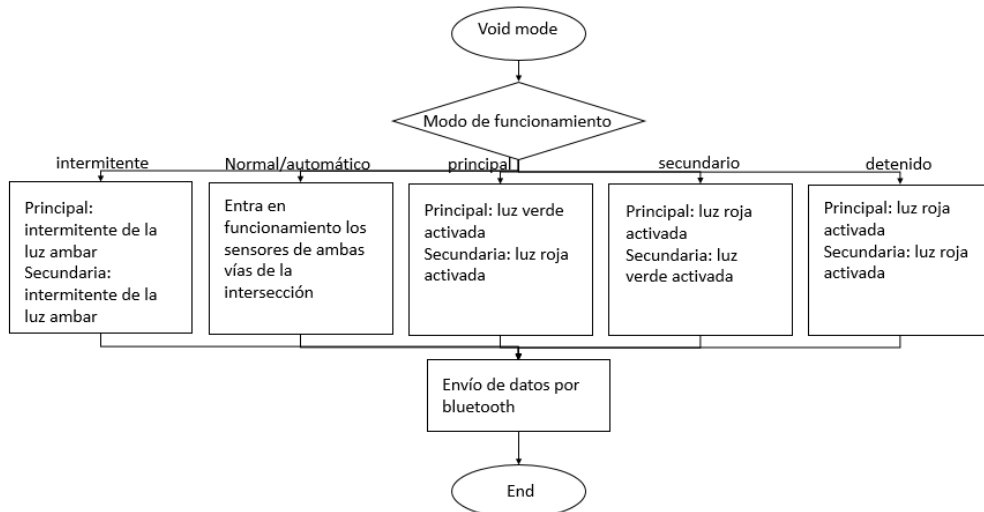


Elaboración propia

Al encender el sistema de semaforización, el controlador PLC entra en funcionamiento adquiriendo datos de los sensores y permitiendo el paso a la vía que tenga más vehículos estacionados en la vía.

En la siguiente figura se observa los ajustes del modo de funcionamiento del sistema de semaforización propuesta.

Figura 3.22: Ajuste a modos de funcionamiento del sistema

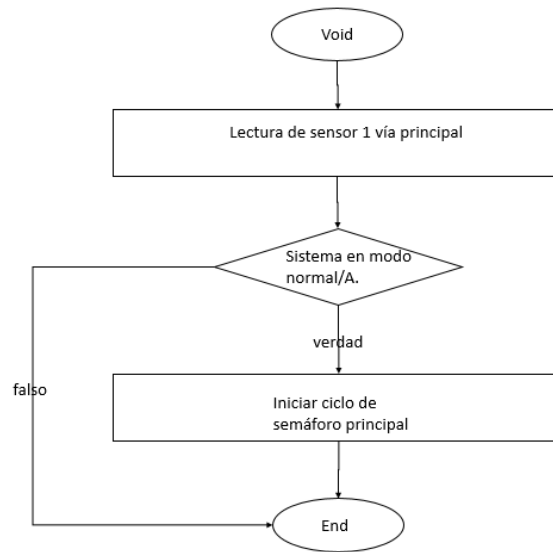


Fuente: (Unda, 2018)

Editado por: Roger Ticona

En la siguiente figura se muestra el detalle del ciclo de lectura de sensor Loop en una vía.

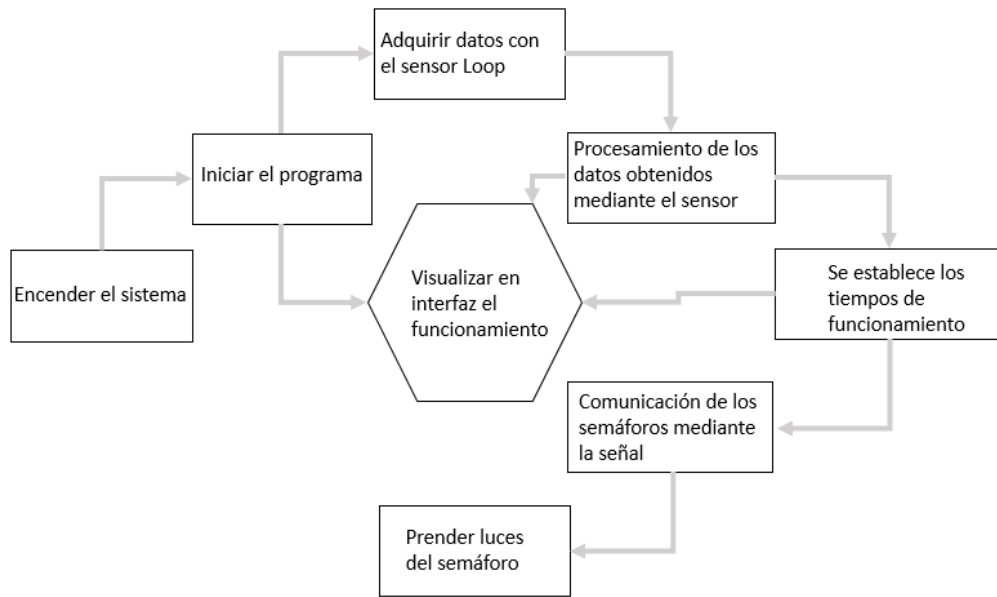
Figura 3.23: Ciclo de lectura del Sensor



Elaboración propia

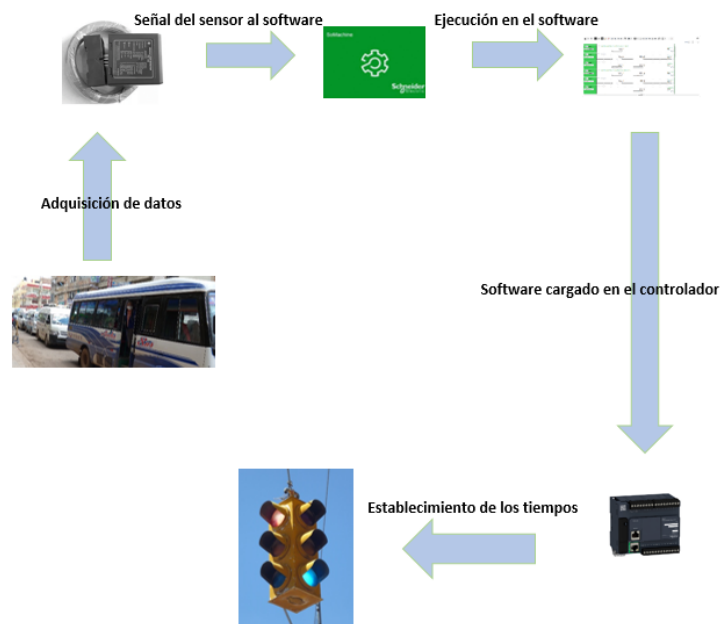
Los sensores instalados en el pavimento tanto de la vía principal y de la vía secundaria entregarán una señal digital al controlador, este cambiará en luz verde al semáforo a la vez una comparación de en cuál de las vías mencionadas existe más datos y priorizará a la calle con más datos para dar paso o luz verde. En la vía principal se instalarán 5 sensores de igual manera en la vía secundaria, los sensores tendrán un delay de 5'' para evitar que un solo auto active todos los sensores de una vía. Cuando ya no haya autos que detectar el semáforo después de un tiempo de 25 s. quedará en un ciclo de 25 s. luz verde, 3 s. de luz roja y 22 s. de luz roja, alternando sucesivamente. Para el paso peatonal y cuando haya presencia del primer vehículo se dará paso a este.

Figura 3.24: Semáforo basado en el Sensor Loop



Elaboración propia

Figura 3.25: Diagrama estructural general



Elaboración propia

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 SISTEMA DE SEMAFORIZACIÓN DE LA INTERSECCIÓN DE LOS JIRONES SAN ROMÁN CON DOS DE MAYO

El área de estudio de la intersección Jr. San Román con Dos de Mayo ubicada en la parte céntrica de la ciudad de Juliaca.

Mediante la observación a la semaforización de la intersección de los jirones se pudo apreciar que el semáforo es temporizado, de tiempo fijo con un ciclo de semaforización en la vía principal de 113 segundos; 58 segundos fase rojo, 03 segundos fase ámbar y 52 segundos fase verde. En la vía secundaria de 113 segundos; 68 segundos de fase rojo, 03 segundos de fase ámbar, 42 segundos de fase verde

De acuerdo a la observación del tráfico vehicular realizada en la intersección se pudo apreciar también los tiempos con mayor afluencia de tráfico vehicular, denominado también como horas pico las cuales son:

- Tiempo 01: desde las 7:00 a las 8:00 horas.
- Tiempo 02: desde las 12:00 a las 13:00 horas.
- Tiempo 03: desde las 19:00 a las 20:00 horas.

Los datos recolectados corresponden al mes de enero del 2020.

Tabla 4.1: Flujo de tráfico vehicular hora punta en la intersección de los jirones San Román con Dos de Mayo

En horas de la mañana	Primera fecha (veh.) 7:15-8:15 06/01/2020 (lunes)			Segunda fecha (veh.) 7:30-8:30 09/01/2020 (jueves)			Tercera fecha (veh.) 7:00-8:00 11/01/2020 (sábado)		
		combis	VíaP 206	VíaS 180	combis	VíaP 196	VíaS 113	combis	VíaP 201
<i>(Continuación...)</i>									
	coaster	VíaP	VíaS	coaster	VíaP	VíaS	coaster	VíaP	VíaS



		105	101		92	83		112	100
	taxis	VíaP 96	VíaS 80	taxis	VíaP 97	VíaS 79	taxis	VíaP 69	VíaS 60
	motos	VíaP 125	VíaS 130	motos	VíaP 112	VíaS 120	motos	VíaP 126	VíaS 122
	Motos lineales	VíaP 37	VíaS 48	Motos lineales	VíaP 41	VíaS 37	Motos lineales	VíaP 32	VíaS 20
	Vehículos pesados	VíaP 22	VíaS 12	Vehículos pesados	VíaP 18	VíaS 17	Vehículos pesados	VíaP 24	VíaS 35
Total, de Vehículos		VíaP 591	VíaS 551	Total, de Vehículos	VíaP 556	VíaS 449	Total, de Vehículos	VíaP 564	VíaS 536
En horas de la tarde	Primera fecha (veh.) 12:10-13:10 06/01/2020			Segunda fecha (veh.) 12:05-13:05 09/01/2020			Tercera fecha (veh.) 12:15-13:15 15/02/2020		
	combis	VíaP 191	VíaS 170	combis	VíaP 186	VíaS 195	combis	VíaP 201	VíaS 214
	coaster	VíaP 89	VíaS 60	coaster	VíaP 77	VíaS 65	coaster	VíaP 98	VíaS 107
	taxis	VíaP 76	VíaS 80	taxis	VíaP 63	VíaS 55	taxis	VíaP 88	VíaS 76
	motos	VíaP 98	VíaS 102	motos	VíaP 87	VíaS 76	motos	VíaP 102	VíaS 87
	Motos lineales	VíaP 25	VíaS 18	motos lineales	VíaP 26	VíaS 22	motos lineales	VíaP 32	VíaS 31
	Vehículos pesados	VíaP 16	VíaS 12	Vehículos pesados	VíaP 11	VíaS 09	vehículos pesados	VíaP 12	VíaS 08
Total, de Vehículos		VíaP 495	VíaS 442	Total, de Vehículos	VíaP 450	VíaS 422	Total, de Vehículos	VíaP 533	VíaS 523
En horas de la noche	Primera fecha (veh.) 19:00-20:00 06/01/2020			Segunda fecha (veh.) 19:05-20:05 09/01/2020			Tercera fecha (veh.) 19:05-20:05 15/02/2020		
	Combis	VíaP 224	VíaS 150	combis	VíaP 188	VíaS 164	combis	VíaP 132	VíaS 156
	coaster	VíaP 102	VíaS 113	coaster	VíaP 87	VíaS 122	coaster	VíaP 109	VíaS 112
	taxis	VíaP 107	VíaS 121	taxis	VíaP 91	VíaS 78	taxis	VíaP 128	VíaS 127
	motos	VíaP 134	VíaS 111	motos	VíaP 138	VíaS 132	motos	VíaP 145	VíaS 156

(Continuación...)

	Motos lineales	VíaP 38	VíaS 45	Motos lineales	VíaP 41	VíaS 32	motos lineales	VíaP 36	VíaS 33
	Vehículos pesados	VíaP 22	VíaS 15	Vehículos pesados	VíaP 14	VíaS 11	vehículos pesados	VíaP 19	VíaS 13
Total, de Vehículos		VíaP 627	VíaS 555	Total, de Vehículos	VíaP 559	VíaS 540	Total, de Vehículos	VíaP 569	VíaS 597

Elaboración propia

Como se puede observar en la tabla 4.1, el flujo de tráfico vehicular en horas punta recolectada en diferentes fechas según la observación, se visualiza que, en horas de la mañana, así como también en horas de la tarde son menos transitadas a comparación de las horas de la noche; las horas más transitadas corresponde al día sábado, seguida del día lunes y de menor afluencia el día jueves. En las horas punta en horario de la mañana se observa mayor demanda de vía el día lunes seguida del día sábado y finalmente el día jueves. Para las horas punta en horario de la tarde se observa mayor demanda de vía el día sábado seguida del día lunes y finalmente el día jueves, sin embargo, en horas de la noche se aprecia la mayor demanda de vía del día lunes, seguida del día sábado y finalmente del día jueves. El parque automotor tiene mayor transitabilidad en horas de la noche. Esto nos indica la presencia del tráfico vehicular y sus problemas relacionados como; la congestión vehicular, tiempos excesivos de viaje, esperas innecesarias, mayor gasto de combustible, mayor contaminación en el medio ambiente es en esas horas (Martínez Anoroza, 2017).

Se observó una gran cantidad de vehículos en la intersección de los jirones San Román con Dos de Mayo ya que gran parte del parque automotor se concentra en la parte céntrica de la ciudad como es la intersección.



Se observa también que mientras que una intersección vacía tiene luz verde la arteria (principal o secundaria) principal se detiene a esperar el cambio, agrupando los vehículos hasta congestionar el canal (Martínez Anoroza, 2017).

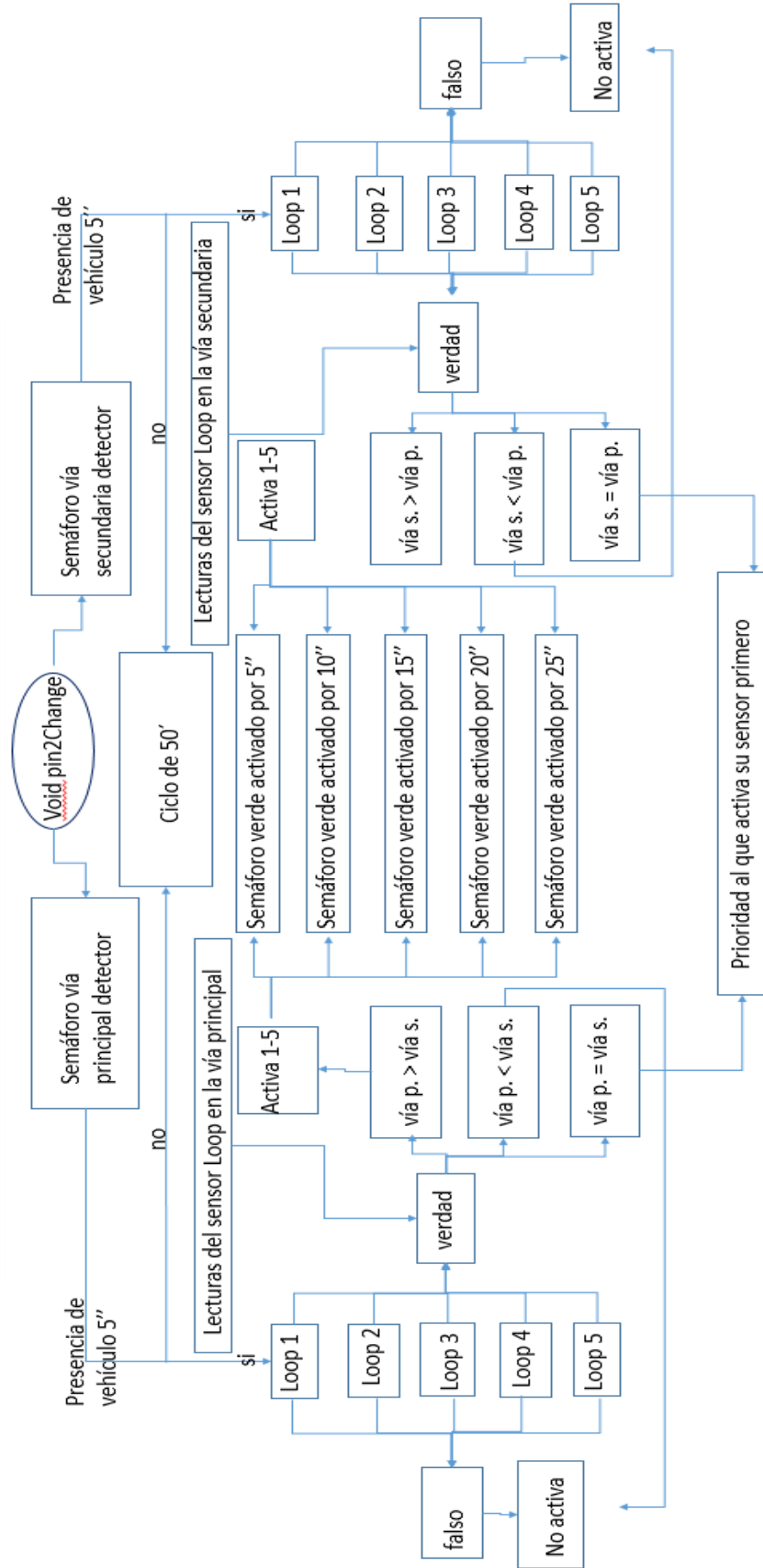
4.2 DISEÑO DE UN SISTEMA DE SEMAFORIZACIÓN PARA EL CONTROL DE TRÁFICO VEHICULAR.

Para realizar un diseño de un sistema de semaforización para el control de tráfico vehicular teniendo en cuenta el análisis realizado en la intersección de los jirones San Román (vía principal) y Dos de Mayo (vía secundaria). Se propone un diseño de un sistema inteligente que funcione acorde a la necesidad de la problemática que aqueja a este sector de tráfico vehicular.

Un proyecto que mejore el problema de la congestión vehicular. Que sea recomendado, eficiente, robusto, de durabilidad, que sea de fácil mantenimiento, y que la tecnología a usarse sea inmune y fuerte al medio ambiente hostil en la que se pretende ejecutar dicho proyecto (Schneider Electric, Modicon M211, 2020).

El diseño se realizó mediante algoritmos de flujogramas para corroborar el funcionamiento del sistema de semaforización se programó en el software So machine en el lenguaje Ladder. Al encender el sistema de semaforización, el controlador PLC entra en funcionamiento adquiriendo datos de los sensores y permitiendo el paso a la vía que tenga más vehículos estacionados en la vía.

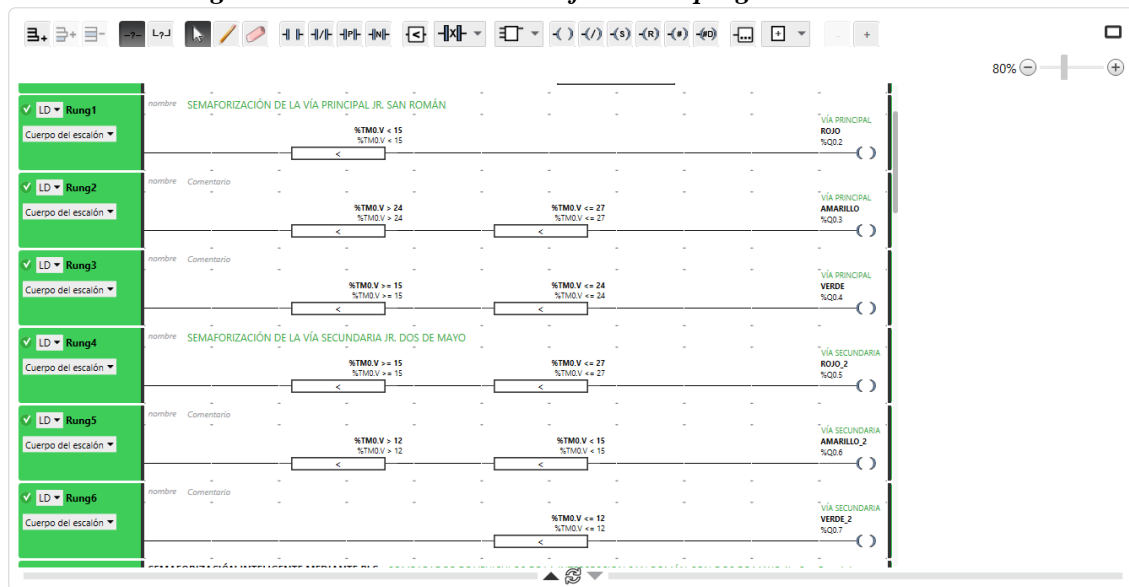
Figura 4.1: Figura de diseño de sistema semaforización mediante algoritmos de flujoograma



Elaboración propia

La programación es del funcionamiento del sistema de semaforización, se hicieron pruebas en este mismo software. En la figura que se mostrará a continuación se observa la simulación que se implementará luego de observar el correcto funcionamiento del mismo con los parámetros y las condiciones requeridas.

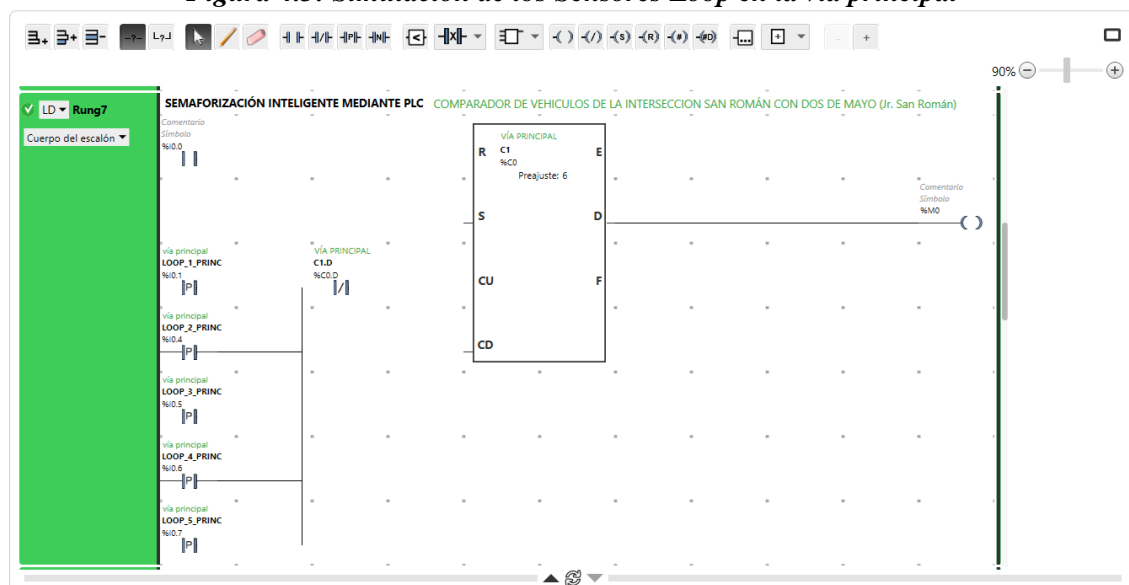
Figura 4.2: Simulación de semáforo en el programa SoMachine



Elaboración propia

En la siguiente figura se observa los sensores Loop en la vía principal encargados de detectar la presencia de los vehículos.

Figura 4.3: Simulación de los Sensores Loop en la vía principal

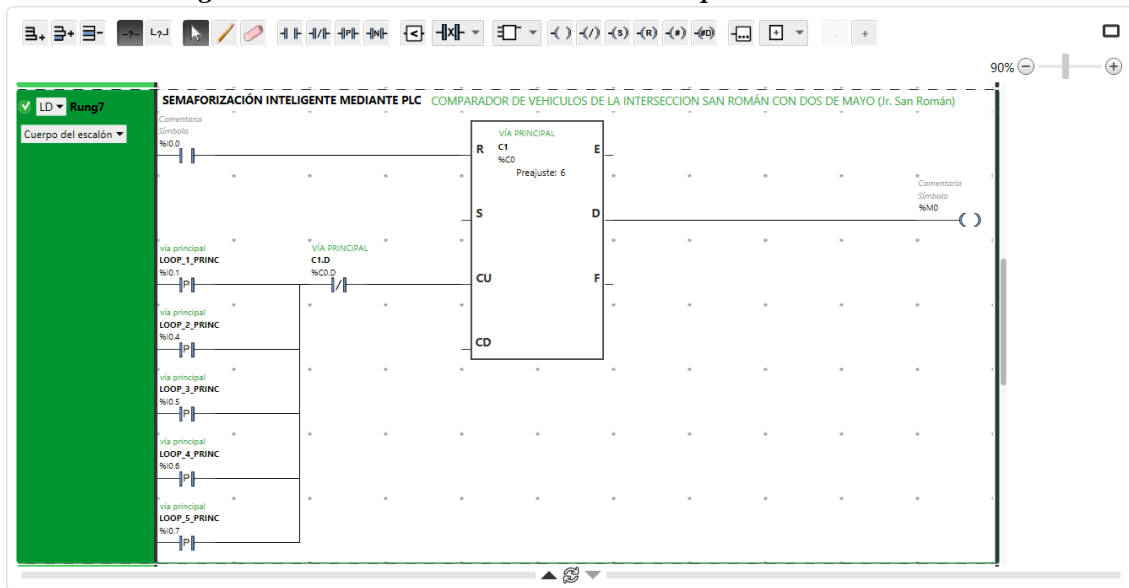


Elaboración propia

En la siguiente figura se observa los sensores Loop en la vía secundaria

encargados de detectar la presencia de los vehículos.

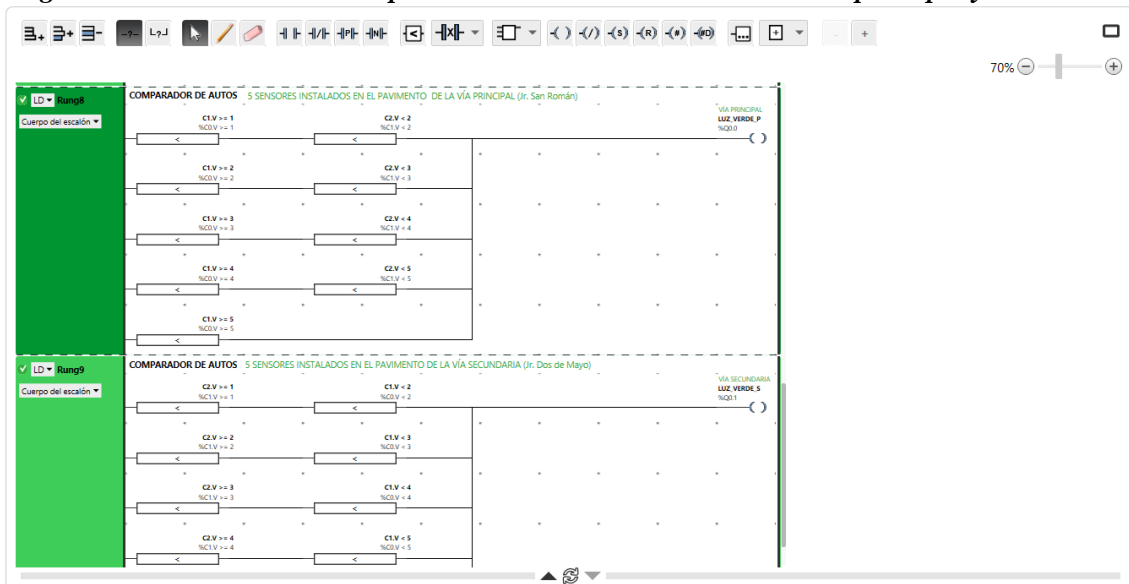
Figura 4.4: Simulación de los Sensores Loop en la vía secundaria



Elaboración propia

En la siguiente figura se muestra la etapa de comparación de datos obtenidos mediante los sensores para posteriormente dar luz verde a la vía con más presencia de vehículos cada vehículo con 5 segundos para que pase la intersección.

Figura 4.5: Simulación de comparador de autos de las intersecciones principal y secundaria

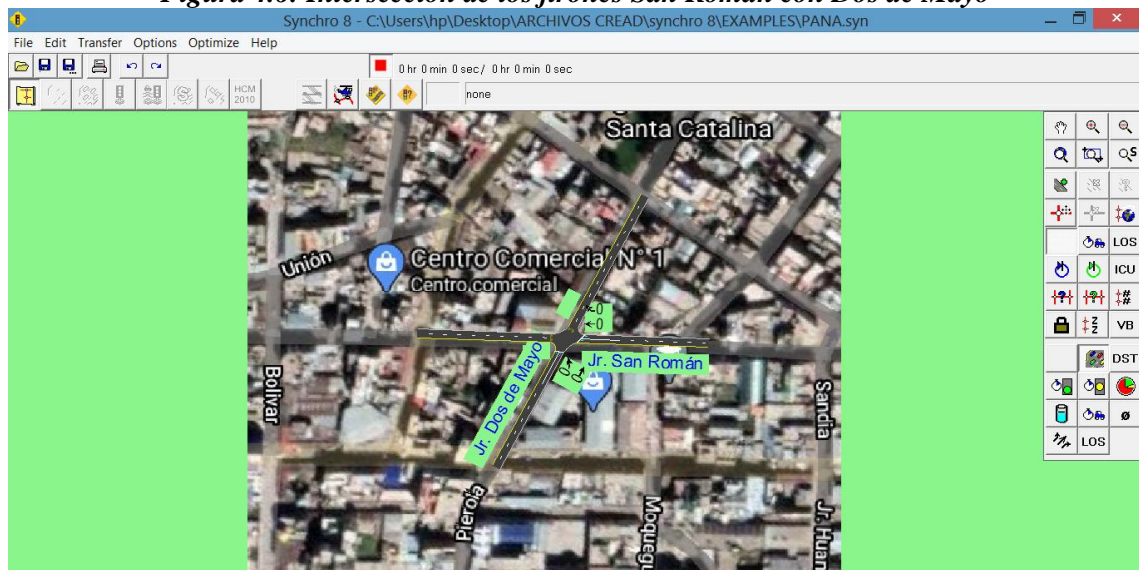


Elaboración Propia

4.3 SIMULACIÓN DEL SISTEMA DE SEMAFORIZACIÓN

Para la simulación del sistema de semaforización existente en la intersección de los jirones se realizó en el programa Synchro, este programa permite realizar simulaciones a nivel macroscópico para el análisis del flujo de tráfico vehicular. Para esto se realiza algunos ajustes al programa, en la figura a continuación se observa la intersección de los jirones San Román con Dos de Mayo.

Figura 4.6: Intersección de los jirones San Román con Dos de Mayo



Elaboración propia

Para el sistema de semaforización propuesto se debe poner los detectores de autos en ambas calles de la intersección para realizar la simulación del sistema.

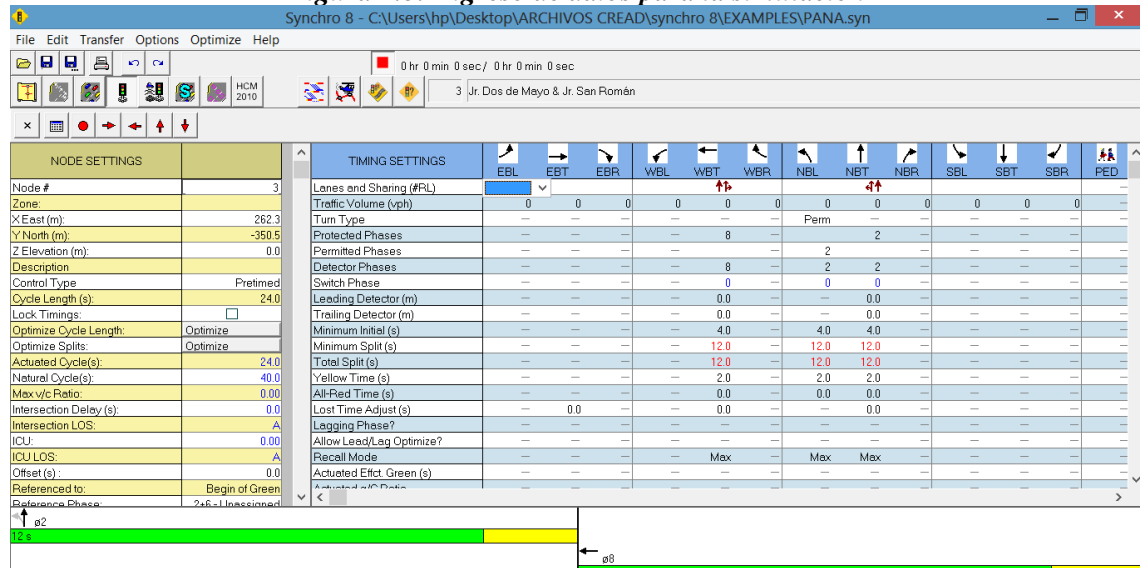
Figura 4.7: Cinco detectores a lo largo de ambas vías de la intersección en el Software Synchro



Elaboración propia

La ejecutar el programa se debe ingresar los datos necesarios para poner en funcionamiento, tales como es la longitud de la vía y el ancho, el número de carriles, sentidos de circulación, el número de vehículos que circulan por la vía, velocidad promedio de desplazamiento y las temporizaciones del semáforo en la figura a continuación se observa la ventana donde se ingresarán los datos.

Figura 4.8: Ingreso de datos para la simulación



Elaboración propia

Para realizar el análisis de los resultados se hicieron tres simulaciones para hacer una comparación, en cada simulación, se tomaron datos diferentes. Para realizar la simulación se escogió los datos de la tercera fecha ya que en dicha fecha se observó un mayor flujo de tráfico vehicular en horarios diferentes del día (mañana, tarde, noche) primeramente se realizó la simulación del sistema de control actual y enseguida se simuló el sistema de control automatizado a continuación se muestran los resultados.

4.3.1 PRIMERA SIMULACIÓN

Los datos se obtuvieron mediante la observación realizada el día sábado 11 de enero del 2020 a horas de 7:00 horas hasta las 8:00 horas los datos se muestran en el ANEXO 1.

La primera simulación realizada corresponde al sistema de semaforización actual que tiene la intersección de los jirones San Román con Dos de Mayo, seguido de la simulación del sistema de control automatizado a continuación se muestran los resultados.

Tabla 4.2: Primera simulación realizada al sistema actual y propuesto

Intersección San Román con Dos de Mayo				
	(Vía principal)	Tiempo de verde, vía principal	(Vía secundaria)	Tiempo de verde, vía secundaria
Semáforo	Jr. San Román	52 seg.	Jr. Dos de Mayo	42 seg.
Total, de Vehículos transitados de 7:00 horas hasta 8:00 horas	564 U.		536 U.	
Simulación de semaforización actual				
Total, de autos que cruzaron la intersección durante los 09:47 min.	102 U.		96 U.	
Tiempo de simulación en el programa Synchro	09:47 min.			
Sistema de control automatizado				
Total, de autos que cruzaron la intersección durante los 07:57 min.	102 U.		96 U.	
Tiempo de simulación en el programa Synchro	07:57 min.			

Elaboración propia

4.3.2 SEGUNDA SIMULACIÓN

Los datos para la segunda simulación se obtuvieron mediante la observación realizada el día sábado 11 de enero del 2020 a horas de 12:15 horas hasta las 13:15 horas los datos se muestran en el ANEXO 1.

Esta segunda simulación realizada corresponde al sistema de semaforización actual que tiene la intersección de los jirones San Román con Dos de Mayo, seguido de la simulación del sistema de control automatizado a continuación se muestran los resultados.

Tabla 4.3: Segunda simulación realizada al sistema actual y propuesto

Intersección San Román con Dos de Mayo				
	(Vía principal)	Tiempo de verde, vía principal	(Vía secundaria)	Tiempo de verde, vía secundaria
Semáforo	Jr. San Román	52 seg.	Jr. Dos de Mayo	42 seg.
Total, de Vehículos transitados de 12:15 horas hasta 13:15 horas	533 U.		523 U.	
Simulación de semaforización actual				
Total, de autos que cruzaron la intersección durante los 09:45 min.	100 U.		89 U.	
Tiempo de simulación en el programa Synchro	09:45 min.			
Simulación sistema de control utilizando PLC				
Total, de autos que cruzaron la intersección durante los 07:55 min.	100 U.		89 U.	
Tiempo de simulación en el programa Synchro	07:55 min.			

Elaboración propia

4.3.3 TERCERA SIMULACIÓN

Los datos para la tercera simulación se obtuvieron mediante la observación realizada el día sábado 11 de enero del 2020 a horas de 19:05 horas hasta las 20:05 horas los datos se muestran en el ANEXO 1.

En esta tercera simulación realizada corresponde al sistema de semaforización actual que tiene la intersección de los jirones San Román con Dos de Mayo, seguido de la simulación del sistema de control automatizado a continuación se muestran los resultados.

Tabla 4.4: Segunda simulación realizada al sistema actual y propuesto

Intersección San Román con Dos de Mayo				
	(Vía principal)	Tiempo de verde, vía principal	(Vía secundaria)	Tiempo de verde, vía secundaria
Semáforo	Jr. San Román	52 seg.	Jr. Dos de Mayo	42 seg.
Total, de Vehículos transitados de 19:05 horas hasta 20:05 horas	569 U.		597 U.	
Simulación de semaforización actual				
Total, de autos que cruzaron la intersección durante los 10 min.	110 U.		96 U.	
Tiempo de simulación en el programa Synchro	10:00 min.			
Sistema de control automatizado				
Total, de autos que cruzaron la intersección durante los 08:01 min.	110 U.		96 U.	
Tiempo de simulación en el programa Synchro	08:01 min.			

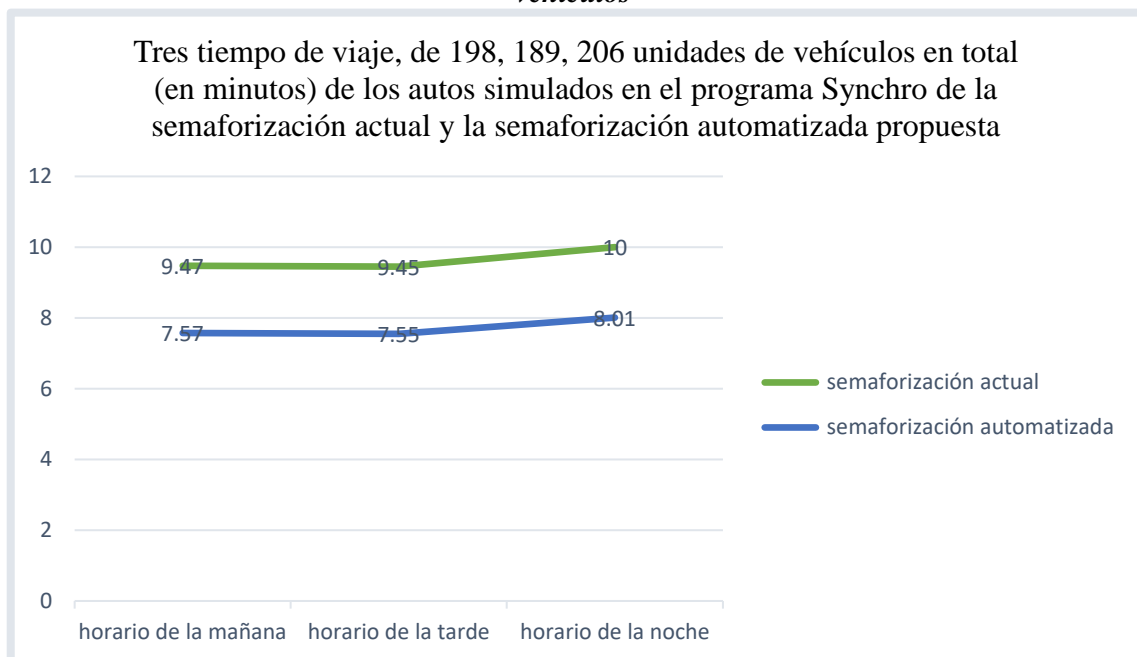
Elaboración propia

Tabla 4.5: Datos obtenidos de las 3 simulaciones en el programa Synchro del sistema actual y del sistema de semaforización propuesto.

Intersección San Román con Dos de Mayo				
Vía principal simulado en el programa	Vía secundaria simulado en el programa	Total, de vehículos simulado en el programa Synchro	Control actual simulado.	Control automatizado simulado
102 vehículos	96 vehículos	198 vehículos	09.47 min.	07.57 min.
100 vehículos	89 vehículos	189 vehículos	09.45 min.	07.55 min.
110 vehículos	96 vehículos	206 vehículos	10.00 min	08.01 min.
			promedio	
			9.64 min.	7.71 min.
% Promedio de mejora				-20.02 %

Elaboración propia

Figura 4.9: Tiempos simulados del sistema actual y propuesto de un determinado número de vehículos



Elaboración propia

De la tabla número 4.5 y su correspondencia a la figura 4.9 podemos indicar que la simulación en el programa Synchro con la recolección de datos de la tercera fecha tomados el 11 de enero del 2020 a 07:00 hasta 08:00 horas, para esta primera simulación se tiene una mejora del -20.06% con el sistema de semaforización propuesta respecto al sistema de control actual. En la segunda simulación en el programa Synchro con la recolección de datos de la tercera fecha tomados el 11 de enero del 2020 a 12:15 hasta 13:15 horas, para esta segunda simulación se tiene una mejora del -20.10 % con el sistema de semaforización propuesta respecto al sistema de control actual. Así mismo en la tercera simulación en el programa Synchro con la recolección de datos de la tercera fecha tomados el 11 de enero del 2020 a 19:05 hasta 20:05 horas, para esta tercera simulación se tiene una mejora del -19 % con el sistema de semaforización propuesta respecto al sistema actual.

4.4 PRUEBA DE HIPÓTESIS

Para la prueba de hipótesis en este estudio de investigación utilizaremos la prueba T student, ya que la población es $<$ que 30, se realizó la prueba sobre un parámetro principal del flujo del tráfico vehicular, el tiempo en la que circularon un determinado número de autos en la intersección de los jirones San Román con Dos de Mayo.

4.4.1 PRUEBA DE HIPÓTESIS: EL TIEMPO EN LA QUE CIRCULARON UN DETERMINADO NÚMERO DE AUTOS

Para esta prueba se trata de validar el tiempo en la que circularon un determinado número de autos con el sistema de control automatizado utilizando la tecnología PLC es mejor que con el sistema de control actual, entonces.

Sea μ_1 es la cantidad promedio con el sistema actual y μ_2 es la cantidad promedio con el sistema de control automatizado utilizando la tecnología PLC, tenemos:

Establecemos la hipótesis nula H_0 alternativa H_1

$$H_0: \mu_2 \leq \mu_1 \quad (4.1)$$

$$H_1: \mu_2 > \mu_1 \quad (4.2)$$

H_0 No hay una mejora significativa entre el uso del sistema de control automatizado usando la tecnología PLC a comparación del sistema de control actual.

H_1 Hay diferencia significativa entre el uso del sistema de control automatizado usando la tecnología PLC a comparación del sistema actual.

- a. Luego definimos el nivel de significancia $\alpha=0.05$ que viene a ser el 5%, este es el margen de error que estamos dispuestos a correr al realizar nuestra prueba, lo que quiere decir que el nivel de confiabilidad es del 95%.
- b. Con los datos de simulación mostrados en la tabla 4.5, tenemos los siguientes datos para el sistema de control actual y sistema de control automatizado.



Datos del sistema de control actual

$$n_1 = 3$$

$$\bar{x}_1 = 9.64$$

$$\delta_1 = 0.312$$

Donde n_1 es la cantidad de muestra, \bar{x}_1 es el promedio de la muestra y δ_1 es la desviación estándar de la muestra.

Datos con el sistema de semaforización propuesta con la tecnología PLC

$$n_2 = 3$$

$$\bar{x}_2 = 7.71$$

$$\delta_2 = 0.26$$

Donde n_2 es la cantidad de muestra, \bar{x}_2 es el promedio de la muestra y δ_2 es la desviación estándar de la muestra.

- c. Como se mencionó anteriormente utilizaremos el estadístico de prueba T student, ahora definiremos la región crítica, para ello calcularemos los grados de libertad según la siguiente formula

$$Gl = n_1 + n_2 - 2 = 4 \quad (4.3)$$

Gl: Es el grado de libertad.

Utilizando la tabla de distribución de T student, para 4 grados de libertad y un área en la cola de 0.05 se tiene un valor crítica de 2.1318.

- d. Calculamos el valor del estadístico de prueba, para ello primero calcularemos el valor de δ_p .

$$\delta_p = \sqrt{\frac{(n_1-1)\delta_1^2 + (n_2-1)\delta_2^2}{n_1+n_2-2}} \quad (4.4)$$

$$\delta_p = 0.1838$$

Determinamos el valor del estadístico de prueba t

$$t = \frac{(\bar{x}_2 - \bar{x}_1) - d_0}{\delta_p \sqrt{\left(\frac{1}{n_2}\right) + \left(\frac{1}{n_1}\right)}} \quad (4.5)$$

$$t = 8.2320$$

e. Ubicamos el valor del estadístico encontrado en la gráfica y tenemos:

Figura 4.10: Región crítica y de confianza de hipótesis tiempo



Decisión:

El valor 8.23 se encuentra por dentro de la región crítica y fuera de la región de confianza, por lo tanto, la decisión es de rechazar la hipótesis H_0 y aceptar la H_1 .

Conclusión:

Por lo anterior se concluye que el tiempo en la que circulan un determinado número de vehículos con el sistema de control automatizado es menor al tiempo que circulan los vehículos con el sistema actual. Por lo tanto, hay una mejora con el sistema de semaforización propuesto ya que los vehículos transitan en un menor tiempo.



V. CONCLUSIONES

- ❖ Se logró analizar la intersección de los jirones San Román con Dos de Mayo de la ciudad de Juliaca mediante la observación con la lectura manual de datos resaltando que existe un mayor tráfico de vehículos los fines de semana dando a entender que hay mayor transitabilidad durante esos días.
- ❖ Se logró realizar un diseño mediante algoritmos de flujogramas por medio de la tecnología PLC y programado en este mismo computador para la toma de decisiones con los sensores Loop, el interfaz de usuario para visualizar el estado actual del semáforo.
- ❖ Se logró analizar con la simulación a la intersección de los jirones San Román con Dos de Mayo, con el sistema actual y el sistema de semaforización utilizando PLC en el programa Synchro llegando a la conclusión de que el tiempo en la que circulan un determinado número de vehículos con el sistema de control automatizado es menor al tiempo que circulan los vehículos con el sistema actual.



VI. RECOMENDACIONES

- ❖ Innovar los sistemas de semaforización actual existentes, con este diseño de sistema de semaforización en las ciudades donde hay similitud a este problema de congestión vehicular.
- ❖ Una opción para la mejoría en cuanto al funcionamiento del sistema para su absoluta autonomía sería la incorporación de un sistema de energía solar como recurso de funcionamiento.
- ❖ Es importante tener en cuenta de que el sensor Loop este calibrado y distribuido acorde a las necesidades para no tener fallas de lectura y para el correcto funcionamiento de todo el sistema.
- ❖ Se sugiere más trabajos de investigación sobre análisis y diseño de semaforización inteligente.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 3CIENCIAS Innovación y Desarrollo, S.L. (2018). *Arduino y el Internet de las Cosas*. Área de Innovación y Desarrollo, S.L. doi:<http://dx.doi.org/10.17993/IngyTec.2018.45>
- Abdulian, M., & Alphonsus, E. (2016). Una revisión sobre las aplicaciones de los controladores lógicos programables (PLC). *Revisiones de energías renovables y sostenibles*.
- Anoroza Martínez, M. (s.f.). *Semáforos Inteligentes*. Proyecto de Investigación. Asunción, Paraguay.
- Apaza Condori, D. (2015). *Microcontroladores PIC*.
- Arias, F. G. (2006). *El Proyecto de Investigación*. Episteme.
- Cárdenas, J. (2006). *Ingeniería de Tránsito (8va Edición)*. México.
- Carpio Ali, L. A., Oviedo Meneses, A. R., Reynoso Torres, S. V., & Tejada Espinosa, A. M. (2017). *Semaforización inteligente como alternativa de solución al problema del tránsito en la ciudad de arequipa*. Arequipa.
- Celis-Peñaranda, J. M., Escobar-Amado, C. D., Sepúlveda-Mora, S. B., Castro-Casadiago, S., Medina-Delgado, B., & Ramírez-Mateus, J. J. (2016). *Control adaptativo para optimizar una intersección semafórica basado en un sistema embebido.; Adaptive Control for Optimizing a Traffic Light Intersection Based on an Embedded System*. <https://doi.org/10.17230/ingciencia.12.24.8>. Cúcuta-Colombia.
- Chávez, C. (2015). *Sistema de semaforización inteligente para el control de flujo vehicular mediante el Procesamiento Digital de Imágenes*. http://repo.uta.edu.ec/bitstream/123456789/13061/1/Tesis_t1033ec.pdf.
- Cortés León, R., Martínez Gonzáles, R. F., Miranda Medina, A., & Peralta Pelaez, L. A. (2017). *Raspberry Pi and Arduino Uno Working Together a Basic Meteorological Station*.
- Davidson, M. (2017). *How a metal detector work*. Obtenido de http://www.thomasathomas.com/Metal_detectors_work.htm
- Detecta vehículos por medio de cable inductivo en el suelo. (2017). Obtenido de <http://www.empretel.com.mx/accesorios-barreras/1162-detector-de-masa-una-via-detecta-vehiculos-por-medio-de-cable-inductivo-en-el-suelo.html>
- Dextre, J. C., & Tabasso, C. (2012). *El lenguaje vial (2da ed.)*. Lima-Perú.



- Dikkat. (2015). Obtenido de <http://www.dikkat.com.ar/>
- Eben Upton Co-creador de la Raspberry Pi. (s.f.). *Eben Upton Co-creador de la Raspberry Pi*.
- Electric Schneider. (2017). *Modicon M221 Logic Controller-Guía de Programación*.
- Electric, S. (Julio de 2020). TM221CE24R Controlador M221 24 IO relé Ethernet. *hoja de datos del producto características*.
- Gajda, J., & Stencel, M. (2015). A highly selective vehicle classification utilizing dual-loop inductive detector. *Metrology and Measurement System*, 21(3), 473-484. Obtenido de <https://doi.org/10.2478/mms-2014-0040>
- García Sánchez, J. N. et al. (2010). La metodología observacional como desarrollo de competencias en el aprendizaje. *Internatioonal Journal of Developmental and Educational Psychology*, 3(1), 211-218. Obtenido de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=349832326022>
- Google maps. (s.f.). Obtenido de www.google.com
- INEI. (2018). *Cuadros Estadísticos de Población, Vivienda y Hogar*. LIMA.
- López, W. (2015). El tránsito: Intensidad-velocidad-señalización. señalización. Retrieved May 31, 2017,. tema-11-y-12-volumen-y-velocidad. Obtenido de <https://es.slideshare.net/VialidadUNEFM/>
- López-Esquivel, D. E. (2015). *Diseño de un modelo de monitoreo para mejorar el flujo de tránsito vehicular a través de semáforos inteligentes en la ciudad de Trujillo*. Trujillo.
- Ltda. Tech. Co. (2018). *PD132 Single Loop Detector-Integer*. Obtenido de http://www.parkingparts.com/en/product/PD132SingleLoopDetector121_pro.html
- Martínez Anoroza, M. (2017). *semáforos inteligentes*.
- Marver SAC. (2017). Una Propuesta Para Mejorar. Obtenido de transmarver.com/noticia_descripcion/trafico-caotico-en-lima-una-propuesta-para-mejorar
- Municipalidad Provincial de San Román. (2015). Plan de Desarrollo Institucional. *Gerencia de Planeamiento Institucional*.
- Pieters, L. (2017). Ampetronic. *How do loop work?* Obtenido de <http://www.ampetronic.co/How-do-loops-work>



- Raspberry Pi. (2016). *Guía de Usuario Segunda Edición*.
- Reyes Spindola, R. C., & Cardenas Grisales, J. (2007). *Ingeniería de tránsito fundamentos y aplicaciones (8va ed.)*. México.
- Riofrío Díaz, M. A. (2018). *Análisis y simulación de un sistema de semaforización inteligente en el centro de la ciudad de guayaquil*. Guayaquil.
- Ruiz Corres, J. (2016). *Estudio sobre la implementacion de la herramienta ARDUINO en centro de Formación Profesional*. Vitoria-Gasteiz.
- San Róman-Juliaca, M. P. (2014). Plan de Desarrollo Institucional. *Gerencia de Planamiento Institucional*.
- Schneider Electric. (2015). Obtenido de www.schneider-electric.com
- Schneider Electric. (Julio de 2020). Modicon M211. *Controlador Lógico Programable para arquitectura cableada*.
- Seijo, D. (2008). Semáforos inteligentes. Obtenido de <http://motorpasion.com/tecnología/semáforos-inteligentes>
- Thomson, I., & Bull, A. (2012). *La congestión del tránsito urbano: causas y consecuencias económicas y sociales*.
- Trejo , R. (2016). *Guía de LabView*.
- V. Mathew, T. (2019). Intrusive Technologies. *Lecture Notes in Transportation System Engineering*. Obtenido de https://www.civil.iitb.ac.in/tvm/nptel/525_AutoLoop/web/web.html

ANEXOS

ANEXO 1: Tabla de lectura de datos obtenidos mediante la observación para el análisis del tráfico vehicular en la intersección en horas de la mañana

Registro de datos del flujo vehicular de la intersección del Jr. San Román y Jr. Dos de Mayo

Primera fecha (veh.) 7:15-8:15 06/01/2020 (Lunes) En horas de la mañana		Segunda fecha (veh.) 7:30-8:30 09/01/2020 (Jueves)		Tercera fecha (veh.) 7:00-8:00 11/01/2020 (Sábado)	
combis	Vía Principal 180 Vía Secundaria	Vía Principal 196 Vía Secundaria	Vía Secundaria 113	combis	Vía Principal 221 Vía Secundaria
coaster	Vía Principal 105 Vía Secundaria	Vía Principal 92 Vía Secundaria	Vía Secundaria 83	coaster	Vía Principal 112 Vía Secundaria
taxis	Vía Principal 46 Vía Secundaria	Vía Principal 97 Vía Secundaria	Vía Secundaria 79	taxis	Vía Principal 88 Vía Secundaria
motos	Vía Principal 125 Vía Secundaria	Vía Principal 112 Vía Secundaria	Vía Secundaria 120	motos	Vía Principal 136 Vía Secundaria
Motos lineales	Vía Principal 37 Vía Secundaria	Vía Principal 41 Vía Secundaria	Vía Secundaria 37	Motos lineales	Vía Principal 36 Vía Secundaria
Vehículos pesados	Vía Principal 22 Vía Secundaria	Vía Principal 18 Vía Secundaria	Vía Secundaria 17	Vehículos pesados	Vía Principal 24 Vía Secundaria

Elaboración Propia

Tabla de lectura de datos obtenidos mediante la observación para el análisis del tráfico vehicular en la intersección en horas de la tarde

Primera fecha (veh.) 12:10-13:10 06/01/2020		Segunda fecha (veh.) 12:05-13:05 09/01/2020		Tercera fecha (veh.) 12:15-13:15 15/02/2020	
En horas de la tarde					
combis	Vía Principal 141 Vía Secundaria 170	Vía Principal 186 Vía Secundaria 195	combis	Vía Principal 207 Vía Secundaria 204	Vía Secundaria
coaster	Vía Principal 89 Vía Secundaria 60	Vía Principal 76 Vía Secundaria 65	coaster	Vía Principal 98 Vía Secundaria 107	Vía Secundaria
taxis	Vía Principal 76 Vía Secundaria 80	Vía Principal 76 Vía Secundaria 63	taxis	Vía Principal 88 Vía Secundaria 76	Vía Secundaria
motos	Vía Principal 98 Vía Secundaria 102	Vía Principal 82 Vía Secundaria 76	motos	Vía Principal 102 Vía Secundaria 87	Vía Secundaria
Motos lineales	Vía Principal 25 Vía Secundaria 18	Vía Principal 26 Vía Secundaria 22	motos lineales	Vía Principal 32 Vía Secundaria 31	Vía Secundaria
Vehículos pesados	Vía Principal 16 Vía Secundaria 12	Vía Principal 11 Vía Secundaria 09	vehículos pesados	Vía Principal 12 Vía Secundaria 08	Vía Secundaria

Elaboración Propia

Tabla de lectura de datos obtenidos mediante la observación para el análisis del tráfico vehicular en la intersección en horas de la noche

Primera fecha (veh.) 19:00-20:00 06/01/2020		Segunda fecha (veh.) 19:05-20:05 09/01/2020		Tercera fecha (veh.) 19:05-20:05 15/02/2020	
En horas de la noche					
Combis	Vía Principal 112	Vía Secundaria 112	Vía Principal 132	Vía Secundaria 132	Vía Principal 156
coaster	Vía Principal 102	Vía Secundaria 91	Vía Principal 109	Vía Secundaria 112	Vía Secundaria 112
taxis	Vía Principal 107	Vía Secundaria 121	Vía Principal 91	Vía Secundaria 78	Vía Secundaria 127
motos	Vía Principal 134	Vía Secundaria 111	Vía Principal 122	Vía Secundaria 132	Vía Secundaria 156
Motos lineales	Vía Principal 38	Vía Secundaria 45	Vía Principal 29	Vía Secundaria 32	Vía Secundaria 33
Vehículos pesados	Vía Principal 22	Vía Secundaria 15	Vía Principal 14	Vía Secundaria 11	Vía Secundaria 13

Elaboración Propia

ANEXO 2: Figura de toma de datos realizado por el investigador



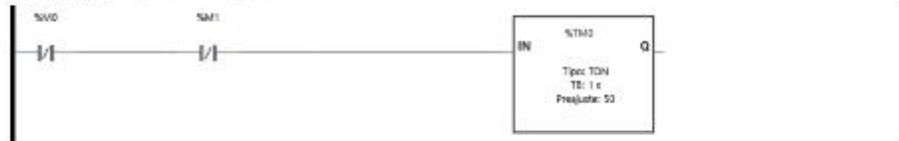
Elaboración Propia

ANEXO 3: Software EcoStruxure (Nuevo Pou)

Tarea maestra

Rung0

Comentario: para 50 segundos



Variables utilizadas:

VNO
VNI
VTH0

Rung1

Comentario: SEMAFORIZACIÓN DE LA VÍA PRINCIPAL JR. SAN ROMÁN.



Variables utilizadas:

VQ0.2 ROJO VÍA PRINCIPAL
VTH0.V

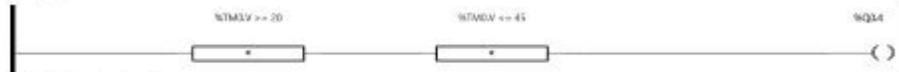
Rung2



Variables utilizadas:

VQ0.3 AMARILLO VÍA PRINCIPAL
VTH0.V

Rung3



Variables utilizadas:

VQ0.4 VERDE VÍA PRINCIPAL
VTH0.V



Rung4

Comentario: SEMAFORIZACIÓN DE LA VÍA SECUNDARIA JR. DOS DE MAYO



Variables utilizadas:

%Q0.5 ROJO_2 VÍA SECUNDARIA
%TMD.V

Rung5



Variables utilizadas:

%Q0.6 AMARILLO_2 VÍA SECUNDARIA
%TMD.V

Rung6

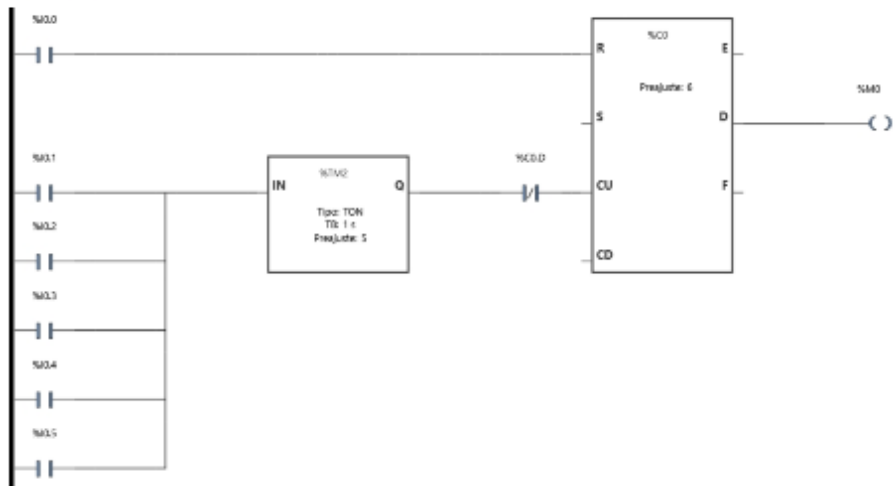


Variables utilizadas:

%Q0.7 VERDE_2 VÍA SECUNDARIA
%TMD.V

Rung7 - SEMAFORIZACIÓN INTELIGENTE MEDIANTE PLC

Comentario: 5 SENSORES INSTALADOS EN EL PAVIMENTO DE LA VÍA SECUNDARIA (Jr. San Román)

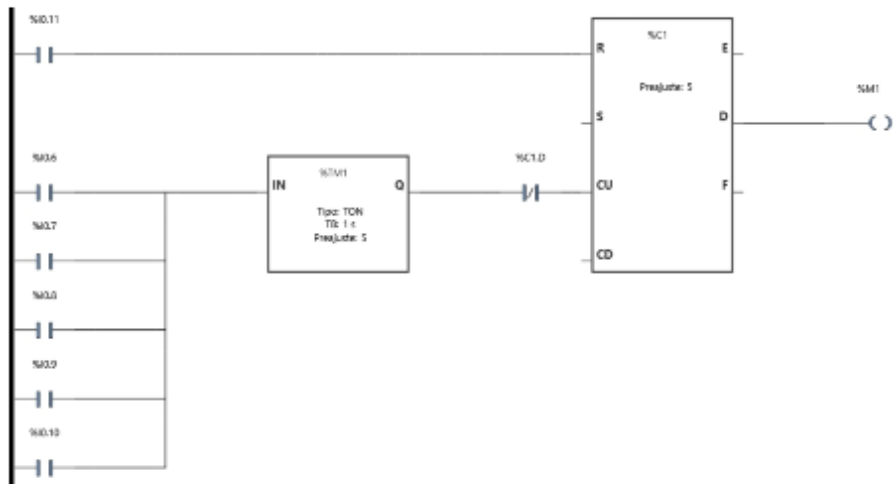


Variables utilizadas:

%C0 C1 VÍA PRINCIPAL
%C0.D C1.D VÍA PRINCIPAL
%I0.0
%I0.1 LOOP_1_PRINC via principal
%I0.2 LOOP_2_PRINC via principal
%I0.3 LOOP_3_PRINC via principal
%I0.4 LOOP_4_PRINC via principal
%I0.5 LOOP_5_PRINC via principal
%M0
%TMD

Rung8 - semaforización inteligente mediante PLC

Comentario: 5 SENSORES INSTALADOS EN EL PAVIMENTO DE LA VÍA SECUNDARIA (Jr. Dos de Mayo)

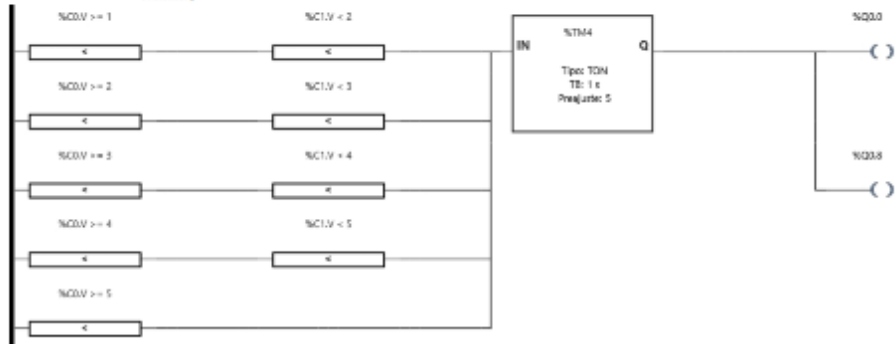


Variables utilizadas:

%C1	C2	VÍA SECUNDARIA
%C1.D	C2.D	VÍA SECUNDARIA
%I0.6	LOOP_1_SECUND	via secundaria
%I0.7	LOOP_2_SECUND	via secundaria
%I0.8	LOOP_3_SECUND	via secundaria
%I0.9	LOOP_4_SECUND	via secundaria
%I0.10	LOOP_5_SECUND	via secundaria
%I0.11		
%M1		
%TMT1		

Rung9 - COMPARADOR DE AUTOS

Comentario: COMPARADOR DE VEHICULOS DE LA INTERSECCION SAN ROMÁN CON DOS DE MAYO (Jr. San Román)



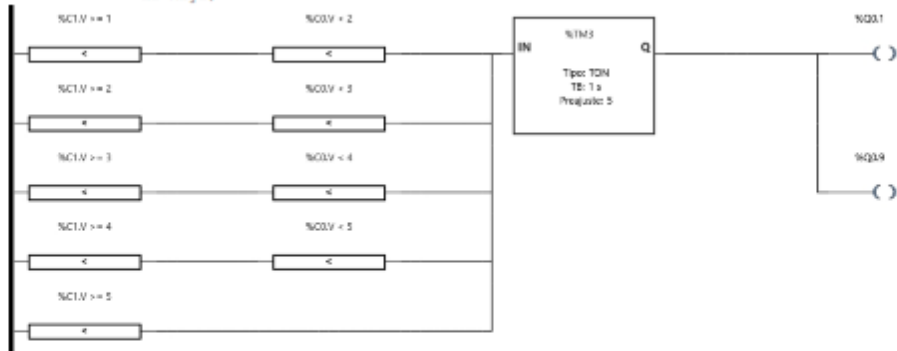
Variables utilizadas:

%C0.V	C1.V	VÍA PRINCIPAL
%C1.V	C2.V	VÍA SECUNDARIA
%Q0.0	LUZ_VERDE_P	VÍA PRINCIPAL
%Q0.8	LUZ_ROJAS	VÍA SECUNDARIA
%TMT4		



Rung10 - COMPARADOR DE AUTOS

Comentario: COMPARADOR DE VEHICULOS DE LA INTERSECCION SAN ROMÁN CON DOS DE MAYO (Jr. Dos de Mayo)



Variables utilizadas:

%C0.V	C1.V	VIA PRINCIPAL
%C1.V	C2.V	VIA SECUNDARIA
%Q0.1	LUZ_VERDE_S	VIA SECUNDARIA
%Q0.9	LUZ_ROJAP	VIA PRINCIPAL
%TMS		

SÍMBOLOS

Utilizado	Dirección	Símbolo	Comentario
X	%C0	C1	VIA PRINCIPAL
X	%C1	C2	VIA SECUNDARIA
X	%I0.1	LOOP_1_PRINC	via principal
X	%I0.2	LOOP_2_PRINC	via principal
X	%I0.3	LOOP_3_PRINC	via principal
X	%I0.4	LOOP_4_PRINC	via principal
X	%I0.5	LOOP_5_PRINC	via principal
X	%I0.6	LOOP_1_SECUND	via secundaria
X	%I0.7	LOOP_2_SECUND	via secundaria
X	%I0.8	LOOP_3_SECUND	via secundaria
X	%I0.9	LOOP_4_SECUND	via secundaria
X	%I0.10	LOOP_5_SECUND	via secundaria
X	%Q0.0	LUZ_VERDE_P	VIA PRINCIPAL
X	%Q0.1	LUZ_VERDE_S	VIA SECUNDARIA
X	%Q0.2	ROJO	VIA PRINCIPAL
X	%Q0.3	AMARILLO	VIA PRINCIPAL
X	%Q0.4	VERDE	VIA PRINCIPAL
X	%Q0.5	ROJO_2	VIA SECUNDARIA
X	%Q0.6	AMARILLO_2	VIA SECUNDARIA
X	%Q0.7	VERDE_2	VIA SECUNDARIA
X	%Q0.8	LUZ_ROJAS	VIA SECUNDARIA
X	%Q0.9	LUZ_ROJAP	VIA PRINCIPAL

Elaboración propia