REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Universidad Católica de Santa Maria

Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales

Escuela Profesional de Ingeniería Industrial

"PROPUESTA PARA LA MEJORA DE LA FLUIDEZ EN EL TRÁNSITO VEHICULAR MEDIANTE UN MODELO DE SIMULACIÓN"

Caso: Avenida Aviación – Pumacahua - Ejército

Tesis presentada por el Bachiller:

Oblea Silva, Carlos

Para optar el Título Profesional de:

Ingeniero Industrial

Asesor:

Dr. Murillo Quispe, Efraín

AREQUIPA-PERÚ

2018

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERIAS FISICAS Y FORMALES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA INDUSTRIAL

INFORME DICTAMINATORIO DE BORRADOR DE TESIS

VISTO

EL BORRADOR DE TESIS TITULADO:

Propuesta para la mejora de la fluidez en el transito vehicular mediante un modelo de simulacion: Caso Av. Aviación Pumacahua Ejercito

PRESENTADO POR (EL) (LOS) BACHILLER (ES):

Carlos Oblea Silva

NUESTRO DICTAMEN ES:

Aprobado, Felicitaciones

OBSERVACIONES:

Arequipa.

JURADO DICTAMINADOR
Nombre: EFRAIN RAFAEL MURILLO QUISPE
Código: 1986

JURADO DICTAMINADOR
Nombre: Cesar Valdivia Portugal
Código: 1987

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

DEDICATORIA

A Dios, por darme y enseñarme el sentido de la vida, además de permitirme llegar a este momento tan importante en mi formación profesional.

A mi Novia, por su comprensión y apoyo incondicional que fomentaron en mí la motivación más grande para realizar la presente investigación.

A mi Hermano, por sus consejos y su ayuda en todo momento y por permitirme ser una guía para él.

A mis Primos Hermanos, por la confianza entregada y por permitirme ser el ejemplo que les indique el camino a seguir en su vida profesional.

A mi Madre, Padre, Tías y Abuelita por ser mi familia y mostrarme esa felicidad y orgullo tan grande cuando uno de los hijos concretamos un logro.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

AGRADECIMIENTO

Mi más sincero agradecimiento a los Docentes de mi Alma Mater, la Universidad Católica de Santa María, por sus enseñanzas y sabios consejos que me supieron impartir durante 5 años que permanecí en tan prestigiosa Casa de Estudios.

Al Docente Efraín Murillo del curso de ***Simulación de procesos*** que hizo que nazca en mí el interés por esta rama de estudios de mi carrera profesional y que finalmente hizo posible la presente investigación.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

INTRODUCCION

La presente tesis es un estudio de simulación que tiene por objetivo demostrar que el gran problema que representa el tráfico vehicular para la ciudad puede ser también tomado desde el punto de vista de la Simulación de Procesos, cuyos resultados aplicados a la realidad ayudarían a mejorar la fluidez vehicular usando tan solo unos pocos recursos.

La Simulación de Procesos nos sirve en primer lugar, para representar el sistema real en un modelo matemático, en segundo lugar, para manipular en el software las variables propias del modelo y ver su efecto en los datos resultantes, las variables a controlar en esta investigación serían: tiempo de ciclo de semáforos, tiempo de inicio de semáforos: número de paraderos, entre otros. Es en la conjunción de estas variables donde tendremos una combinación adecuada de elementos que permitan que el flujo vehicular sea el mayor posible.

Finalmente determinaré cuanto le cuesta a la sociedad no contar con paraderos de uso exclusivo para el transporte público y no tener los semáforos adecuadamente sincronizados; este costo representará mi principal indicador para la futura implementación de los resultados de la investigación.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

RESUMEN

En esta investigación se usará la técnica de la Simulación de Procesos para modelar el comportamiento del flujo vehicular actual en las avenidas: Aviación – Pumacahua – Ejército, con el modelo realizado, primero calcularé los costos anuales incurridos por los vehículos en ralentí cuando están en cola esperando a que el semáforo se ponga en verde o a que el vehículo de transporte público de adelante decida avanzar; como segunda actividad procederé a cambiar los tiempos de los semáforos de forma que tengamos funcionando un ola verde, en este punto nuevamente hago el cálculo de los costos anuales de los vehículos en ralentí cuando están en cola, notablemente se debería tener un ahorro en combustible y en horas-hombre; como tercer paso, implementaré paraderos exclusivos para los buses en un carril adicional de forma que cuando se detengan a recoger pasajeros no obstruyan el paso de los vehículos que estén detrás, estos paraderos, de darse el caso, los colocaré delante del semáforo correspondiente, para que los buses puedan avanzar en cualquier momento y no estén limitados por lo que mande esta señal de tránsito, nuevamente haré el cálculo del costo de combustible y horas-hombre de los vehículos cuando están en cola, de la comparación de los costos iniciales y los costos de las propuestas obtendré un ahorro que será mi principal indicador para demostrar cuanto la *sociedad* pierde por no tener el control adecuado sobre transporte público y sobre semáforos en nuestra ciudad.

Nótese que, únicamente estamos cambiando tiempos de ciclos de semáforo e implementado paraderos a las vías lo que, en teoría, no debería representar un gran costo para la municipalidad. Por otro lado, solo estoy analizando 3 avenidas de la ciudad, por lo tanto, dejo aquí la oportunidad a nuevos tesistas para que puedan investigar y determinar el ahorro con el ordenamiento del transporte público y la implantación de la *Ola verde* en otras vías de la ciudad.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

PALABRAS CLAVE

Simulación de sistemas – Tránsito vehicular – Ola verde – Optimización de procesos – Arena simulation software – Optimización de la transitabilidad vehicular.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

ABSTRACT

This thesis is a simulation study that aims to demonstrate that the great problem that traffic represents for the city can also be seen from the point of view of Process Simulation, whose results applied to reality would help to improve the vehicular fluency using only a few resources.

Process Simulation serves us first, to represent the real system in a mathematical model, second, to manipulate in the software the variables of the model and see their effect on the resulting data, the variables to control in this research would be: semaphore cycle time, semaphore start time: number of stops, among others. It is at the conjunction of these variables that we will have an adequate combination of elements that allow the vehicular flow to be as large as possible.

Finally, I will determine how much it costs for the society not to have exclusive use stops for public transport and not having the traffic lights properly synchronized; this cost will represent my main indicator for the future implementation of the research results.

KEYWORDS

Simulation of systems – Vehicular traffic – Green wave – Optimization of processes – Arena simulation software – Optimization of vehicular traffic

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA III

AGRADECIMIENTO IV

INTRODUCCION V

RESUMEN EJECUTIVO VI

PALABRAS CLAVE VII

ABSTRACT VIII

KEYWORDS VIII

TABLA DE CONTENIDO IX

TABLA DE ILUSTRACIONES XXI

TABLAS DE ANEXOS XLVI

CAPITULO 1. PLANEAMIENTO DE LA TESIS 1

1.1 IDENTIFICACION DEL PROBLEMA 1

1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA 1

1.3 FORMULACION DEL PROBLEMA 5

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN 5

1.4.1 Objetivo General 5

1.4.2 Objetivos Específicos 6

1.5 HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN 6

1.5.1 Hipótesis 6

1.6 VARIABLES 6

1.7 JUSTIFICACION DEL PROBLEMA 8

1.8 LIMITACIONES DE LA INVESTIGACION 9

1.9 UNIDAD DE ESTUDIO 10

1.10 DELIMITACIÓN GEOGRÁFICA Y TEMPORAL 10

1.11 VIABILIDAD PARA HACER EL ESTUDIO 10

1.12 DISEÑO METODOLOGICO 11

1.12.1 Descripción de la investigación 11

CAPITULO 2. MARCO TEORICO 15

2.1 Historia de la simulación 15

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

2.2 Simulación de sistemas 16

2.3 Definiciones de Simulación de sistemas 17

2.4 Ventajas y desventajas de la simulación 20

2.4.1 Ventajas 20

2.4.2 Desventajas 20

2.5 Sistema 21

2.5.1 Elementos de un Sistema 22

2.5.2 Variables del Sistema dentro del estudio 24

2.5.3 Modelo: 27

2.6 Características de la simulación 28

2.7 Tipos de simulación 29

2.7.1 En función del objetivo de estudio (Llican Calderon) 29

2.7.2 En función al avance del tiempo (Torres vega, 2010) 29

2.7.3 En función del uso de variables aleatorias (Wolf Rojas, 2011) 31

2.7.4 En función de la continuidad de la ocurrencia de los eventos (Facultad de Ingeniería - Universidad de Buenos Aires, 2010) 32

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

2.8 Fases de un proyecto de simulación 33

2.8.1 Definir el problema y lo que se quiere lograr 33

2.8.2 Obtención y análisis estadístico 34

2.8.3 Construcción del modelo simulación 35

2.8.4 Validación del modelo 35

2.9 Medición de parámetros de simulación 36

2.9.1 App Geo Tracker 36

2.9.2 App Ultimate Stopwatch 37

2.10 Fluidez vehicular: Ola verde 38

CAPITULO 3. DIAGNOSTICO DE LA SITUACION ACTUAL 40

3.1 Arequipa y su Potencial Económico 40

3.2 Descripción especifica de las vías a transitar 46

3.3 Puntos Críticos 50

3.3.1 Punto Crítico 1: Av. Aviación Zamácola 50

3.3.2 Punto Crítico 2: Avenida Pumacahua frente a Paris 53

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

3.3.3 Punto Crítico 3: Avenida Pumacahua altura de cerro viejo 55

3.3.4 Punto Crítico 4: Av. Ejército Calle Circunvalación..... 57

3.3.5 Punto Crítico 5: Paradero Clínica San Juan de Dios..... 59

3.3.6 Punto Crítico 6: Real Plaza Av. Ejército 61

3.3.7 Punto Crítico 7: Paradero Entel 62

3.3.8 Punto Crítico 8: Paradero Claro Av. Ejército 64

3.3.9 Punto Crítico 9: Paradero Metro Av. Ejército 65

3.3.10 Punto Crítico 10: Paradero Ampatacocha..... 67

3.3.11 Punto Crítico 11: Paradero Recoleta Av. Ejército 68

3.4 Paraderos Regulares 70

- Paradero Essalud 70
- Paradero Monte Bello..... 70
- Paradero Femaco 70
- Paradero Moisés Heresi..... 70
- Paradero Colegio Domingo Savio..... 70

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

3.5 Características de las Avenidas en estudio 70

3.5.1 Longitud de las avenidas de estudio 70

3.5.2 Distribución de horas punta y horas fuera de punta 75

3.5.3 Clasificación de los vehículos 75

3.6 Semáforos 78

3.6.1 Semáforos Avenida Aviación 78

3.6.2 Semáforos Avenida Pumacahua 80

3.6.3 Semáforos Avenida Ejército 81

3.6.4 Semáforos de intercepción 82

3.7 Calles alimentadoras y salidas de las avenidas en estudio 84

3.7.1 Alimentadoras y salidas de la avenida Aviación 85

3.7.2 Alimentadoras y salidas de la avenida Pumacahua 88

3.7.3 Alimentadoras y salidas de la avenida Ejército 90

3.7.4 Comportamiento de las calles alimentadoras y salidas de las avenidas de estudio por tipo de vehículo 92

3.8 Velocidad y tiempo de recorrido de los vehículos según el tipo 96

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

3.8.1 Velocidad y Tiempo de recorrido de vehículos de Transporte Público.. 96

3.8.2 Velocidad y Tiempo de recorrido de vehículos Taxi y Particulares..... 98

3.9 Líneas de transporte público que circulan por las vías en estudio 100

3.9.1 Empresa de transportes 3 de Octubre: 100

3.9.2 Empresa de transporte 6 de diciembre 101

3.9.3 Empresa de transporte COTUM SA 102

3.9.4 Empresa de transporte Cerro Colorado SA..... 104

3.9.5 Empresa de transporte Cettar SA 104

3.9.6 Empresa de transporte Christus SAC..... 106

3.9.7 Empresa de transporte Ciudad Municipal Arequipa SA..... 107

3.9.8 Empresa de transporte Cotaspa SA..... 108

3.9.9 Empresa de transporte Deán Valdivia SA 110

3.9.10 Empresa de transporte El Calero SA 112

3.9.11 Empresa de transporte Escorpiones de Bustamante..... 113

3.9.12 Empresa de transporte Exenatru 114

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

3.9.13 Empresa de transporte Florián 115

3.9.14 Empresa de transporte Litoral SA 116

3.9.15 Empresa de transporte Los Ángeles de Ciudad de Dios 118

3.9.16 Empresa Los Canarios 120

3.9.17 Empresa Los Pioneros 121

3.9.18 Empresa Miguel Grau Campiña 123

3.9.19 Empresa Monterrey 124

3.9.20 Empresa Peruarbo Buss 125

3.9.21 Empresa Primavera- Tahuaycani 127

3.9.22 Empresa Santa Clara 127

3.9.23 Empresa Santo Domingo 128

3.9.24 Empresa Sr. de Lampa 129

3.9.25 Empresa Sr. de Luren 130

3.9.26 Empresa Sr. Del Gran Poder 131

3.9.27 Empresa Unidos de Hunter 132

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

3.9.28 Empresa Zamácola 133

CAPITULO 4. DESARROLLO DEL MODELO DE SIMULACIÓN EN EL SOFTWARE ARENA 135

4.1 Variables en estudio 135

4.1.1 Variables de decisión 135

4.1.2 Variables de respuesta..... 136

4.1.3 Variables de estado 136

4.2 Datos de entrada (variables endógenas): 136

4.2.1 Intervalo entre llegadas de vehículos 137

4.2.2 Tiempo de detención en cada paradero..... 139

4.3 Plan de recopilación de información 141

4.4 Procedimiento para la obtención de las distribuciones estadísticas de los datos de entrada 141

4.5 Comportamiento Estadístico de los intervalos de llegada de vehículos.....145

4.5.1 Resultados: Distribución estadística de los intervalos de llegada de los vehículos 147

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

4.5.2 Resultados: Distribución del cambio de dirección de los vehículos que ingresan a la zona de estudio 158

4.5.3 Resultados: Distribución del cambio de dirección de los vehículos que salen de la zona de estudio 165

4.6 Comportamiento Estadístico de los tiempos de detención en paraderos 168

4.6.1 Resultados distribución estadística de los tiempos de detención de vehículos de Transporte Público y Taxi 172

4.6.2 Resultados: Porcentaje de vehículos que se detienen en las estaciones de bus 174

4.7 Identificación de elementos de simulación dentro de mi modelo 183

4.7.1 Entidades: 183

4.7.2 Recursos: 183

4.7.3 Colas 184

4.7.4 Estaciones 184

4.7.5 Procesos 184

4.8 Modelo de simulación: 184

4.8.1 Representación del control de los semáforos 185

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

4.8.2 Modelos de simulación para la optimización de los tiempos de ciclo de los semáforos: 192

4.8.3 Modelo de simulación completo del sistema para la ubicación de los paraderos 202

4.9 Validación del modelo 205

4.10 Resultados Modelo para la optimización de los tiempos de ciclo de semáforos: ..212

4.11 Resultados para la optimización de los paraderos.....217

CAPITULO 5. PROPUESTA DE MEJORA.....223

5.1 Propuesta de mejora Modelo para la optimización de los tiempos de ciclo de semáforos: 223

5.1.1 Control centralizado de semáforos..... 223

5.1.2 Procedimiento para la aplicación del OptQuest..... 229

5.1.3 Optimización del modelo..... 235

5.1.4 Resultados de la optimización 237

5.2 Propuesta de mejora para la optimización de paraderos 240

5.2.1 Características de la propuesta..... 241

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

5.2.2 Propuesta para la ubicación de Paraderos 244

5.2.3 Modelo de simulación con propuesta de mejora..... 282

5.2.4 Propuesta del tiempo de ciclo para semáforos 285

5.2.5 Resultados del modelo de simulación completo 297

5.3 Resumen de resultados de la investigación 306

5.3.1 Análisis de efectos en la fluidez vehicular con la sincronización de semáforos: 308

5.3.2 Análisis de efectos en la fluidez vehicular con la ubicación de paraderos:310

CONCLUSIONES:.....313

RECOMENDACIONES.....317

INDICE.....321

BIBLIOGRAFIA 323

ANEXO 327

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

TABLA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Arequipa: Población Total, 2005-2015 (AURUM Consultoría y Mercado, 2016).....1

Ilustración 2: PBI Perú vs VAB Arequipa (Instituto Peruano de Economía, 2016).....2

Ilustración 3 Arequipa: Anuncios de inversión en diversos sectores (GESTION, 2016) 3

Ilustración 4: Arequipa Evolución del Parque Automotor y Venta de vehículos nuevos (GESTION, 2016) (AURUM Consultoría y Mercado, 2016) (Ministerio de Transportes y Comuniacciones, 2012) (Sin fronteras, 2017).....4

Ilustración 5: Avenida Aviación.....13

Ilustración 6: Planeación para la expansión del canal de Panamá.....18

Ilustración 7: Elementos de un sistema 28

Ilustración 8: Ingreso de clientes a un supermercado.....32

Ilustración 9: Temperatura en el proceso de fabricación de la cerveza.....33

Ilustración 10: Imagen de la aplicación Geo Tracker.....36

Ilustración 11: Imagen de la aplicación Ultimate Stopwatch 37

Ilustración 12: Ejemplificación del sistema ola verde.....39

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Ilustración 13: Región Arequipa, Provincia Arequipa 41

Ilustración 14: Inversión minera por regiones 43

Ilustración 15: Estructura de la producción en Arequipa 2015 44

Ilustración 16: Arribo de turistas a hospedajes en Arequipa 46

Ilustración 17: Avenidas de estudio.....48

Ilustración 18: Puntos críticos dentro de las avenidas de estudio.....49

Ilustración 19: Paraderos de Zamácola.....50

Ilustración 20: Paradero 1-Congestión en hora punta Av. aviación entre las calles Ucayali y Marañón 51

Ilustración 21: Paradero 2-Congestión en hora punta Av. Aviación entre las calles Ucayali y Pachitea 52

Ilustración 22: Los vehículos no avanzan por más que el semáforo está en verde 53

Ilustración 23: Paradero Av. Pumacahua C.C. Arequipa Center.....54

Ilustración 24: Paradero avenida Pumacahua 54

Ilustración 25:Paradero Av. Pumacahua Cerro Viejo.....55

Ilustración 26: Paradero 1 Av. Pumacahua Cerro Viejo.....56

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Ilustración 27: Paradero 2 Av. Pumacahua Cerro Viejo.....57

Ilustración 28: Punto Crítico: intercepción calle Circunvalación y Av. Ejército 58

Ilustración 29: Paradero calle circunvalación con Av. Ejército 59

Ilustración 30: Paradero Clínica San Juan de Dios Av. Ejército: 60

Ilustración 31: Paradero Clínica San Juan de Dios Av. Ejército 60

Ilustración 32: Ubicación de Real Plaza en plano 61

Ilustración 33: Tránsito vehicular en Real Plaza 62

Ilustración 34: Ubicación del paradero informal Entel.....63

Ilustración 35: Paradero Entel 63

Ilustración 36: Ubicación del paradero Claro.....64

Ilustración 37: Paradero Claro Av. Ejército 65

Ilustración 38: Ubicación del Paradero Metro Av. Ejército 66

Ilustración 39: Paradero Metro Av. Ejército.....66

Ilustración 40: Ubicación punto crítico Paradero Ampatacocha Av. Ejército: 67

Ilustración 41: Paradero Ampatacocha.....68

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Ilustración 42: Ubicación del paradero Recoleta 69

Ilustración 43: Paradero Recoleta 69

Ilustración 44: Subdivisiones de la avenida aviación 71

Ilustración 45: Subdivisiones de la avenida Pumacahua 72

Ilustración 46: Subdivisiones de la avenida Ejército 73

Ilustración 47: Ubicaciones de semáforos en la Avenida aviación 78

Ilustración 48: Ubicación de Semáforos Avenida Pumacahua 80

Ilustración 49: Ubicación de Semáforos Avenida Ejército 81

Ilustración 50: intercepción Avenida Pumacahua - calle Hernando de Luque 83

Ilustración 51: Ingreso de vehículos por la avenida Aviación 85

Ilustración 52: Calles de ingreso y salida de vehículos de la avenida Aviación 86

Ilustración 53: Calles de ingreso y salida de vehículos de la avenida Pumacahua 88

Ilustración 54: Calles de ingreso y salida de vehículos de la avenida Ejército 90

Ilustración 55: Ruta A012A Empresa 3 de Octubre 101

Ilustración 56: Ruta A007 Empresa 6 de Diciembre 101

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Ilustración 57: Ruta A019 Empresa 6 de Diciembre 102

Ilustración 58: Ruta C027 Empresa COTUM.....103

Ilustración 59: Ruta C028 Empresa COTUM.....103

Ilustración 60: Ruta E06A Empresa Cerro Colorado SAC 104

Ilustración 61: Ruta P 022 Empresa CETTAR SA.....105

Ilustración 62: Ruta E029 Empresa CETTAR SA 105

Ilustración 63: Ruta E025A Empresa CETTAR SA.....106

Ilustración 64: Ruta E019 Empresa Christus SAC 107

Ilustración 65: Ruta E029 Empresa Ciudad Municipal Arequipa SA 108

Ilustración 66: Ruta A 028 Empresa Cotaspa SA.....109

Ilustración 67: Ruta A029A Empresa Cotaspa SA.....110

Ilustración 68: Ruta E026 Empresa Deán Valdivia.....111

Ilustración 69: Ruta E023A Empresa Deán Valdivia 112

Ilustración 70: Ruta E05A Empresa El Calero SA 113

Ilustración 71: Ruta P E20 Empresa Escorpiones de Bustamante.....114

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Ilustración 72: Ruta E33A Empresa Exenatru 115

Ilustración 73: Ruta E 26A Empresa Florián SA 116

Ilustración 74: Ruta E 004A Empresa Litoral SA 117

Ilustración 75: Ruta E 005A Empresa Litoral SA 118

Ilustración 76: Ruta E 010A-Ruta E019- Ruta P E02 Empresa los Ángeles de Ciudad de Dios 119

Ilustración 77: Ruta E 020 Los Ángeles de Ciudad de Dios 120

Ilustración 78: Ruta E 028 Los Canarios 121

Ilustración 79: Ruta E 023A Los Pioneros 122

Ilustración 80: Ruta E 022B Los Pioneros 123

Ilustración 81: Ruta E017 Empresa Miguel Grau 123

Ilustración 82: Ruta E016 Ruta C C06 Empresa Miguel Grau 124

Ilustración 83: Ruta A 37A Empresa Monterrey 125

Ilustración 84: Ruta P 017 Empresa Peruarbo 126

Ilustración 85: Ruta P 018 Empresa Peruarbo 126

Ilustración 86: Ruta: U03A – U03B - U03C Empresa Primavera Tahuaycani 127

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Ilustración 87: Ruta C032 Santa Clara 128

Ilustración 88: Ruta E008B – 009B Empresa Santo Domingo.....129

Ilustración 89: Ruta E 018A-E 014- E 015 Empresa Sr. De Lampa 130

Ilustración 90: Ruta C 047A Empresa Sr. De Luren 131

Ilustración 91: Ruta A 037 Empresa del Gran Poder 132

Ilustración 92: Ruta P012A- P011A- P031A Empresa Unidos de Hunter 133

Ilustración 93: Ruta E16A Empresa Zamácola 134

Ilustración 94: Datos resultantes del uso de la app Ultimate Stopwatch (se aprecia el número de registros después de la toma de tiempos en la avenida en estudio).....142

Ilustración 95: Datos resultantes de la app Ultimate Stopwatch 143

Ilustración 96: Tratamiento de la información 144

Ilustración 97: Ventana de resultados del Input Analyzer.....145

Ilustración 98: Ejemplo de vuelta en U 154

Ilustración 99: Efecto de vuelta en U en ambas direcciones 155

Ilustración 100: Vuelta en U en Av. Ejército Altura Clínica San Juan de Dios 156

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Ilustración 101: Cambio de dirección de los vehículos que ingresan a las avenidas de estudio provenientes de las vías alimentadoras 159

Ilustración 102: Modelo que representa el control de todos los semáforos de la avenida aviación 185

Ilustración 103: Modulo expresión, centralizando el control de las variables 186

Ilustración 104: Ejemplo de tiempos de control de los semáforos: Tiempo en Rojo, Tiempo en Verde, Tiempo de desfase entre semáforos 186

Ilustración 105: Datos de los semáforos en el modelo Arena.....187

Ilustración 106: Datos de los semáforos en las intercepciones el modelo Arena 188

Ilustración 107: Control de los semáforos de la Av. Aviación agregando el módulo para el inicio de ciclo 189

Ilustración 108: Control de los semáforos de la Av. Pumacahua agregando el módulo para el inicio de ciclo 189

Ilustración 109: Control de los semáforos de la Av. Ejército agregando el módulo para el inicio de ciclo 190

Ilustración 110: Control de los semáforos de la Av. Ejército agregando el módulo para el inicio de ciclo 190

Ilustración 111:Configuración del módulo delay para el control de los semáforos 191

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Ilustración 112: Modelo de simulación de la avenida Aviación distrito de Cerro Colorado 193

Ilustración 113: Ejemplo de control centralizado de los *módulos Create* 194

Ilustración 114: Distribuciones estadísticas de las variables X4, X5, X6 en los 5 turnos 194

Ilustración 115: Creación de la expresión *algoritmoh* para la identificación de los turnos y las asignaciones de las distribuciones estadísticas 195

Ilustración 116: Programación de diferentes distribuciones estadísticas en distintos horarios en el módulo *create* 196

Ilustración 117: Modelo de simulación de la avenida Pumacahua distritos Cerro Colorado-Cayma 197

Ilustración 118: Modelo de simulación de la avenida Ejército distritos Cerro- Cayma-Yanahuara- Cercado 199

Ilustración 119: Adición del campo *ingEjército* en el módulo expresión 200

Ilustración 120: Distribuciones estadísticas de la Avenida Ejército indicando el turno y la vía de acceso a la zona de estudio parte 1 201

Ilustración 121: Distribuciones estadísticas de la Avenida Ejército indicando el turno y la vía de acceso a la zona de estudio parte 2 201

Ilustración 122: Distribuciones estadísticas de la Avenida Ejército indicando el turno y la vía de acceso a la zona de estudio parte 3 202

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Ilustración 123: Modelo de simulación a detalle de la avenida Aviación. 203

Ilustración 124: Modelo de simulación a detalle de la avenida Pumacahua 203

Ilustración 125: Modelo de simulación a detalle de la avenida Ejército 204

Ilustración 126: avenida ejército, lugar donde se hizo el muestreo de los vehículos de transporte público 206

Ilustración 127: Módulos adicionales para la validación de datos 207

Ilustración 128: Campana de Gauss para la validación del modelo 210

Ilustración 129: Uso de la herramienta análisis de datos del Excel para la validación del modelo 211

Ilustración 130: Diagrama de caja y bigote de los datos estadísticos 212

Ilustración 131: Vehículos que están en las calles perpendiculares, algunos de ellos ingresan a la vía de estudio y otros continúan en una ruta diferente 213

Ilustración 132: Tiempo promedio de espera por vehículo a lo largo de toda la vía de estudio 214

Ilustración 133: Número de entidades promedio que ingresan a la zona de estudio ...215

Ilustración 134: Número de entidades en la corrida: 219

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Ilustración 135: Creación de variables para control de los tiempos de inicio de ciclo en el Arena 224

Ilustración 136: configuración del módulo *delay* para la realización de la optimización 225

Ilustración 137: configuración de los semáforos de las intercepciones para que estén sincronizados 226

Ilustración 138: Datos de los nuevos tiempos de ciclo de los semáforos 228

Ilustración 139: OptQuest de Arena, software para la optimización de modelos de simulación 229

Ilustración 140: Selección de los recursos a manipular y configuración de los valores..... 230

Ilustración 141: Selección de variables respuesta 231

Ilustración 142: Función objetivo en el software OptQuest 233

Ilustración 143: ejemplo de restricciones en las vías..... 234

Ilustración 144: configuración de las restricciones 234

Ilustración 145: OptQuest buscando el valor de las variables que minimicen el tiempo de espera en los semáforos..... 235

Ilustración 146: Valores de las variables controladas (tiempo de inicio de ciclo de semáforos) a media corrida 235

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Ilustración 147: Resultados de la corrida del OptQuest del estudio de mejoramiento de tiempos de ciclo de los semáforos 236

Ilustración 148: Copiado de los resultados a las variables creadas en el modelo de simulación 237

Ilustración 149: Resultado tiempo de espera con las mejoras implementadas en la sincronización de los semáforos 238

Ilustración 150: Número de vehículos en todo el sistema 238

Ilustración 151: Ubicación de un tercer carril para ser usado como paradero 241

Ilustración 152: Ubicación de los paraderos después de los semáforos 242

Ilustración 153: Paradero normal a usar en la propuesta 243

Ilustración 154: Paradero Dual a usar en la propuesta 244

Ilustración 155: Propuesta de paraderos en la avenida Aviación 1 249

Ilustración 156: Propuesta de paraderos en la avenida Aviación – Pumacahua- Prolongación Ejército 250

Ilustración 157: Propuesta de paraderos en la avenida Ejército 251

Ilustración 158: Situación actual del paradero Zamácola 257

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Ilustración 159: Propuesta - Asignación de rutas a las estaciones del paradero dual Zamácola 258

Ilustración 160: Situación con la implementación de la mejora - 1 259

Ilustración 161: Situación con la implementación de la mejora - 2 259

Ilustración 162: Situación actual paradero Cerro Viejo 262

Ilustración 163: Propuesta asignación de rutas a los paraderos duales Cerro Viejo 262

Ilustración 164: Situación actual Paradero Circunvalación Av. Pumacahua 263

Ilustración 165: Propuesta paradero dual Circunvalación 266

Ilustración 166: situación actual paradero caja Tacna 267

Ilustración 167: Propuesta paradero dual Caja Tacna 269

Ilustración 168: Situación Actual los Paradero Entel 270

Ilustración 169: Propuesta ubicación de las estaciones del paradero dual Entel 270

Ilustración 170: Propuesta paradero dual Entel 273

Ilustración 171: Situación actual paradero Claro.....274

Ilustración 172: Propuesta paradero Dual Claro.....276

Ilustración 173: Situación actual Paradero Recoleta 277

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Ilustración 174: Paradero Dual Recoleta 279

Ilustración 175: Ejemplo del paradero normal 1 280

Ilustración 176: Propuesta paradero normal 2 281

Ilustración 177: Modelo de simulación con la reforma en semáforos y paraderos – Av. Aviación 283

Ilustración 178: Modelo de simulación con la reforma en semáforos y paraderos – Av. Pumacahua 283

Ilustración 179: Ejemplo variación de tiempos de ciclo de los semáforos 285

Ilustración 180: Resultados de los tiempos de inicio de ciclo en la optimización de semáforos 288

Ilustración 181: Variables a controlar de la optimización en el OptQuest del modelo completo 289

Ilustración 182: Variables respuesta de la optimización en el OptQuest del modelo completo 290

Ilustración 183: configuración de la función objetivo de la optimización en el OptQuest del modelo completo 291

Ilustración 184: OptQuest buscando el tiempo óptimo para el inicio de ciclo de todos los semáforos _1 293

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Ilustración 185: OptQuest buscando el tiempo óptimo para el inicio de ciclo de todos los semáforos _2 293

Ilustración 186: Optimización por partes 1, semáforo 2 al 8 294

Ilustración 187: Optimización por partes 2, semáforo 7 al 14 295

Ilustración 188: Optimización por partes 3, semáforo 14 al 16 295

Ilustración 189: Resultados después de la optimización de tiempos de inicio de ciclo de los semáforos en la propuesta 296

Ilustración 190: Copiado de datos del OptQuest al Arena para la obtención de resultados . 297

Ilustración 191: Resumen de los resultados en Arena- número de vehículos que ingresan a la zona de estudio 298

Ilustración 192: Comparación de costos sistema real con respecto al modelo propuesto de sincronización de semáforos 310

Ilustración 193: Comparación del sistema real con respecto al modelo propuesto de sincronización de semáforos y ubicación de paraderos exclusivos 311

Ilustración 194: Comparación entre ciudad Arequipa – Ciudad Porto Alegre 316

Ilustración 195: Ruta C032 Empresa Santa Clara 319

Ilustración 196: Ruta C033 Empresa Santa Clara 319

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Ilustración 197: Ruta E029 Empresa Ciudad Municipal Arequipa SA 320

Ilustración 198: Ruta A029A Empresa Cotaspa SA.....320

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

TABLAS CONTENIDAS

Tabla 1: Operacionalización de la variable Independiente 7

Tabla 2: Operacionalización de la variable dependiente 8

Tabla 3: Operacionalización de la variable independiente con indicadores 8

Tabla 4: Operacionalización de la variable dependiente con indicadores 8

Tabla 5: División en tramos de la avenida Aviación 74

Tabla 6: División en tramos avenida Pumacahua 74

Tabla 7: División en tramos avenida Ejército 74

Tabla 8: División de tiempos durante el día 75

Tabla 9: Ubicaciones de los semáforos en la avenida Aviación 79

Tabla 10: Tiempo de ciclo de los semáforos de la Avenida Aviación 79

Tabla 11: Ubicaciones de los semáforos en la avenida Pumacahua 80

Tabla 12: Tiempo de ciclo de los semáforos de la Avenida Pumacahua 81

Tabla 13: Ubicaciones de los semáforos en la avenida Pumacahua 82

Tabla 14: Tiempo de ciclo de los semáforos de la Avenida Ejército 82

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Tabla 15: Ubicaciones de los semáforos en las 3 avenidas en estudio 83

Tabla 16: Tiempo de ciclo de los semáforos de las intercepciones de las 3 avenidas en estudio 84

Tabla 17: Variables de salida de vehículos de la vía troncal en estudio en el horario de 6:30 a.m. a 8:30 a.m. 93

Tabla 18: Variables de salida de vehículos de la vía troncal en estudio en el horario de 8:30am a 2:30 p.m. 94

Tabla 19: Variables de salida de vehículos de la vía troncal en estudio en el horario de 2:30 p.m. a 8:30 p.m. 95

Tabla 20: Velocidades promedio por tramo de la avenida Aviación 96

Tabla 21: Velocidades promedio por tramo de la avenida Pumacahua 97

Tabla 22: Velocidades promedio por tramo de la avenida Ejército 97

Tabla 23: Tiempo de recorrido por tramos avenida Aviación 97

Tabla 24: Tiempo de recorrido por tramos de la avenida Pumacahua 97

Tabla 25: Tiempo de recorrido por tramos de la avenida Ejército 98

Tabla 26: Velocidades promedio por tramo de la avenida Aviación 98

Tabla 27: Velocidades promedio por tramo de la Avenida Pumacahua 98

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Tabla 28: Velocidades promedio por tramo de la avenida Ejército.....99

Tabla 29: Tiempo de recorrido promedio por tramo de la avenida Aviación 99

Tabla 30: Tiempo de recorrido promedio por tramo de la avenida Pumacahua.....99

Tabla 31: Tiempo de recorrido promedio por tramo de la avenida Ejército 100

Tabla 32: Nombre y denominación de los datos de entrada (variables endógenas) para el modelo de simulación.....138

Tabla 33: Nombre y denominación de las variables relacionadas con el tiempo de detención (tiempo de procesamiento) en los paraderos 140

Tabla 34: Nombres de las variables a diferentes horas del día.....147

Tabla 35: Distribuciones estadísticas de las variables por Vía de ingreso, Tipo de vehículo y Hora de transito 153

Tabla 36: Nombre de la variable de la Vía de ingreso Clínica San Juan de Dios 157

Tabla 37: Distribución Estadística de la vía de ingreso Clínica San Juan de Dios 157

Tabla 38: Distribución del cambio de dirección de los vehículos que ingresan a las avenidas en estudio según la vía de acceso y el tipo de transporte entre las 6:30 a.m. y las 8:30 a.m. - turno 1.....161

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 39: Distribución del cambio de dirección de los vehículos que ingresan a las avenidas en estudio según la vía de acceso y el tipo de transporte 8:30 a.m. y las 2:30 p.m. – Turno 2 y Turno 3 163

Tabla 40: Distribución del cambio de dirección de los vehículos que ingresan a las avenidas en estudio según la vía de acceso y el tipo de transporte 2:30 p.m. y las 8:30 p.m. – Turno 4 y Turno 5 164

Tabla 41: Distribución de salida de vehículos de la vía troncal en estudio en el horario de 6:30 a.m. a 8:30 a.m. 166

Tabla 42: Distribución de salida de vehículos de la vía troncal en estudio en el horario de 8:30am a 5:00 p.m. 167

Tabla 43: Distribución de salida de vehículos de la vía troncal en estudio en el horario de 5:00 p.m. a 8:30 p.m. 168

Tabla 44: Matriz de variables de los tiempos de detención de los vehículos en los paraderos 171

Tabla 45: Resultados de los tiempos en paraderos de los vehículos de Transporte Público y de Taxi 172

Tabla 46: Tabla de distribuciones estadísticas de variables con tiempos de detención atípicos comparado con los demás paraderos 173

Tabla 47: Distribuciones estadísticas de los paraderos regulares 173

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Tabla 48: Porcentaje de detenciones de los vehículos de Transporte Público en los paraderos de la Avenida Aviación a diferentes horas del día 175

Tabla 49: Porcentaje de detenciones de los vehículos de Transporte Público en los paraderos de la Avenida Pumacahua a diferentes horas del día 176

Tabla 50: Porcentaje de detenciones de los vehículos de Transporte Público en los paraderos de la Avenida Ejército a diferentes horas del día 178

Tabla 51: Porcentaje de detenciones de los Taxis en los paraderos de la Avenida Aviación a diferentes horas del día.....180

Tabla 52: Porcentaje de detenciones de los Taxis en los paraderos de la Avenida Pumacahua a diferentes horas del día.....181

Tabla 53: Porcentaje de detenciones de los Taxis en los paraderos de la Avenida Ejército a diferentes horas del día.....182

Tabla 54: Resultados del análisis de datos del Excel en la validación de resultados 211

Tabla 55: Tiempo promedio de espera por vehículo a lo largo de toda la vía de estudio 214

Tabla 56: Costo del consumo en ralentí de los 3 tipos de vehículos en soles/min 215

Tabla 57: Cantidad de pasajeros por tipo de vehículo.....216

Tabla 58: Costos asociados al tiempo de espera en las colas de los semáforos – situación real 216

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Tabla 59: Tiempo de espera promedio y número de vehículos por paradero- situación actual 218

Tabla 60: Porcentaje de entidades en la corrida 219

Tabla 61: Costos y Horas hombre relacionados con los tiempos de espera por zona – situación real 221

Tabla 62: Resumen de costos, tiempos de espera y horas hombre relacionados con los tiempos de espera por zona – situación real.....222

Tabla 63: Creación de variables para control de los tiempos de inicio de ciclo.....224

Tabla 64: Nuevos tiempos de ciclo de los semáforos.....227

Tabla 65: Nuevos tiempos de ciclo semáforos 2 227

Tabla 66: Tiempo de espera promedio de los vehículos después de la mejora 238

Tabla 67: Costos del sistema después de la mejora.....239

Tabla 68: Tabla resumen y de ahorro al implementar la sincronización de semáforos en las avenidas en estudio con respecto a la situación real 240

Tabla 69: Empresas de transporte público y rutas que circulan por las avenidas en estudio247

Tabla 70: Ubicación de los paraderos antiguos y de los propuestos 252

Tabla 71: Ubicación de los paraderos que no tendrán reformas.....253

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Tabla 72: Asignación de grupos (patrón de ruta) a paraderos duales Avenida Aviación y Pumacahua 254

Tabla 73: Asignación de grupos (patrón de ruta) a paraderos duales Avenida Ejército.....254

Tabla 74: Rutas para la estación 1 del paradero dual Zamácola.....255

Tabla 75: Rutas asignadas a la estación 2 del paradero dual Zamácola 256

Tabla 76: Asignación de rutas a la estación 1 del paradero dual de Cerro Viejo 261

Tabla 77: Asignación de rutas a la estación 2 del paradero dual de Cerro Viejo 261

Tabla 78: Asignación de rutas y empresas a la estación 1 del paradero Circunvalación 264

Tabla 79: Asignación de rutas y empresas a la estación 2 del paradero Circunvalación 265

Tabla 80: asignación de rutas de la estación 1 del paradero dual Caja Tacna.....268

Tabla 81: Asignación de rutas de la estación 2 del paradero dual Caja Tacna.....269

Tabla 82: Asignación de rutas a la estación 1 del paradero dual Entel 272

Tabla 83: Asignación de rutas a la estación 2 del paradero dual Entel 272

Tabla 84: Asignación de rutas estación 1 del paradero dual Claro.....275

Tabla 85: Asignación de rutas estación 1 del paradero dual Claro.....276

Tabla 86: Asignación de Rutas a la Estación 1 del paradero dual Recoleta.....278

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Tabla 87: Asignación de Rutas a la Estación 2 del paradero dual Recoleta.....279

Tabla 88: Tabla de Ubicaciones de paraderos normales que cumplen 2 condiciones.....281

Tabla 89: Tabla de Ubicaciones de paraderos normales que cumplen al menos una condición 282

Tabla 90: Tiempos de ciclo actuales de los semáforos.....286

Tabla 91: Propuesta de tiempos de semáforos.....287

Tabla 92: Resumen de entidades que ingresan al sistema 298

Tabla 93: Costo del consumo de combustible en ralentí 299

Tabla 94: Cantidad de pasajeros por vehículos 299

Tabla 95: Tiempo de espera promedio y número de vehículos por zona – modelo propuesto 301

Tabla 96: Tiempo de espera promedio y número de vehículos por paradero – modelo propuesto 302

Tabla 97: Costos y Horas Hombre relacionados con los tiempos de espera por zona- modelo propuesto 304

Tabla 98: Costos y Horas Hombre relacionados con los tiempos de espera por paradero - modelo propuesto 304

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Tabla 99: Resumen de costos, tiempos de espera y horas hombre del modelo propuesto ...305

Tabla 100: Ahorro de la sociedad de implementar la propuesta de solución 305

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

TABLAS DE ANEXOS

Anexo 1: Modelo de simulación en Arena situación actual Av. Aviación-Pumacahua-Ejército 327

Anexo 2: Modelo de simulación en Arena “Propuesta para la implementación de paraderos Av. Aviación-Pumacahua-Ejército”.....329

Anexo 3: Modelo de simulación en Arena “Propuesta para la implementación de paraderos y sincronización de semáforos Av. Aviación-Pumacahua-Ejército” 331

Anexo 4: Propuesta para la ubicación de paraderos en las Avenidas Aviación-Pumacahua-Ejército 333

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

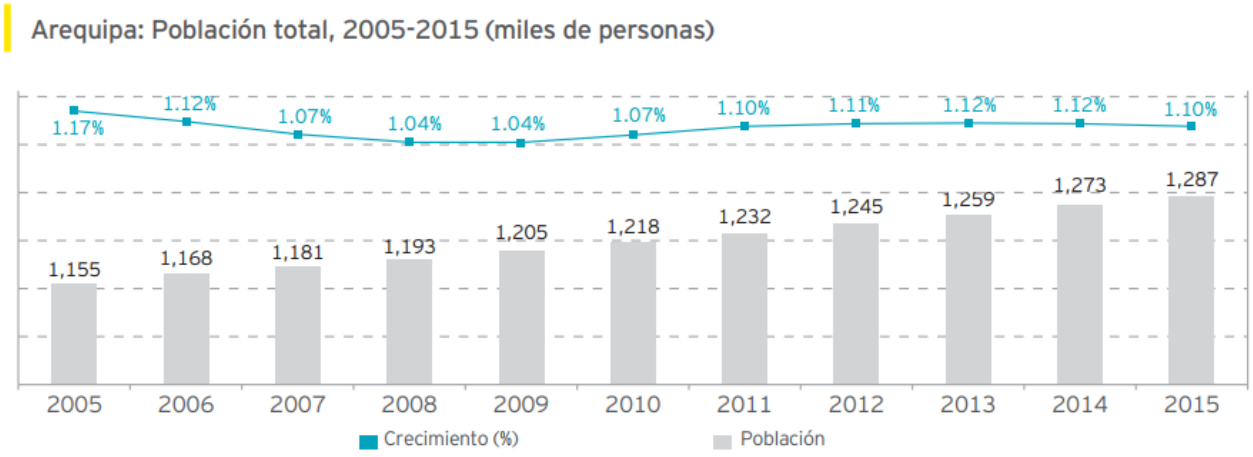
CAPITULO 1. PLANEAMIENTO DE LA TESIS

1.1 IDENTIFICACION DEL PROBLEMA

Las avenidas Aviación – Pumacahua – Ejército representan un cuello de botella en términos de fluidez vehicular para el acceso al centro de la ciudad desde el aeropuerto.

1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Arequipa, nuestra ciudad está creciendo como metrópoli (la economía crece, la población crece, hay más empresas, más centros comerciales, más edificios), esto es bueno hablando económicamente, pero a su vez esto trae consigo problemas como el intenso tráfico que soportamos día a día cuando nos vamos al trabajo, universidad o colegio, y cada año se vuelve más atroz; la poca fluidez es un problema que debemos solucionar si queremos seguir creciendo al ritmo que lo veníamos haciendo.



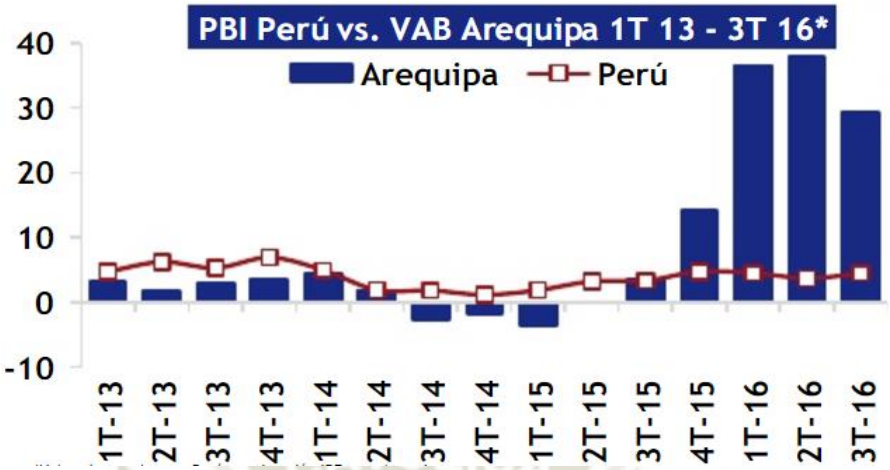
Elaboración: Aurum

Ilustración 1: Arequipa: Población Total, 2005-2015 (AURUM Consultoría y Mercado, 2016)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA



Elaboración: IPE

Ilustración 2: PBI Perú vs VAB Arequipa (Instituto Peruano de Economía, 2016)

En mi afán de resolver esta problemática, o de dar un primer paso para la solución de este problema apuntaré a las avenidas que conecta nuestro aeropuerto con la ciudad, avenidas muy importantes en la actualidad: Las avenidas Aviación – Pumacahua – Ejército.

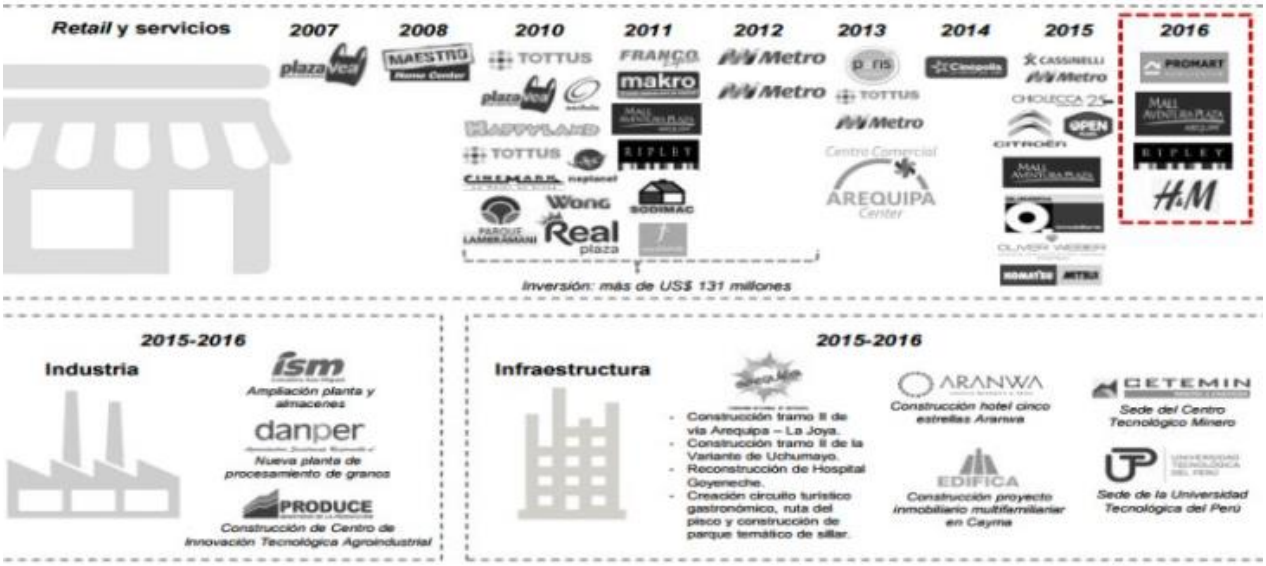
La ciudad de Arequipa, la segunda región más importante del país ha tenido un crecimiento sostenido en los últimos 20 años, superando por momentos al crecimiento del país, en los últimos 7 años ingresaron a nuestra ciudad más de 5 centros comerciales de gran envergadura, tenemos un edificio próximo a inaugurar que es digna de estar en el centro empresarial y financiero de Perú, San Isidro (Lima), una compañía minera que está muy cerca de la ciudad y que es parte importante de nuestro PBI.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Arequipa: anuncios de inversión en diversos sectores, 2007-2016



Elaboración: Gestión

Ilustración 3 Arequipa: Anuncios de inversión en diversos sectores (GESTION, 2016)

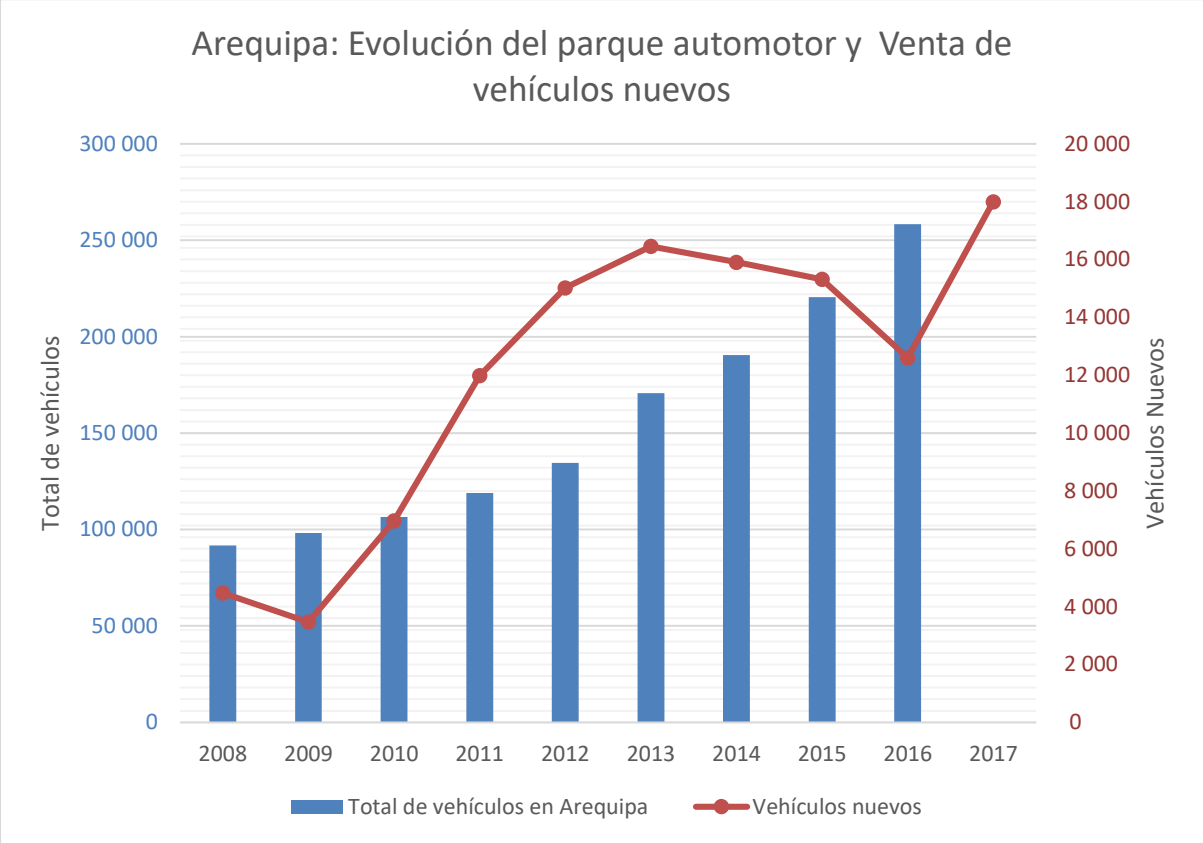
Esto conlleva a la necesidad de las personas de movilizarse por distintas zonas de la ciudad, además de que los vehículos de peso medio para arriba tengan que movilizar enormes cantidades de mercadería hacia los centros comerciales, que después serán comprados por los usuarios finales y llevados nuevamente hacia las empresas y casas; por otro lado, según la Municipalidad Provincial de Arequipa, el turismo también está creciendo, cada año recibimos más visitantes a nuestra ciudad, específicamente por temas de negocios y rubros empresariales; haciendo que las avenidas que conecta el aeropuerto al centro de la ciudad, cada vez, estén más congestionadas, esto sumado a los pueblos jóvenes y asentamientos humanos que por la inmigración y la necesidad de las personas de tener un lugar donde vivir se vienen asentando en el cono norte, teniendo una sola avenida principal (av. Aviación) para el acceso a esas zonas.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Todo lo mencionado hasta aquí, hace que entendamos por qué más personas buscan adquirir vehículos, y una gran cantidad de ellos adquiere los prefiere nuevos, esto si bien es cierto, es positivo para nuestra calidad de vida como sociedad y para nuestra economía, nos hace enfrentar a una realidad y una problemática que es uno de los temas a resolver más importantes para nuestros gobernantes y es *la mejora de la fluidez vehicular.*



Elaboración: Propia

Ilustración 4: Arequipa Evolución del Parque Automotor y Venta de vehículos nuevos (GESTION, 2016) (AURUM Consultoría y Mercado, 2016) (Ministerio de Transportes y Comuniacciones, 2012) (Sin fronteras, 2017)

La solución real y definitiva para mejorar la fluidez vehicular trae consigo el análisis de muchísimos aspectos como mejores vías de circulación; implementación del Sistema Integrado de Transportes; formalización de taxis y vehículos de transporte público; la resistencia al cambio de

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

la sociedad al proponer el uso de medios de transporte distintos a los que ya venían usando y a los que está acostumbrada; una gran fuente de financiamiento; entre otros aspectos. En la presente investigación me enfocaré en brindar solución en unos puntos específicos de la ciudad "Avenida Aviación – Pumacahua-Ejército" y que probablemente no representa un gran problema de transito como la Independencia , Variante de Uchumayo u otros, pero mostraré que es posible dar una solución con pocos recursos y con una reorganización de los atributos propios de una avenida (semáforos, paraderos, etc.), todo esto lo haré en un software de Simulación de Sistemas, propiedad de Rockwell Automación, "**Arena Studio**"; en este software manipularé los atributos que no es posible manipularlos fácilmente en la vida real y con esos resultados propondremos alternativas que mejore la transitabilidad vehicular, además, colocaré las bases para considerar la simulación de sistemas como una herramienta adicional y económica en la solución del intenso tráfico que existe en nuestra Arequipa.

1.3 FORMULACION DEL PROBLEMA

¿CUAL ES EL EFECTO EN LA FLUIDEZ VEHICULAR AL SINCRONIZAR LOS SEMAFOROS Y AGREGAR PARADEROS DE USO EXCLUSIVOS PARA EL TRANSPORTE PÚBLICO EN LAS AVENIDAS DE ESTUDIO?

1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1 Objetivo General

DETERMINAR EL EFECTO EN LA FLUIDEZ VEHICULAR AL SINCRONIZAR LOS SEMAFOROS Y AGREGAR PARADEROS DE USO EXCLUSIVO PARA EL TRANSPORTE PÚBLICO EN LAS AVENIDAS DE ESTUDIO

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

1.4.2 Objetivos Específicos

1. Realizar un diagnóstico situacional del flujo vehicular de las avenidas Aviación - Pumacahua - Ejército.
2. Desarrollar el modelo de simulación en base al diagnóstico situacional en el Software Arena.
3. Representar en el modelo de simulación las herramientas viales a agregar en las avenidas de estudio para después comparar indicadores de costos y tiempos de espera con los indicadores de la situación actual
4. Proponer la alternativa que represente la mejor fluidez vehicular con los menores valores en tiempo de espera y costos mediante la sincronización de los semáforos, ubicación y número de paraderos, entre otros; estos datos de obtendrán con el uso del OPTQUEZ del Arena (herramienta de optimización)

1.5 HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

1.5.1 Hipótesis

"LA SINCRONIZACIÓN DE SEMÁFOROS Y LA UBICACIÓN DE PARADEROS ESTRATÉGICAMENTE POSICIONADOS EN LA VIA INFLUYEN SIGNIFICATIVAMENTE EN LA FLUIDEZ VEHICULAR DE LAS AVENIDAS EN ESTUDIO"

1.6 VARIABLES

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Centrémonos en las avenidas en estudio, nuestro objetivo es mejorar la **fluidez vehicular** para esto necesitamos experimentar, es decir, manipular algunos **atributos dentro de la avenida (sincronización de semáforos y ubicación de los paraderos exclusivos para el transporte público**) y ver qué efectos tiene en la fluidez, esto lo haré en el **modelo de simulación**, con esta premisa podemos describir nuestras variables, a continuación, muestro la operacionalización de las variables:

TIPO DE VARIABLE	VARIABLE	DEFICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	Dimensiones
Independiente	Modelo de simulación representativo de las avenidas en estudio	Diseño lógico-matemático de un sistema real que reproduce sus condiciones, su comportamiento operacional y dinámico, para estudiarlo y probarlo, con el objetivo de lograr un mayor grado de conocimiento en la toma de decisiones (Torres vega, 2010)	Es el modelo implementado en el software Arena 14.0 que representa virtualmente el flujo vehicular y las características propias de las avenidas en estudio para, posteriormente, manipular sus parámetros (**dimensiones**) y observar sus efectos.	Sincronización de semáforos de las avenidas de estudio representado en el modelo de simulado.
				Ubicación de paraderos estratégicamente posicionados de uso exclusivo para el transporte público en un tercer carril en las avenidas en estudio representado en el modelo simulado.

Tabla 1: Operacionalización de la variable Independiente

TIPO DE VARIABLE	VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL
Dependiente	FLUIDEZ VEHICULAR	Es la velocidad media de recorrido, definida como el cociente del espacio andando por el vehículo y el tiempo de recorrido	Es la velocidad promedio con la que los vehículos recorren las avenidas Aviación – Pumacahua-Ejército.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

		correspondiente a ese espacio. (Montoya, 2015)	

Tabla 2: Operacionalización de la variable dependiente

TIPO DE VARIABLE	VARIABLE	Dimensiones	
Independiente	Modelo de simulación	Sincronización de semáforos en las avenidas de estudio	Se sincronizarán todos los semáforos a lo largo de las avenidas Aviación –Pumacahua –Ejército de forma que se obtenga el menor tiempo de espera por semáforo con la herramienta OptQuest del Arena
		Ubicación de paraderos estratégicamente posicionados de uso exclusivo para el transporte público en un tercer carril en las avenidas en estudio	De forma estratégica y considerando la demanda por parte de usuarios del servicio se ubicarán en las avenidas Aviación-Pumacahua -Ejército paraderos que únicamente podrán usar los vehículos de transporte público, estos paraderos se implementarán en un carril adicional a los ya existentes

Tabla 3: Operacionalización de la variable independiente con indicadores

TIPO DE VARIABLE	VARIABLE	Indicador
Dependiente	Fluidez Vehicular	• Tiempo de espera promedio en semáforos • Tiempo de espera promedio en paraderos • Costo del Tiempo de espera promedio en semáforos • Costo del Tiempo de espera promedio en paraderos

Tabla 4: Operacionalización de la variable dependiente con indicadores

1.7 JUSTIFICACION DEL PROBLEMA

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- Las avenidas en mención necesitan un tránsito fluido no solo para las personas que viven por los alrededores sino para aquellos visitantes que requieren llevarse de nuestra ciudad la mejor de las impresiones.
- Este estudio servirá como precedente para futuros proyectos de mejoramiento de transitabilidad vehicular.
- Es necesario demostrar a las autoridades que antes de hacer alguna obra para mejorar la transitabilidad es recomendable hacer un estudio de simulación para ver cuál sería el impacto en la fluidez del tránsito, cuáles son las medidas óptimas de las vías y en qué medida ayudaría a la sociedad.
- Las personas tienen que levantarse más temprano para llegar a tiempo a sus trabajos, universidades y demás actividades porque saben que estarán atrapados en el tráfico, en esto se pierde un montón de horas hombre, lo que representa pérdida en productividad para la ciudad.
- El hecho que los vehículos estén atascados en el tráfico incurre en pérdidas económicas por el combustible que se está mal gastando y la respectiva contaminación al ambiente.

1.8 LIMITACIONES DE LA INVESTIGACION

- Un estudio de este tipo requiere de un número importante de personas yendo a tomar tiempos de llegada y de detención, en nuestro caso seremos lo más eficiente con los recursos humanos que poseemos.
- La continua actualización de software y el respectivo costo asociado para el desarrollo del modelo de simulación, puesto que usé la versión 14 del Arena Studio cuando existe una versión con mejores prestaciones que es la 15.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- Hablando un poco de la implementación de la propuesta, es lógico darse cuenta que una limitación importante para la puesta en marcha de la presente propuesta es la voluntad política de nuestros gobernantes además de todos los temas burocráticos y económicos correspondientes.
- Será necesario adicionalmente la compra de dispositivos electrónicos que nos ayuden con el orden del tránsito, así como hacer obras civiles.

1.9 UNIDAD DE ESTUDIO

Se va a investigar un modelo de simulación que represente el comportamiento del flujo de tránsito en las avenidas Aviación – Pumacahua - Ejército para, con el modelo, manipular algunas variables y demostrar que es posible mejorar la transitabilidad y así desarrollar propuestas de mejora de flujo vehicular.

1.10 DELIMITACIÓN GEOGRÁFICA Y TEMPORAL

En lo geográfico: me enfocaré a las Avenidas Aviación– Pumacahua - Ejército que corresponden al Distrito de Cerro Colorado, Cayma, Yanahuara, Cercado que corresponden al departamento de Arequipa.

En lo temporal: la toma de datos se hará dentro de los meses de agosto, octubre, noviembre, diciembre. El desarrollo del modelo y la propuesta de simulación se harán en los meses de febrero, marzo, abril y mayo.

1.11 VIABILIDAD PARA HACER EL ESTUDIO

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

La investigación es viable ya que se cuenta con los equipos informáticos mínimos indispensables, el software necesario, los recursos económicos suficientes y la capacitación adecuada para el manejo de todo lo descrito.

Por otro lado, existe la necesidad de las personas de mejorar nuestro sistema de tránsito, quedando como precedente para futuras investigaciones de mejoramiento de transitabilidad y asentando la necesidad de realizar un modelo de simulación dentro la formulación de un proyecto como By Pass, puente, avenida, entre otros y determinar el impacto en el flujo vehicular de las avenidas próximas.

1.12 DISEÑO METODOLOGICO

1.12.1 Descripción de la investigación

1.12.1.1 Tipo de estudio

La presente investigación es de tipo DESCRIPTIVA EXPERIMENTAL, pues definiremos las *características propias* de la avenida aviación en cuanto a la fluidez vehicular mediante nuestro diagnóstico de la situación actual. Por otro lado, y tomando como referencia el tipo de investigación explicativa, trataremos de dar a conocer el porqué, es que, se congestiona la avenida aviación y, *manipularemos nuestro modelo de simulación* (variable independiente) para ver qué pasaría SI movemos ciertas características de la situación actual, como por ejemplo semáforos y paraderos; lo que se quiere es demostrar como con un simple arreglo de principalmente estos aspectos se pude mejorar la fluidez del tránsito vehicular; lo dicho anteriormente hace a nuestra investigación tipo EXPERIMENTAL; ya redundando un poco, daré a conocer posibles alternativas para la mejora de la fluidez vehicular en dicha avenida.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

1.12.1.2 Universo y muestra

1.12.1.2.1Universo

Dentro de la investigación tenemos como universo a todos vehículos que circulan diariamente por las avenidas Aviación - Pumacahua- Ejército considerando todo tipo de vehículos, livianos y pesados, transporte personal, público, colectivo, etc.

Según mi investigación exploratorio aproximadamente 14000 vehículos circulan diariamente por las avenidas en estudio en un solo sentido (norte-sur).

La toma de datos (intervalo de llegada de vehículos) se hizo en todos los puntos por donde ingresan vehículos a la zona de estudio, un día completo por cada lugar de ingreso. Para la elección de los días se utilizó el **muestreo aleatorio simple** (cada día tiene la misma posibilidad de ser incluido), considerando solo días de lunes a viernes que tengan un comportamiento normal, es decir que no haya eventos como huelgas o feriados que podrían afectar los resultados del estudio.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

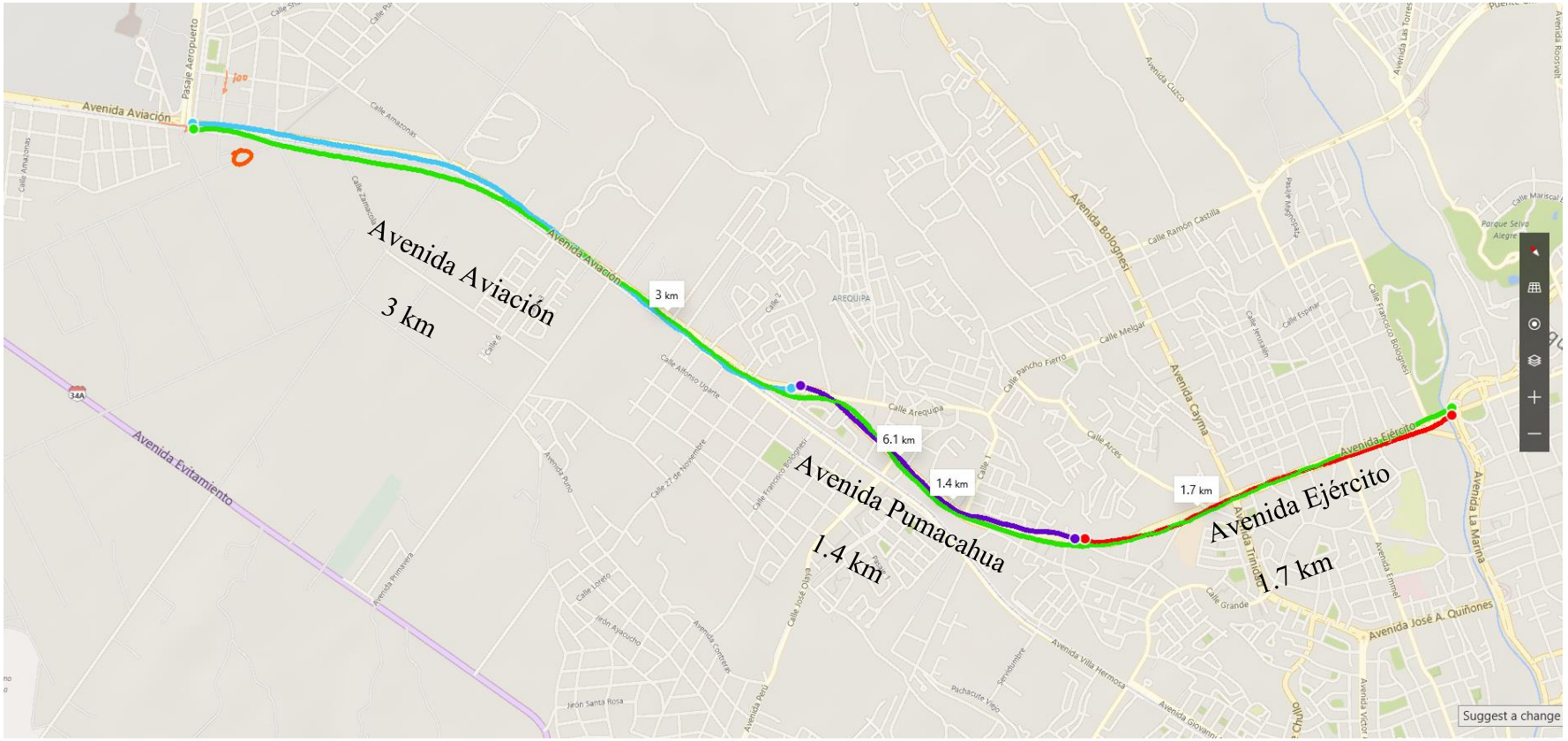


Ilustración 5: Avenida Aviación

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

1.12.1.2.2Muestra

Para nuestra muestra, tomaremos el siguiente criterio de selección: es lógico que lo que se quiere es mejorar la fluidez del tráfico vehicular, también es lógico que existe momentos durante el día en el que los vehículos se aglomeran dificultando el acceso; por lo tanto, si solucionamos o mejor dicho mejoramos la fluidez del tránsito en las horas puntas, prácticamente estaremos mejorando la fluidez durante el resto del día.

Bajo lo dicho anteriormente y según un análisis preliminar es que ubicamos las horas punta, y estas son:

- En la mañana de 7:30 am a 8:30 am,
- A medio día de 1:00 pm a 2:00 pm, y
- En la noche de 6:30 a 8:00 pm

Entonces, según esto tomaremos como muestra los vehículos que ingresan a la avenida aviación en esos 3 turnos, es decir, la toma de tiempos para la construcción de nuestro modelo será en esos horarios, redundando un poco, si demostramos que es posible mejorar la fluidez en las horas punta estaremos solucionando la fluidez en el resto de horas del día.

1.12.1.3 Tipo de diseño

EL diseño es LONGITUDINAL, porque haremos el estudio no en un instante determinado, sino a lo largo los 12 meses que tenemos planteado que dure la investigación.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

CAPITULO 2. MARCO TEORICO

2.1 Historia de la simulación

Es bueno conocer un poco de la historia de la herramienta principal que usaremos en la presente investigación. La simulación nace por 1940 resultado de la unión de dos ciencias *Computación Digital y la Investigación de Operación,* ambas creadas por Charles Babbage (1791-1871), a su vez por esos mismos años John Von Neuman acuño el término "Análisis de Montecarlo" a una técnica matemática que se usaba en esos tiempos para resolver problemas de protección nuclear que eran muy costosos de hacerse experimentalmente, así lo indica (Corrales Delgado, 1998), entonces vamos entendiendo que la simulación es una herramienta que representa un sistema real y que tiene como objetivo optimizar un proceso sin que esto implique realizarlos de manera experimental, de forma que se ahorra tiempo y dinero.

Hagamos mención a las "transformadas de Laplace"; cabe mencionar que antes que se utilizaran las computadoras, las técnicas de simulación no fueron desconocidas para los matemáticos de la época, estos se basaban en transformadas de Laplace para hacer sus simulaciones, pues permitían realizar pruebas sucesivas sin invertir demasiado tiempo, pero esto involucraba un conocimiento avanzado en las ciencias matemáticas, en la actualidad las computadoras sustituyen el medio matemático para hacer la simulación por lo que no es necesario tener un gran conocimiento de las ciencias puras (Corrales Delgado, 1998).

Por otro lado, esta herramienta se potenció demasiado cuando las computadoras se desarrollaron y podían realizar problemas demasiado complejos en apenas segundos, un ejemplo un poco más aplicado a la industria es el que menciona (Lander Simulation, 2002) en 1960, Keith

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Douglas Tocher desarrolló un programa de simulación general cuya tarea principal era la de simular el funcionamiento de una planta de producción donde las máquinas ciclaban por estados: *Ocupados, Esperando , No disponible y Fallo*; de manera que las simulaciones en los cambios de estado de las máquinas marcarán el estado definitivo de la producción de la planta, este trabajo produjo el primer libro sobre simulación: The Art Of Simulation (1963). Complementariamente a estas investigaciones el Royal Norwegian Computing (Centro de computación de Noruega) inició en 1961 el desarrollo de SIMULA que es probablemente el lenguaje de programación más importante de la historia para la simulación de procesos y del cual se derivaron los que en la actualidad se utilizan, por ejemplo, SIMAN.

Por último, en 1967 se fundó el WSC (Winter Simulation Conference), lugar donde se archivan los lenguajes de simulación y aplicaciones derivadas desde ese año hasta la actualidad, siendo en estos momentos un referente en cuanto a avances en el campo de sistemas de simulación se refiere. (Winter simulation Conference, 2014).

En la actualidad existe un número considerable de empresas que brindan servicios de simulación de procesos, estas se basan en el uso de un computador y no es necesario programar sistemas expertos (aunque de todas formas se puede realizar) o software dedicados, pues existe plataformas ya diseñadas en las que se puede representar un sistema real, tenemos por ejemplo PathFinder, Arena 14.0, Simulink, Lander Simulation, entre otras, lo único que necesitamos es tener conocimientos en estadística, saber el lenguaje de programación del software y el suficiente criterio para representar un sistema real.

2.2 Simulación de sistemas

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

En primer lugar, hablemos de lo que en realidad es la simulación de sistemas o la también llamada simulación de procesos.

2.3 Definiciones de Simulación de sistemas

Según ROCKWEL AUTOMATION, que es el software que usaré en la investigación, dice que la simulación es:

"La herramienta mediante la cual podemos evaluar las alternativas posibles para determinar el mejor enfoque para optimizar el rendimiento y a su vez comprender la influencia de las métricas clave, tales como costos, rendimiento, tiempos de ciclo, la utilización del equipo y la disponibilidad de recursos en el rendimiento general" (Rockwell Automation, s.f.), notamos que la definición que le da Rockwell Automación está un poco orientada al ámbito industrial, pues representa su mercado más importante. Algunos de los sectores donde Arena Studio tiene aplicaciones según su propia página web son:

- Manufactura
- Minería
- Gobernación y Milicia
- Servicio al Cliente
- Puertos y Terminales
- Empacado
- Salud
- Cadena de Suministro
- Centro de llamadas

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

- Sector Retail
- Logística

A continuación, presento uno de los casos aplicativos hecho en Arena Software y que ellos mismos publican en su web.



Fuente: Arena software

Ilustración 6: Planeación para la expansión del canal de Panamá

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Por otro lado, según THUNDER HEADENG, especialistas en modelos de simulación de evacuación, dice que la simulación es:

El medio a través del cual se permite la representación gráfica de recursos y se evalúan los modelos de evacuación más rápidamente. (Thunderheadeng, s.f.), aquí notamos también que se tiene un concepto de simulación con tendencia a la actividad que realiza THUNDER HEADING.

Tenemos otra definición de simulación un poco más realista y cercana a lo que se quiere lograr en la presente investigación:

"Simulación es la técnica numérica para conducir experimentos en una computadora digital. Estos experimentos comprenden ciertos tipos de relaciones matemáticas y lógicas, las cuales son necesarias para describir el comportamiento y la estructura de sistemas complejos del mundo real a través de largos periodos de tiempo" (Llican Calderon,UNMSM)

Otra definicion importante es la que tuve en el IX semestre de mi vida universitaria de pregrado, la cual se obtuvo del docente J. Torres de la Universidad de Lima, que dice: "Simulación de Sistemas es el proceso de diseñar un modelo lógico-matemático de un sistema real y reproducir sus condiciones, su comportamiento operacional y dinámico, para estudiarlo y probarlo, con el objetivo de lograr un mayor grado de conocimiento en la toma de decisiones, la simulación evalúa con precisión el desempeño de un sistemas por complejo que este sea. La simulación genera un escenario virtual en el que los cambios no cuestan como en la realidad. Permite validar si se esta tomando la mejor decisión o no" (Torres vega, 2010)

Como conclusión general podemos decir que:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

La simulación es aquella técnica que consiste en crear modelos basados en los hechos, observaciones y situaciones reales sobre un entorno (en este caso sobre un software) con la intención de estudiar el comportamiento de los mismos, mediante la manipulación de variables y la observación de los resultados; con la finalidad de tomar y evaluar decisiones que optimicen nuestros resultados, sin incurrir en costos elevados.

Teniendo un concepto claro acerca de lo que es la simulación podemos definir sus características principales.

2.4 Ventajas y desventajas de la simulación

Presento las ventajas y desventajas que se tiene para la realización de la simulación como lo presenta (Llican Calderon) en su investigación.

2.4.1 **Ventajas**

- Se puede estudiar el efecto de cambios internos y externos del sistema.
- Mejor entendimiento del sistema.
- Puede ser utilizada como un instrumento pedagógico.
- Puede ser utilizada para experimentar nuevas situaciones.
- Puede ser utilizada para el entrenamiento del personal.

2.4.2 **Desventajas**

- Se requiere equipos informáticos de buenos recursos.
- Se requiere personal humano capacitado y por lo tanto costoso.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

- Se requiere bastante tiempo para desarrollar y perfeccionar un modelo de simulación.
- Muchas veces la alta administración no acepta la idea.

2.5 Sistema

Pueden darse varias definiciones de sistema.

- Conjunto de elementos que trabajan organizadamente y tienen un objetivo final en común (Alegsa, s.f.).
- Conjunto de elementos usados para ejecutar un proceso para cual se requiere, además, recursos y controles. Así un sistema comprende un proceso, pero también incluye los recursos y controles para poder realizar el proceso (Torres vega, 2010).
- Conjunto de elementos que interactúan entre ellos y cuya iteración interesa estudiar (Delatre, 1971).
- Conjunto de elementos que interactúan entre sí, con un fin común, que aísla del universo para su estudio (Facultad de Ingeniería - Universidad de Buenos Aires, 2010).

Notemos que, no se hace énfasis en definiciones más exactas y profundas de *sistema* porque no es objetivo de la investigación, pero con lo que tenemos es suficiente para decir que un sistema es: *un conjunto de elementos que se relacionan entre sí y trabajan de forma organizada para obtener un determinado fin,* dentro de la simulación de procesos la definición corresponde a todas las actividades, a todos los recursos y todos los controles que relacionados con las entidades de salida y entidades de llegada cumplen el objetivo.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

2.5.1 **Elementos de un Sistema**

Después de analizar la información recolectada y de darle a *sistema* un enfoque dentro de la simulación podemos hacer la siguiente clasificación:

2.5.1.1 Entidades:

Son los ítems que transitan por el sistema para ser procesados o recibir un servicio, no pertenecen al sistema en sí, el sistema trabaja para ellos.

Tenemos 3 tipos (Torres vega, 2010)

- Animados: clientes de un supermercado, pacientes de una clínica
- Inanimados: productos, piezas, documentos
- Intangibles: llamadas telefónicas correos electrónicos, proyectos

2.5.1.2 Actividades :

Son las tareas que se realizan en un sistema; pueden estar involucrados directa o indirectamente con las entidades, las actividades tienen duración y generalmente se usa recursos para su realización, (Torres vega, 2010) ejemplos:

- Proceso de entidades: Corte de pieza, servicio de clientes.
- Movimiento de entidades y de recursos: Transporte de pacientes.
- Ajuste mantenimiento y reparación de recursos: Programar una máquina o repararla.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

2.5.1.3 Recursos

Los medios para que las actividades puedan realizarse, ejemplo proveen el soporte de máquinas, equipos, personal y facilidades en general para llevar a cabo las actividades, tenemos 3 tipos (Torres vega, 2010):

- Humano o animados: operadores en una empresa, doctores y enfermeras en una clínica.
- Inanimados: equipos, herramientas, dinero, espacio de almacenamiento.
- Intangibles: información, tiempo, energía eléctrica.

2.5.1.4 Controles:

Los controles manejan como, cuando y donde son ejecutadas las actividades; también determinan las acciones que se deben tomar cuando cierto evento o condición ocurre. (Torres vega, 2010), presento los siguientes ejemplos:

- Inicio y fin de la ejecución de las actividades
- Priorización y secuenciación de actividades
- Orden de atención a pacientes
- Programas de producción

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

2.5.1.5 Atributos

Son variables asociadas exclusivamente a las entidades, es decir estas almacenan valores propios de las entidades. Las entidades poseen información característica de ellas mismas.

Ejemplo:

- Hora de llegada de los vehículos (entidad) a la avenida.

2.5.1.6 Variables Globales

Este tipo de variables son utilizadas en el modelo de simulación y al igual que en el caso anterior guardan algún tipo de información que no está asociada específicamente a una entidad, pero si esta información es accesible para las entidades, las variables globales pueden ser de una o dos dimensiones como vectores o matrices.

Ejemplo: número de vehículos (entidades) en el semáforo en rojo.

2.5.2 **Variables del Sistema dentro del estudio**

En el diseño de nuevo sistema de cualquier ámbito existe variables independientes y dependientes que se relacionan de alguna manera entre ellos, por lo que, para completar el modelado es indispensable un alto entendimiento de esta interrelación, además es importante conocer que existen otro tipo de variables (dentro de la teoría de simulación de sistemas) como las variables de estado, a continuación, presento el significado de cada una de estas variables:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

2.5.2.1 Variables de decisión (X)

En palabras sencillas puedo decir que representa la variable independiente, dándose la posibilidad de alternar o controlar estas variables para ver los efectos, nótese que cada vez que esto cambia se afecta el comportamiento del sistema. El control de esta variable debe tener criterios técnicos (Torres vega, 2010).

Ejemplos:

- Número de operarios en una línea de producción.
- Número de cajeros en un banco.

2.5.2.2 Variables de respuesta (Y)

Llamadas variables de *performance* o variables dependientes ya que miden el desempeño del sistema en respuesta a alguna variable de decisión (Torres vega, 2010).

Ejemplos:

- Tiempo en que un cliente está en un banco (depende del número de cajeros).
- Número de entidades procesadas en un determinado tiempo.

2.5.2.3 Variables de estado:

Se refiere a aquellas variables que no cumplen un papel específico en la simulación (como variable dependiente o independiente), pero que me sirven para describir el estado de alguna función:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Ejemplos:

- Número de vehículos en el circulando en una avenida.
- Número actual de entidades en cola, número de recursos que están siendo utilizados en un determinado tiempo.
- Estado de una máquina, o en nuestro caso estado de un semáforo.

2.5.2.4 Clasificación de variables de acuerdo al grado de control

En este punto es importante hacer una nueva clasificación de las variables de acuerdo al grado de control que se tiene entre ellas.

2.5.2.4.1 Variables endógenas:

Son aquellas variables que en un determinado nivel se puede predecir a través de modelos matemáticos o estadísticos.

Ejemplo:

- Tiempo entre ingreso de vehículos al sistema.
- Tiempo de procesamiento de solicitudes en una municipalidad.

Estas son variables que se más o menos conocemos su comportamiento.

2.5.2.4.2 Variables exógenas

Son aquellas variables de las que no se tiene absoluto conocimiento de su ocurrencia.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Por ejemplo:

- En una avenida el semáforo se malogre.
- El alcalde al procesar las solicitudes decida simplemente no revisarlas.

Variables que en cualquier momento podrían pasar sin el investigador tener un control sobre ellas. En mi caso al hacer el estudio consideraré que todas las variables pertenecientes al sistema son endógenas, por lo tanto, podemos describir estadísticamente su comportamiento.

2.5.3 **Modelo:**

Desde la perspectiva de la simulación un modelo es una representación simplificada del sistema y de sus relaciones, tales como relaciones "causa-efecto", relaciones de flujo y relaciones de espacio y tiempo.

El propósito del modelado de sistemas es entender, predecir, controlar y mejorar el comportamiento o desempeño del sistema. El modelado comienza con el estudio y análisis actual del sistema, con el propósito de desarrollar un concepto de cómo trabaja el sistema nuevo y compararlo con el ya existente (Torres vega, 2010), notamos que el autor es bastante específico y claro al definir el modelamiento de un proceso como la representación de un sistema real, el cual después será objeto de estudio.

Debemos tener en cuenta según lo estudiado e investigado que existen diferentes formas de clasificar los modelos; sin embargo, podemos mencionar algunos tipos como los denominados modelos simbólicos (los más conocidos por la mayoría de personas) representados por los diagramas de flujos, los modelos analíticos o fórmulas matemáticas que producen resultados

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

cuantitativos; y los modelos de simulación capaces de reproducir el mismo comportamiento que ocurre en el sistema actual. Un modelo de simulación debería ser visto esencialmente como una herramienta "que pasa si", que permita al diseñador experimentar con diseños alternativos y estrategias para ver el impacto que aquellas decisiones tienen en el sistema global.



Fuente: (Flexim)

Ilustración 7: Elementos de un sistema

2.6 Características de la simulación

- Capta la interdependencia que existe entre los elementos del sistema.
- Considera la viabilidad en el sistema.
- Es suficientemente versátil como para modelar cualquier sistema.
- Muestra el comportamiento del sistema dinámico.
- Provee información estadística sobre múltiples indicadores de desempeño.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

2.7 Tipos de simulación

La simulación y en general los modelos de simulación se pueden clasificar de acuerdo a diferentes criterios, consideramos varios puntos de vista para la clasificación.

2.7.1 En función del objetivo de estudio (Llican Calderon)

2.7.1.1 Análisis de sistemas

Se busca imitar el comportamiento de la naturaleza para entender o mejorar el desempeño.

2.7.1.2 Educación y la captación

Donde el primer objetivo es entender los conceptos y luego la aplicación de estos.

2.7.1.3 En la investigación

Esto involucra la creación de un ambiente artificial, en el cual los sistemas que lo componen pueden ser probados, comprados o contrastados.

2.7.2 En función al avance del tiempo (Torres vega, 2010)

2.7.2.1 Simulación estática

El avance del tiempo no se considera; es decir, es la representación gráfica del sistema en un instante específico de tiempo. Involucra a menudo muestras aleatorias para generar reportes estadísticos, también se le llama “Simulación de Montecarlo”. Muy utilizado, por ejemplo, en las finanzas se le usa para la simulación de la selección de cartera de inversiones.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

2.7.2.2 Simulación Dinámica

Incluye el paso del tiempo, un mecanismo de reloj mueve el avance del tiempo y el de estado de las variables del sistema son actualizadas. La simulación dinámica se ajusta para analizar los sistemas de manufactura y de servicios, dado que ellos operan en el tiempo.

Dentro de estos también tenemos 2 tipos:

2.7.2.2.1 Simulación Discreta:

Es la simulación en la existen eventos que no necesariamente dependen del tiempo y que producen valores fijos y estables en un determinado momento y tanto de entrada como de salida.

Ejemplo: cajas en un proceso de producción.

En la simulación discreta, las variables de estado del sistema cambian con la ocurrencia de eventos en el sistema, mientras no ocurra un evento los valores de las variables permanecen constantes (Torres vega, 2010).

2.7.2.2.2 Simulación Continua

Es la simulación en la que el simple paso del tiempo produce ya un cambio en los valores de los parámetros estudiados, por ejemplo, nivel de H2SO4 (ácido sulfúrico) en el tanque de lixiviación de una mina.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

En la simulación continua, el estado del sistema está representado por variables dependientes que cambian de valor continuamente con el simple avance del tiempo; por ello el valor de estas variables se rige por una ecuación diferencial en función del tiempo (Torres vega, 2010).

2.7.3 **En función del uso de variables aleatorias (Wolf Rojas, 2011)**

2.7.3.1 Simulación determinística

Es un modelo matemático donde las condiciones iniciales producen siempre las mismas salidas, Se da cuando los sistemas tienen entradas y salidas constante. Estos son construidos de la misma manera que los probabilísticos o estocásticos, excepto que no poseen aleatoriedad. El resultado de una única corrida de simulación representa la medida exacta del desempeño de un modelo.

2.7.3.2 Simulación estocástica o probabilista

Se da cuando los modelos se basan en una o más variables de entrada cuya naturaleza es aleatoria. Un modelo estocástico tiene entradas aleatorias, entonces produce salidas aleatorias. En un modelo estocástico muchas réplicas de simulación (muestras) deben ser realizadas; entonces, el resultado es un promedio de la replicas y provee solo un estimado del desempeño del modelo.

Es importante recalcar que, decir que una variable del modelo es aleatoria no significa que es indefinida o impredecible; por el contrario, el fenómeno que está siendo modelado tiende a variar estadísticamente. Estas variaciones estadísticas del fenómeno se pueden ajustar a predicciones probabilísticas.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

2.7.4 En función de la continuidad de la ocurrencia de los eventos (Facultad de Ingeniería - Universidad de Buenos Aires, 2010)

Esta clasificación ya la habíamos tocado antes en Simulación Dinámica ahora les indicaré cual es la definición dada por una reconocida universidad de Argentina (Facultad de Ingeniería - Universidad de Buenos Aires, 2010).

2.7.4.1 Simulación discreta

Es aquella en la que los eventos se dan en puntos discretos de tiempo, con lo cual se actualizan los valores de las variables de estado del modelo en dichos puntos. Es decir, existe un intervalo de tiempo variable entre la ocurrencia de un evento y la de otro, ejemplo arribo de clientes a un supermercado (Corresponde a los números Naturales).



Fuente: istock

Ilustración 8: Ingreso de clientes a un supermercado

2.7.4.2 Simulación continua

Es aquella en la que las variables de estado del modelo cambian continuamente respecto del tiempo. Es decir, el intervalo de tiempo entre la ocurrencia de un evento y otro se puede

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

considerar infinitesimal, ejemplo la temperatura del proceso de hervido de cerveza artesanal (la temperatura puede tomar valores decimales y corresponde a los números Racionales).



Ilustración 9: Temperatura en el proceso de fabricación de la cerveza

2.8 Fases de un proyecto de simulación

Al hablar de simulación de sistemas, según lo ya aprendido, podríamos decir que se basa esencialmente en el modelamiento del Sistema y en la ejecución (o corrida) de la simulación, como lo mencionan algunos autores, pero si queremos ser un poco más específicos con la estructura de un proyecto de simulación podemos decir que en la presente investigación, después de la revisión de material relacionado al tema, nos quedamos con la siguiente disposición (Torres vega, 2010):

2.8.1 **Definir el problema y lo que se quiere lograr**

Sabemos que, para dar solución a cualquier problema, como los que alguna vez los tuvimos en nuestra vida universitaria, no es suficiente expresar el problema en términos generales sino que como lo dice (Llican Calderon) y (Torres vega, 2010) es importante definir su problema entendiendo el contexto, identificando los objetivos que definen la razón y el propósito de llevar a cabo el proyecto de simulación, lo que los autores nos quieren decir es que debemos, primero,

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

conocer la empresa (o lugar donde haremos la investigación) para después interiorizar y conceptualizar sus problemas de forma que entendamos el por qué haremos la investigación.

Tenemos una propuesta para la identificación de los objetivos (Arango, 1993)

- ¿Cuál es el propósito de la simulación?
- ¿Para quién es el modelo?
- ¿Qué tan importantes serán las decisiones que se tomarán como resultado de la simulación?
- ¿Cuál es su presupuesto?
- ¿Cuál es la fecha límite para finalizar el proyecto?

2.8.2 **Obtención y análisis estadístico**

En nuestro caso la obtención de datos proviene de realizar un estudio de tiempos y entrevistas personales con los operadores del sistema.

Este proceso es de vital importancia para la validación de los resultados, que es uno de los pasos finales y que verifica que nuestra investigación está bien realizada, adicional a esto la obtención de datos implica tiempo y costo, por lo que, se debe ejecutar sistemáticamente para construir un modelo apropiado.

Una vez obtenidos los datos, estos deben pasar un proceso de ajuste, en el que básicamente se emplea un algoritmo matemático para asignarle una distribución de probabilidad teórica como las que menciona (Torres vega, 2010) exponencial, uniforme, triangular, normal, etc.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

2.8.3 **Construcción del modelo simulación**

Según la bibliografía buscada y bajo la guía principal de (Torres vega, 2010) podemos decir que el diseñador debe plasmar el modelo antes preconcebido en el computador, en este caso específicamente al software Arena 14.0, teniendo en cuenta que el mejor modelo no es el que sea completamente real, sino el que sea más útil, hay que tener en cuenta que la utilidad en un modelo se ve en el grado cumplimiento de los objetivos, por lo que no es necesario hacer un modelo que tenga un alto nivel de fidelidad, considerando también que este modelo requerirá de largos desarrollos, depuraciones y tiempos de ejecución.

2.8.4 **Validación del modelo**

Este proceso indica si el modelo refleja efectivamente el sistema real, es decir aquí el diseñador da conclusiones acerca de la precisión del modelo. Entonces, para saber si el modelo corresponde exactamente al sistema real o si la información recolectada corresponde a las características del sistema, esto se hace con tratamiento estadístico.

Dichas las partes del proyecto de simulación, debo recalcar que la estructura anterior es la de un *proyecto de simulación,* no la de una tesis por lo que tendrá sus propios objetivos y características que no necesariamente son las mismas que los objetivos y características de una tesis, lo que quiero decir es que, a pesar de que propongo la estructura anterior como la disposición de un proyecto de simulación, me basaré en el formato que presentamos en el **capítulo 1** de la presente tesis para el desarrollo de mi investigación.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

2.9 Medición de parámetros de simulación

2.9.1 App Geo Tracker

Para la medición de los tiempos de recorridos de los tramos se usó la aplicación de Android Geo Tracker que la obtuve el Play Store básicamente es un software que mide tiempos, longitud, altura, velocidad promedio y otras características propias de un grabador de rutas mediante GPS (Global Position System). Una de las principales características de esta aplicación es la posibilidad de exportar los datos en distintos formatos (GPX; KMZ y KML que son extensiones de los archivos exportados para su identificación y posterior trabajo) uno de los cuales es el GPX con que el trabajamos para el análisis de la información.



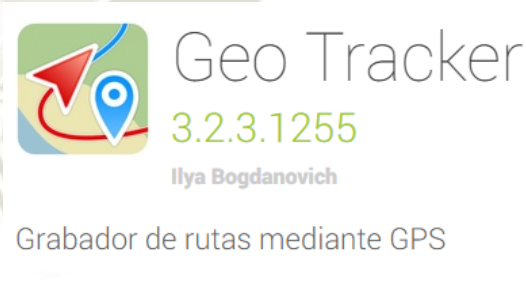


Ilustración 10: Imagen de la aplicación Geo Tracker

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

2.9.2 App Ultimate Stopwatch

Para la medición de los intervalos de llegadas de cada tipo de vehículo y por la cantidad enorme de entidades que se tiene que medir es que se optó por usar la aplicación App Ultimate Stopwatch que es un software que tiene el objetivo de medir el tiempo de vuelta en las carreras de atletismo, cuya ventaja principal es la posibilidad de exportar los datos a Excel, entonces mi labor fue la de adecuar esta aplicación y sus datos en Ms Excel para usarlo en la toma de intervalos de tiempo de llegada de vehículos.

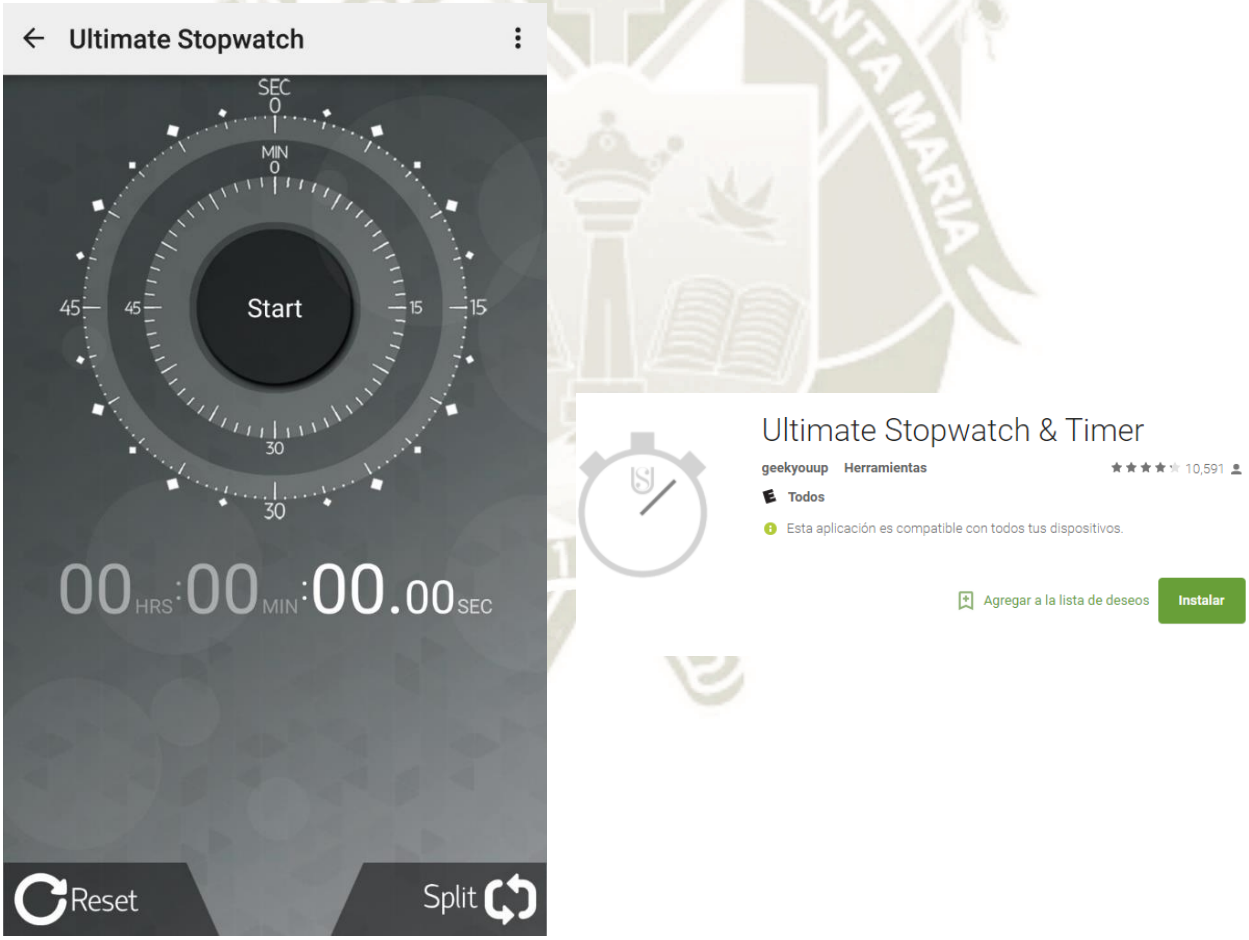


Ilustración 11: Imagen de la aplicación Ultimate Stopwatch

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

2.10 Fluidez vehicular: Ola verde

Es un fenómeno inducido intencionalmente en cual una serie de semáforos se coordinan para permitir el flujo continuo del tráfico sobre varias intercesiones en una misma dirección. Cualquier vehículo que se mueva a lo largo de la ola verde a una determinada velocidad establecida por el sistema, verá una cascada progresiva de luces verdes, y no tendrán que detenerse en las intersecciones (Wikipedia).

En este fenómeno se quiere que cuando se aproxime un conjunto de vehículos a un semáforo, al momento que este se ponga en verde el siguiente semáforo debe estar en rojo a punto de ponerse en verde de forma que mientras los vehículos alcancen al segundo semáforo, este se pondrá en verde para que los vehículos continúen su paso, este sistema se repite un número de veces formando lo que se llama ola verde, que permiten la continuidad de tránsito vehicular sin tener muchas paradas.

Para que este fenómeno se dé, es necesario que los vehículos mantengan una velocidad promedio (velocidad determinada por el investigador) y que las vías de transito estén relativamente buenas (sin huecos y otros similares) para que se permita el paso fluido de vehículos. Por otro lado, los semáforos de las intercepciones tienen que estar también sincronizadas para no afectar a las calles paralelas a nuestra vía, a continuación, un ejemplo:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

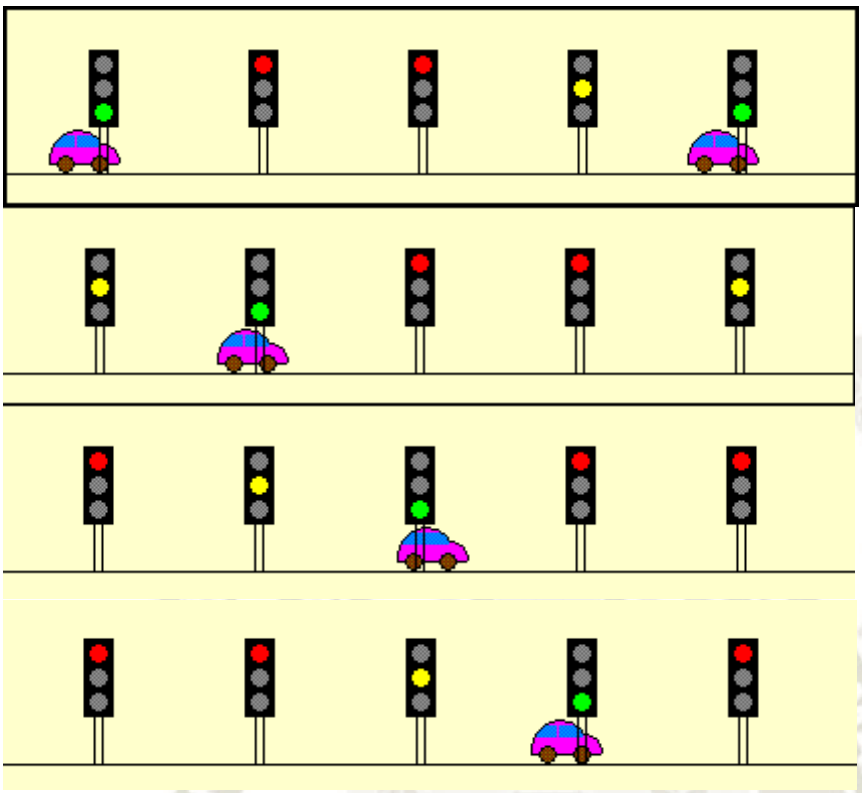


Ilustración 12: Ejemplificación del sistema ola verde

Adicionalmente, se tiene que entender que no va a ser factible que el 100 % de vehículos pasen durante una oleada, pero si es factible que pase una cantidad significativa de vehículos y con esto hacer el tránsito vehicular más fluido.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

CAPITULO 3. DIAGNOSTICO DE LA SITUACION ACTUAL

3.1 Arequipa y su Potencial Económico

Arequipa la segunda ciudad más importante del Perú por historia y por actualidad, esta ciudad cuenta con una enorme capacidad productiva y un gran potencial de desarrollo, este potencial es gracias a los climas propicios para la producción agrícola, gracias a la disponibilidad hídrica, gracias a su estratégica posición geográfica en la macro región sur del Perú y gracias principalmente a tener uno de los mayores índices de capital humano del país, todo esto se ve reflejado en una amplia variedad de actividades económicas y en una productividad superior al promedio nacional, dentro de esto también hay que tener en cuenta que los importantes proyectos mineros, portuarios, inmobiliarios, comerciales, gasíferos han terminado por consolidar nuestra ciudad.

La región Arequipa se ubica en el sur del país, tiene como ciudades limítrofes a Ica, Ayacucho, Apurímac, Cusco, Puno y Moquegua; por el oeste presenta un extenso litoral a océano pacifico de 528 km, que representa un 18% de la longitud de la costa peruana, cuenta con 8 provincias y 109 distritos en toda la región. La provincia de Arequipa como tal cuenta con 29 distritos de los que los más importantes social y económicamente son aproximadamente 10, en este punto cabe mencionar que en nuestro estudio intervienen hasta 4 distritos (Banco Central de Reserva del Peru, 2016).

Nuestra región presenta un comportamiento minero al contar no solo con los recursos minerales sino también con mano de obra calificada, bienes y una mejorada infraestructura logística, la abundante riqueza mineral de la región demostrada en ser la segunda región con más reservas de cobre, hierro y molibdeno del país, que mediante una explotación sostenible y con responsabilidad

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

social se traducirá en mayores niveles de empleo e ingreso y finalmente en mayor bienestar de la población.



Ilustración 13: Región Arequipa, Provincia Arequipa

La importancia de la minería en la región es muy grande y mayor aun si se considera que el impacto económico de las actividades primarias de extracción y obtención de concentrados no son los únicos que benefician al país sino también está el impacto indirecto de las actividades relacionadas a ellos como servicio de transporte y comunicaciones, agua, electricidad, financiamiento, bienes de consumo y otros.

Por otro lado, la agricultura es la actividad que concentra mayor empleo en la región puesto que tenemos las condiciones climáticas propicias para una gran concentración de cultivos, así como la disponibilidad de recursos hídricos y una relativa buena infraestructura y prácticas agronómicas

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

en comparación con otras regiones. Estos elementos permiten que Arequipa cuente con diversos cultivos con rendimientos por encima del promedio nacional y que se constituye entre los principales productores a nivel nacional, definitivamente hay aspectos que mejorar como la implementación de políticas públicas para mejorar el sector agrícola, el uso de semillas y fertilizantes certificados, entre otros. Como principales cultivos tenemos la cebolla, el ajo, el arroz y la papa para el mercado nacional, y la uva, quinua, alcachofa, kiwicha como productos que tienen un alto potencial para ser exportados.

El sector ganadero es también importante, gracias a las características geográficas y a la disponibilidad de forraje es que destacamos en la producción de leche y de derivados lácteos los cuales se suministran al mercado doméstico y que también apuntan al mercado internacional.

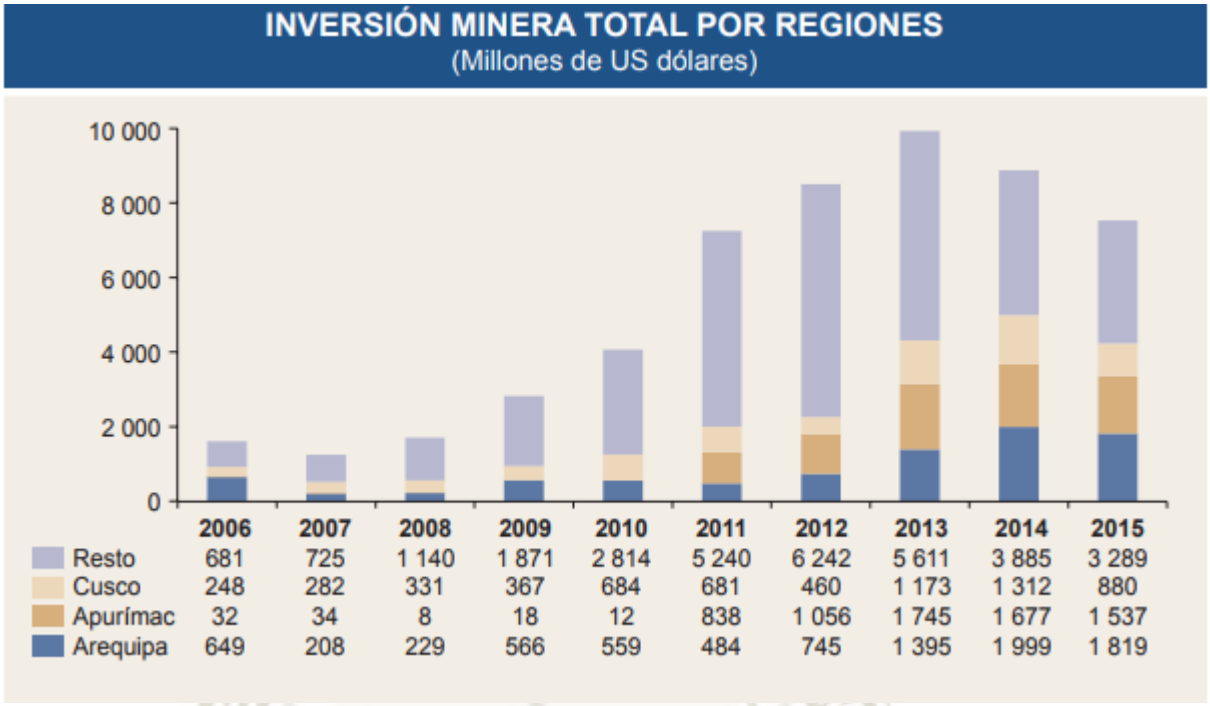
Arequipa como región está en buen camino en el sector agrícola y ganadero teniendo buenos indicadores de producción comparados con otras regiones.

Otro sector en que destaca nuestra región es en la producción de fibra de alpaca, la que se procesa desde tiempos prehispánicos, los grupos más importantes de procesamiento de alpaca como Inkalpaca, Michell SA , Inkatop y Franky & Ricky están en nuestra región y en los últimos años el gobierno viene impulsando esfuerzos para mejorar las prácticas de crianza y el mejoramiento genético que permitirá mejorar el ingreso de los pobladores de las zonas alto andinas; también se ha implementado estrategias para el posicionamiento de la alpaca en sectores medio alto de mercados internacionales mediante el sello “Alpaca del Perú” (Banco Central de Reserva del Peru, 2016).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA



Fuente: Ministerio de Energía y Minas en el informe BCRP (Banco Central de Reserva del Peru, 2016)

Ilustración 14: Inversión minera por regiones

Arequipa es el segundo punto de desarrollo industrial del país con una diversificación de rubros grande y que tienen una base conformada por empresas productoras de bienes de consumo, insumo, bienes de capital de alcance nacional y regional, toda esta actividad se concentra principalmente en el parque industrial.

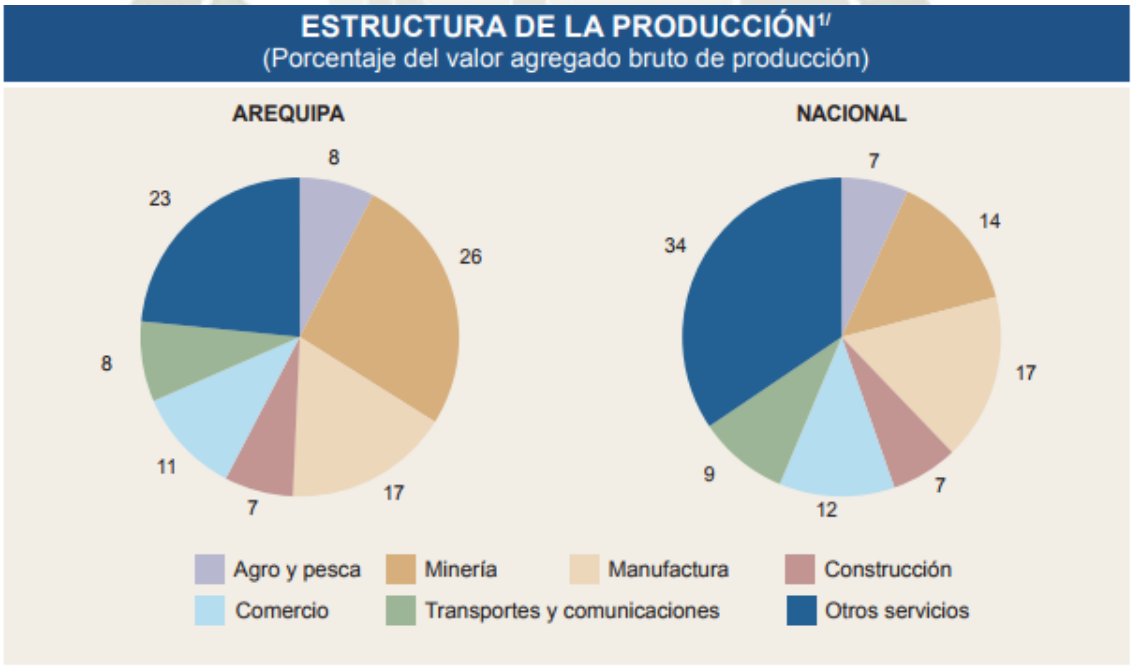
Es necesario continuar con los esfuerzos para el desarrollo de cadenas productoras, las cuales tienen como sustento la gran capacidad productiva del país representado en las empresas que proveen bienes y servicios a la población, y a sectores como la minería, construcción y agroindustrial (insumos, bienes intermedios, servicio de transporte y portuario, centro logístico, etc.)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Por otro lado, el crecimiento económico observado en los últimos años y que nosotros mismos como arequipeños lo hemos palpado, ha sido determinante en la expansión de los centros comerciales, los cuales han contribuido al acceso a una mayor variedad de bienes y servicios y menores costos de transacción, a la vez que han generado empleo y reducido la informalidad y promovido la bancarización esto hace que nuestra calidad de vida crezca considerablemente. La infraestructura y el desarrollo de la actividad minera de la región sur han tenido impacto en el transporte terrestre y en el marítimo también, un dato importante es que en los 2000 se privatizo el terminal portuario de Matarani y a partir de esa fecha se vienen realizando inversiones importantes de ampliación en infraestructura portuaria en el que destaca el sistema de *recepción, almacenamiento y embarque de minerales del Amarradero F* que es uno de los más modernos del país (Banco Central de Reserva del Peru, 2016).



Fuente: INEI 2016 en el informe BCRP (Banco Central de Reserva del Peru, 2016)

Ilustración 15: Estructura de la producción en Arequipa 2015

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

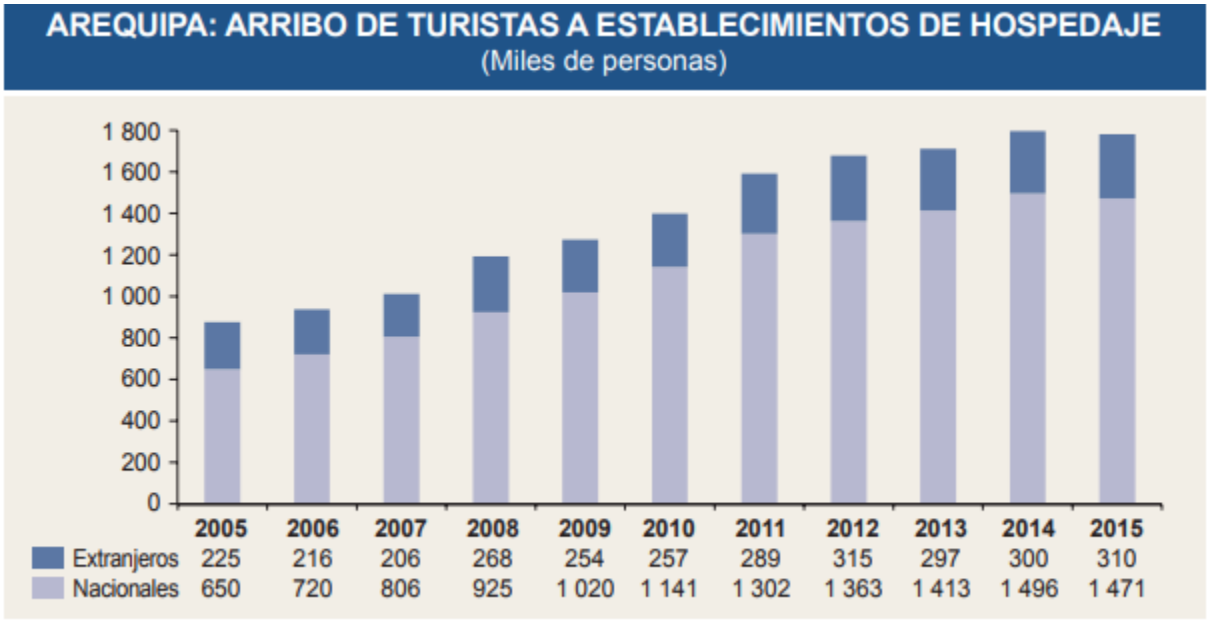
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Arequipa cuenta con un conjunto de atractivos turísticos variados que satisfacen tendencias de la demanda internacional como el turismo cultural, de aventura, ecoturismo, vivencial, del playas, gastronómicos y también se hacen congresos y convenciones, en este punto es importante destacar la presencia en nuestra región del Cañón del Colca y del Cañón de Cotahuasi que están dentro de los más profundos del mundo y que a diario es visitado por muchas personas para disfrutar de su belleza, de la tranquilidad de sus parajes y de la admiración del ave más grande del mundo "el Cóndor". En el plan estratégico regional de turismo (PERTUR) se desarrollaron líneas de acción para generar productos turísticos diferenciados que permitirían el desarrollo turístico de la Macro Región Sur. Arequipa cuenta con un gran potencial, por un lado, el centro histórico ha sido declarado Patrimonio Cultural de la Humanidad por la UNESCO y por otro lado gracias a la cercanía con la ciudad del Cusco muy fácilmente podría formar parte de un anillo turístico que sería conformado por Arequipa- Cusco y Puno, esta ventaja debe consolidarse para todas las regiones protagonistas sean beneficiadas.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA



Fuente: MINCETUR.

Ilustración 16: Arribo de turistas a hospedajes en Arequipa

Todo lo mencionado anteriormente hace referencia a una Ciudad importante para el país en diferentes ámbitos de la productividad que aporta significativamente a la economía del país es por eso que para seguir en este ritmo de crecimiento y mejorar aún más como sociedad debemos hacer algunas reformas como según lo platea mi tesis, reforma en el transporte, en el presente estudio se abaracará la problemática en el transporte de la ciudad apuntado específicamente a unas de las principales avenidas de la ciudad, queriendo que mi tesis quede como precedente para futuros proyectos de transitabilidad vehicular.

3.2 Descripción especifica de las vías a transitar

Mi estudio tiene como objetivo mejorar la fluidez vehicular de la vía que une el aeropuerto de la ciudad y el cercado, esta vía comprende las siguientes avenidas:

- Av. Aviación

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

- Av. Pumacahua
- Av. Prolongación Ejército
- Av. Ejército

Dichas avenidas están dentro de los distritos de

- Cerro Colorado
- Cayma
- Yanahuara
- Cercado

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

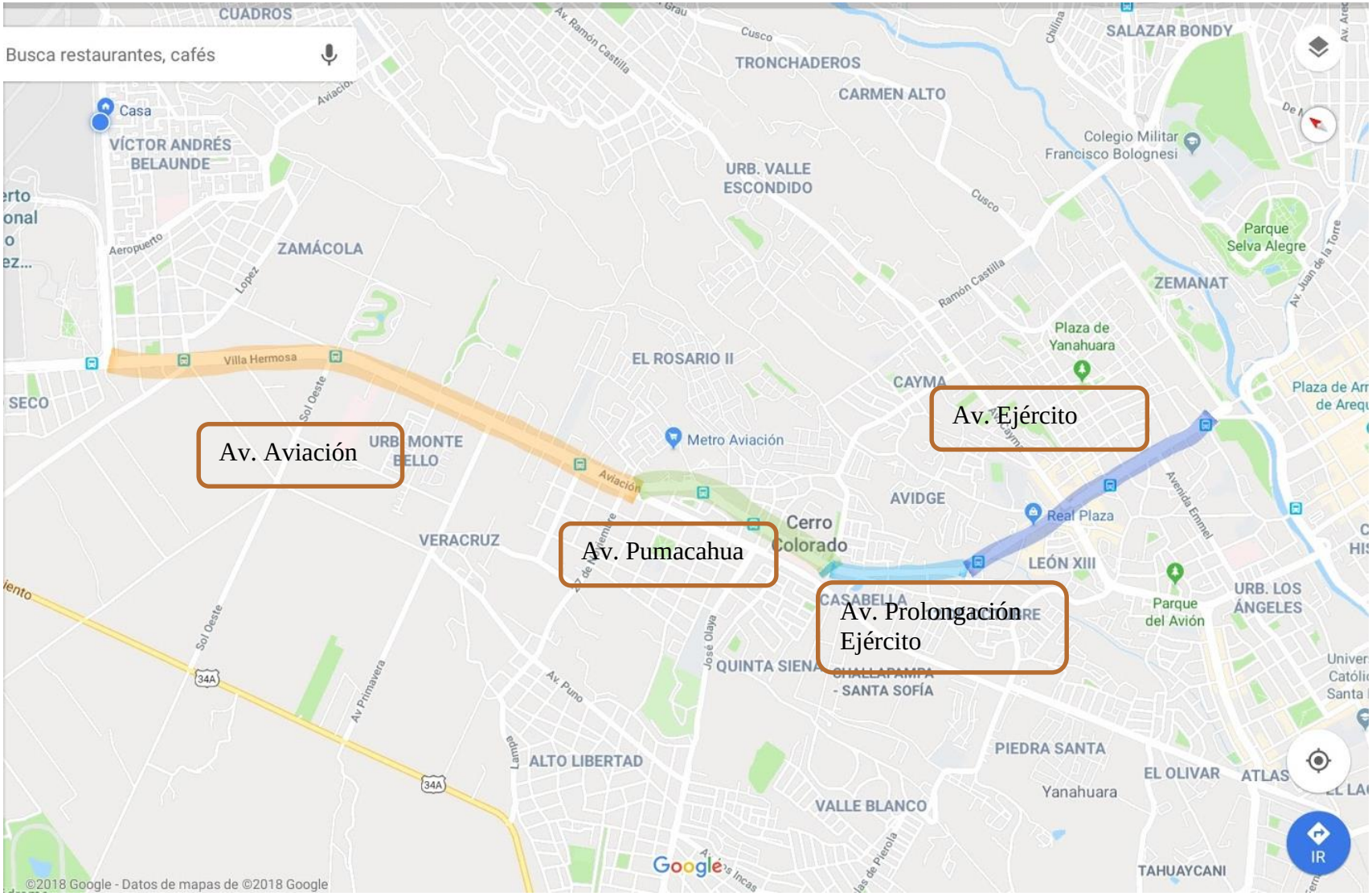


Ilustración 17: Avenidas de estudio

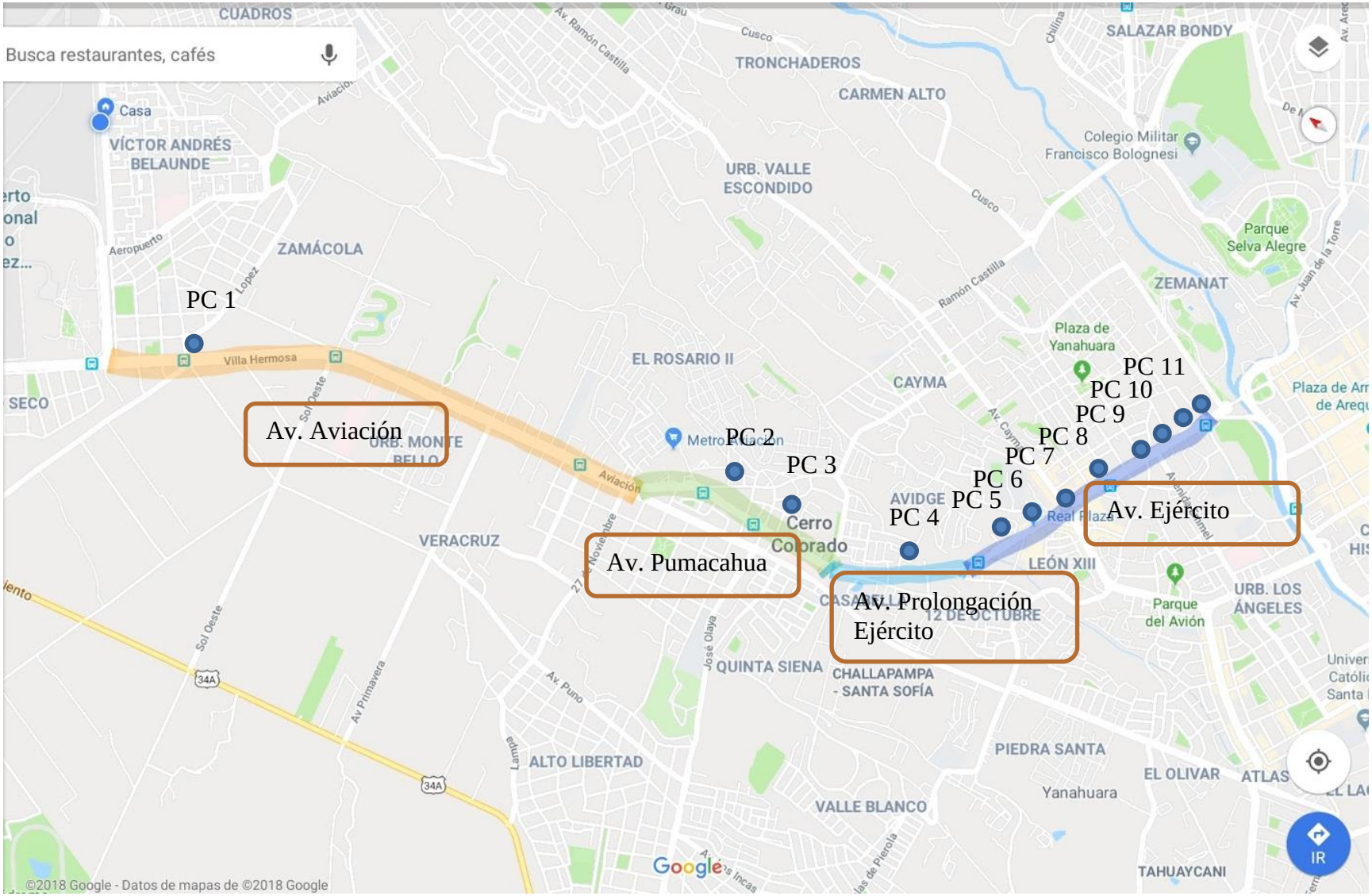


Ilustración 18: Puntos críticos dentro de las avenidas de estudio

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

3.3 Puntos Críticos

Por punto crítico entendemos aquel punto que tiene un comportamiento de cuello de botella, es decir, aquel punto donde la fluidez vehicular es relativamente baja. Este fenómeno se da porque este es el punto donde los pasajeros usuarios del transporte público se aglomeran provocando una pésima transitabilidad vehicular.

3.3.1 Punto Crítico 1: Av. Aviación Zamácola

Como primer punto crítico tenemos a los paraderos del pueblo tradicional de Zamácola que están en la avenida Aviación; en este primer punto a analizar tenemos 2 paraderos que son parte del problema.

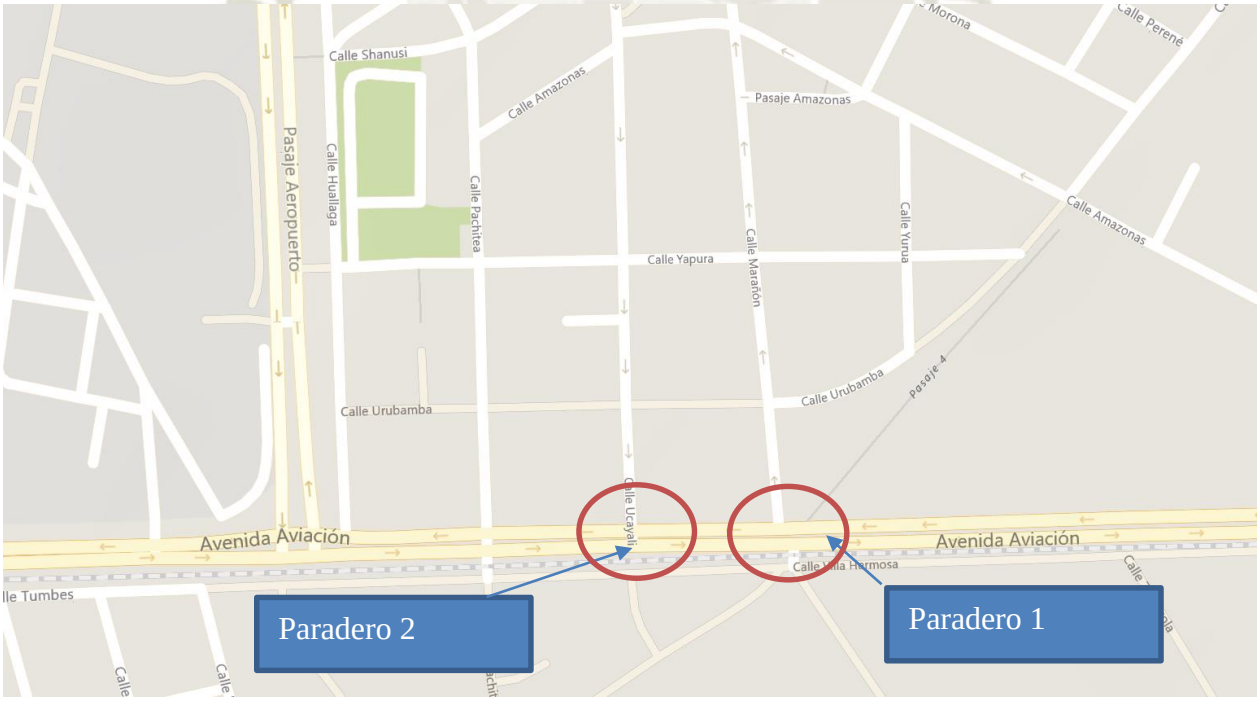


Ilustración 19: Paraderos de Zamácola

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

- Avenida aviación entre las calles Ucayali y Marañón
- Avenida Aviación entre las calles Ucayali y Pachitea



Ilustración 20: Paradero 1-Congestión en hora punta Av. aviación entre las calles Ucayali y Marañón

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA



Ilustración 21: Paradero 2-Congestión en hora punta Av. Aviación entre las calles Ucayali y Pachitea

En estas imágenes podemos ver que el tráfico es intenso, principalmente por que los vehículos de transporte público están detenidos esperando a que suban los pasajeros, en muchas ocasiones estos vehículos por más que no haya pasajeros que estén subiendo igual se detienen, este hecho hace que el transito se obstaculice y los carros que están atrás no puedan avanzar, lo descrito anteriormente tiene también su origen en que los choferes sobre todo del transporte público no tienen una cultura de respeto hacia las demás personas y solo quieren su propio beneficio, lo que inicia la pregunta ¿será necesario alguna reforma para adquirir las licencias en el transporte público?

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA



Ilustración 22: Los vehículos no avanzan por más que el semáforo está en verde

3.3.2 Punto Crítico 2: Avenida Pumacahua frente a Paris

Después del primer punto crítico tenemos a la avenida aviación relativamente libre (posteriormente mencionaremos la importancia de que esta vía este libre). Como segundo punto crítico tenemos al paradero que esta frente al centro comercial Arequipa Center. Aquí el problema no es tan atroz como en Zamácola, pero es bueno considerarlo porque esta zona cumple características técnicas que harían posible las mejoras en la transitabilidad de la avenida Pumacahua.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA



Ilustración 23: Paradero Av. Pumacahua C.C. Arequipa Center



Ilustración 24: Paradero avenida Pumacahua

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

La imagen está en hora punta, y a esa hora podemos apreciar que no se tiene una buena fluidez, la razón, la misma que en el *Punto Crítico 1: Av.* Aviación , los vehículos están detenidos a pesar de que el semáforo está en verde, y esto porque los transportistas quieren que suban más pasajeros. Si esto se repetiría en un segundo paradero en la cuadra siguiente podríamos asegurar que el flujo vehicular sería tan deficiente como el que se presenta en Zamácola.

3.3.3 **Punto Crítico 3: Avenida Pumacahua altura de cerro viejo**

Como tercer punto crítico, seguimos en la avenida Pumacahua, tenemos a los paraderos que están a la altura de cerro viejo, aquí básicamente podemos apreciar que existen dos y los mostramos en la siguiente imagen.



Ilustración 25:Paradero Av. Pumacahua Cerro Viejo

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Notemos que, tenemos 2 paraderos por lo que la situación aquí es muy parecida a lo que sucede en Punto Crítico 1: Av. Aviación , cabe también mencionar que en promedio el tiempo de espera del usuario en esta parte es menor al tiempo de espera en Zamácola esto básicamente porque en este paradero Cerro Viejo existe menos afluencia de pasajeros comparados con Zamácola.

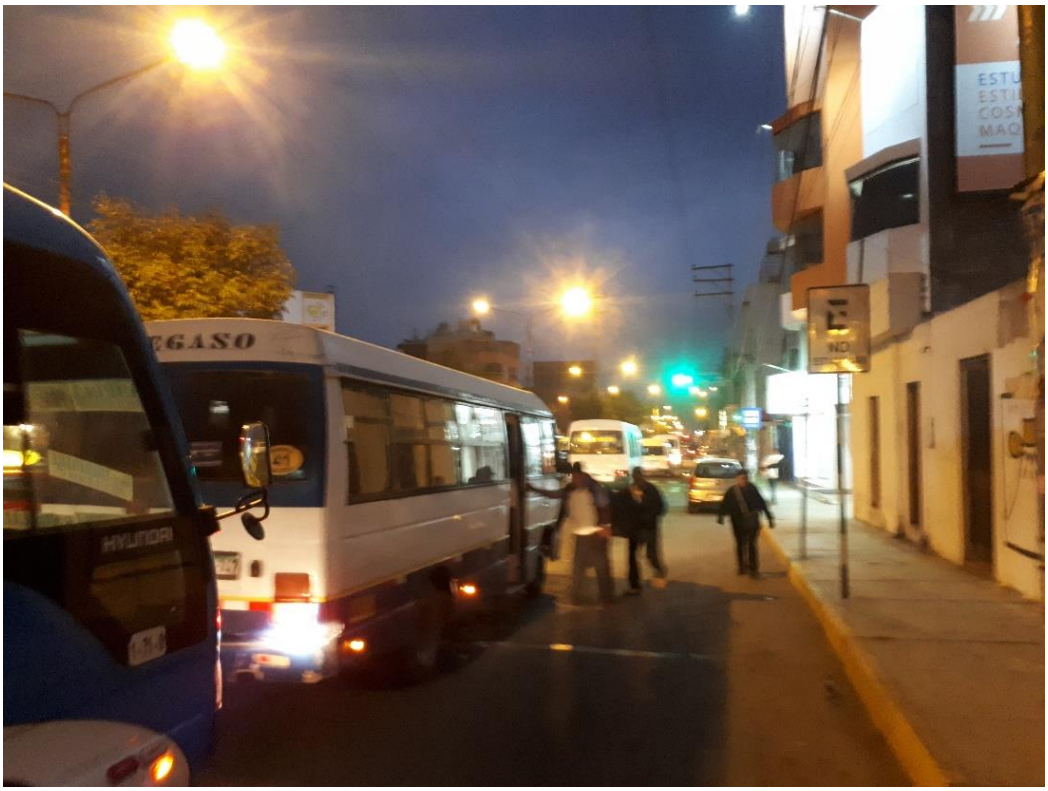


Ilustración 26: Paradero 1 Av. Pumacahua Cerro Viejo

A pesar de eso la existencia de dos paraderos muy cercanos provoca lentitud en la transitabilidad vehicular.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA



Ilustración 27: Paradero 2 Av. Pumacahua Cerro Viejo

3.3.4 **Punto Crítico 4: Av. Ejército Calle Circunvalación**

Como cuarto punto crítico ahora presento al paradero que está en el cruce de la Av. Ejército y la calle Circunvalación, propiamente dicho en este punto existe un único paradero que lo muestro a continuación:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

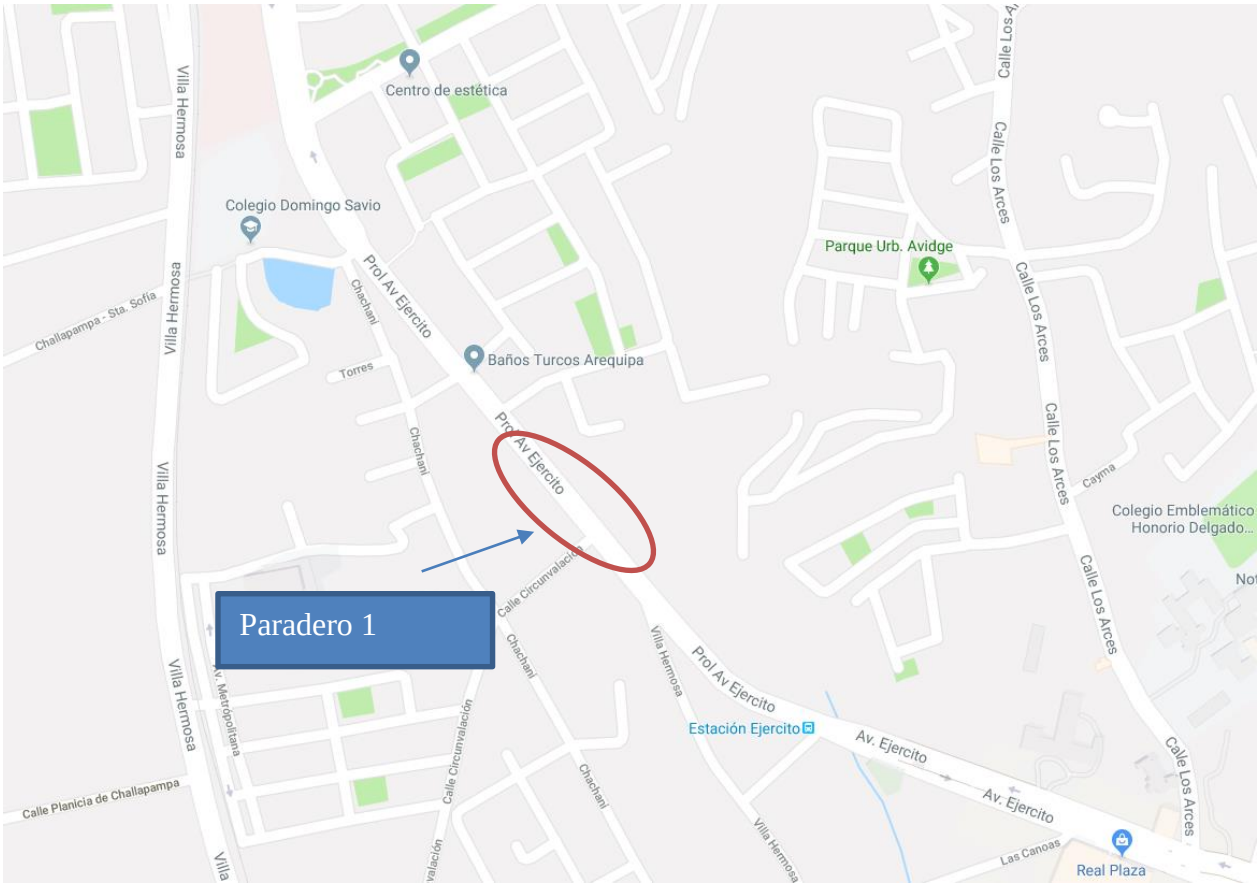


Ilustración 28: Punto Crítico: intercepción calle Circunvalación y Av. Ejército

En este punto, como ya lo vimos antes, se hace costumbre el comportamiento de los choferes de esperar a que suban los pasajeros y prácticamente no les importa que los que están atrás de ellos quieran pasar.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA



Ilustración 29: Paradero calle circunvalación con Av. Ejército

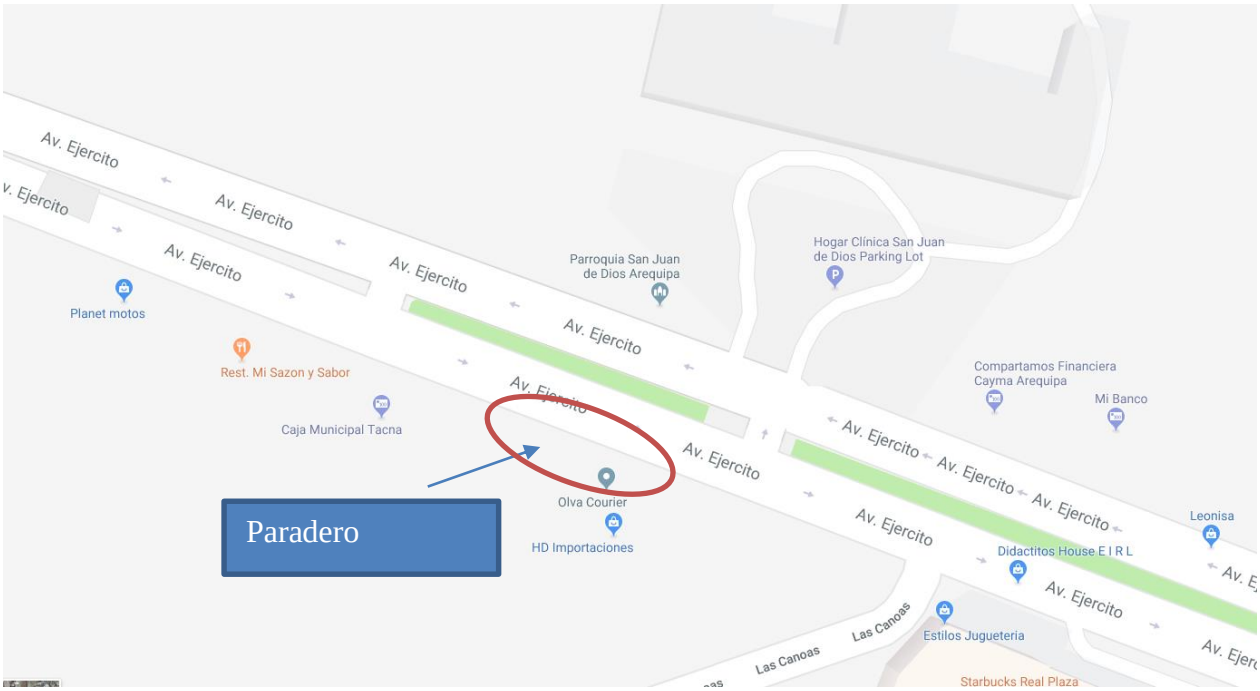
3.3.5 Punto Crítico 5: Paradero Clínica San Juan de Dios

La cantidad de demandantes de transporte público hace que estos se detengan mucho tiempo en esta zona provocando un bajo nivel de fluidez en la transitabilidad, esa es la razón del porque considero a este punto como crítico.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA


Av. Ejercito
Av. Ejercito
Av. Ejercito

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

3.3.6 **Punto Crítico 6: Real Plaza Av. Ejército**

Este no es un paradero, pero el hecho que exista un mall de la envergadura del Real Plaza donde lo vehículos (principalmente particulares) traten de entrar y donde los taxis se queden estacionados esperando clientes y no se muevan, hace que este punto se convierta también en un cuello de botella.

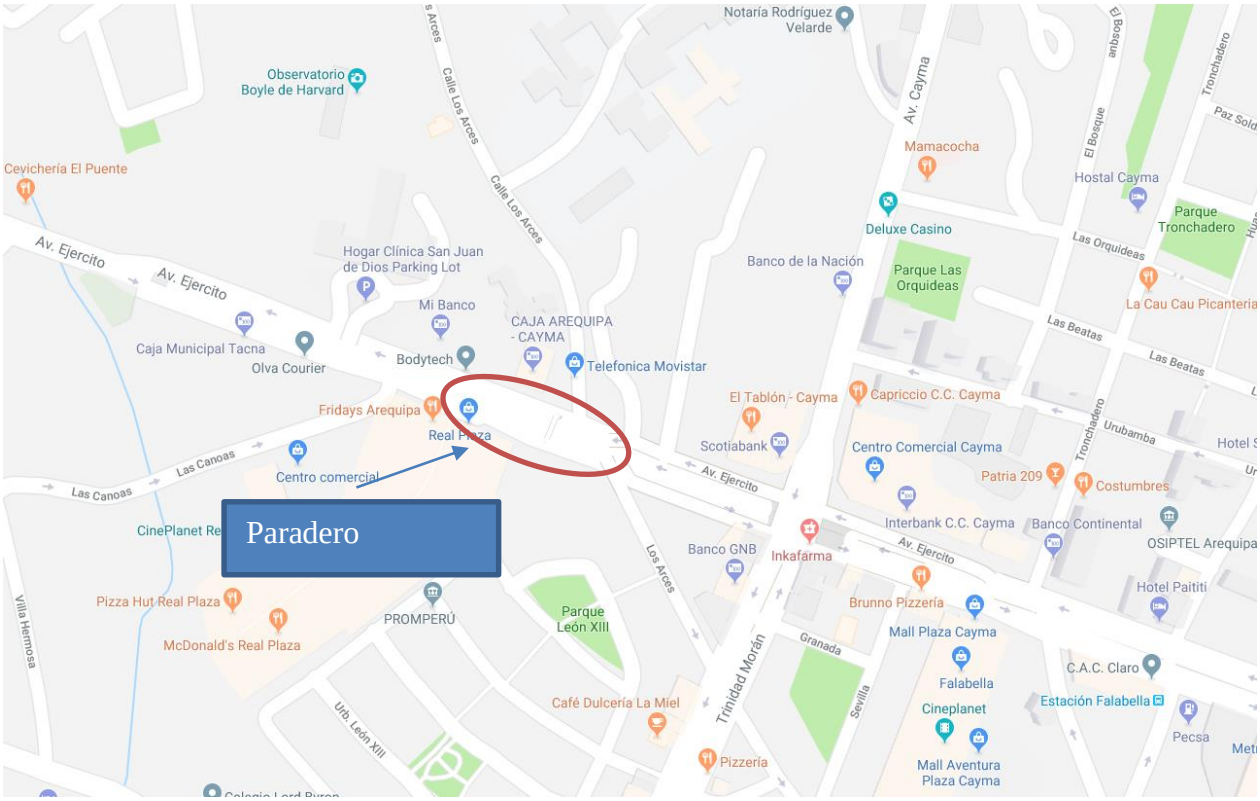


Ilustración 32: Ubicación de Real Plaza en plano

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA



Ilustración 33: Tránsito vehicular en Real Plaza

3.3.7 Punto Crítico 7: Paradero Entel

La gran demanda por parte de pasajeros y transportistas hace que considere este punto como crítico, adicionalmente, es aquí por donde una gran cantidad de vehículos de transporte publico cambian de dirección saliendo de la avenida Ejército hacia la calle Trinidad Moran con dirección al parque del Avión.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

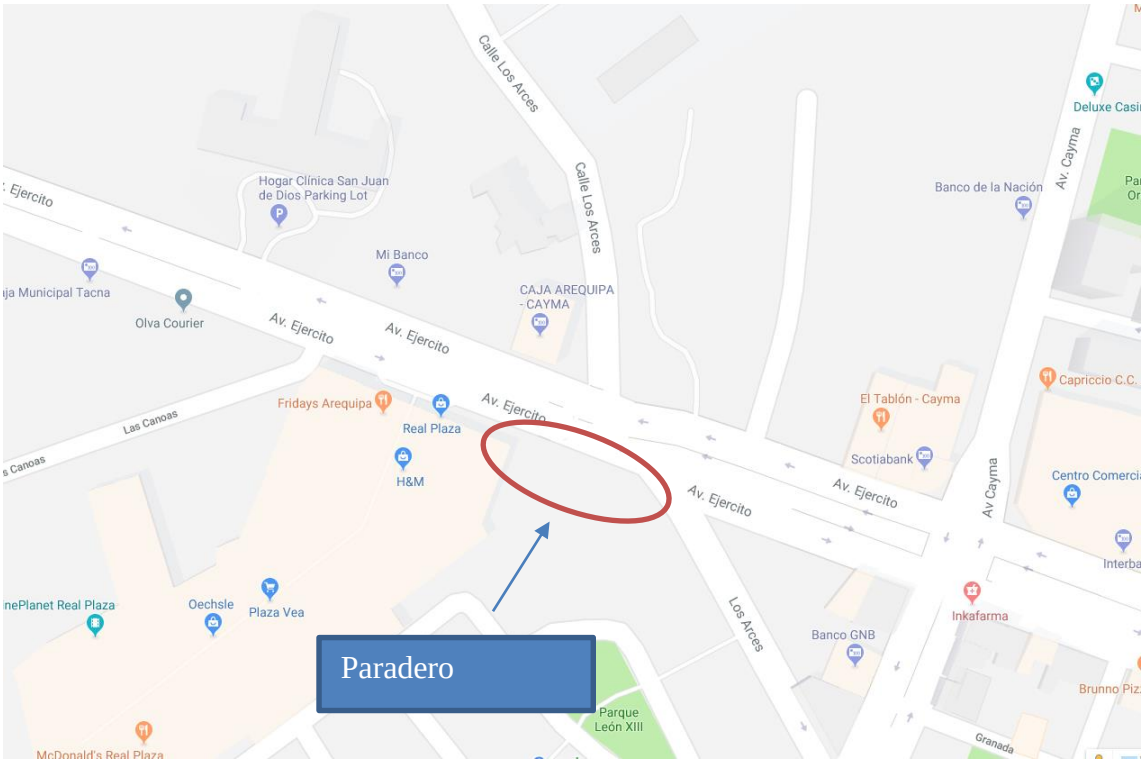


Ilustración 34: Ubicación del paradero informal Entel



Ilustración 35: Paradero Entel

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

3.3.8 **Punto Crítico 8: Paradero Claro Av. Ejército**

Esta zona fue siempre usada por los transportistas y usuarios, pero hace menos de un año fue implementado como debería funcionar realmente un paradero, pues ahora tiene señalización y cuenta con un espacio exclusivo para que la gente suba y baje del vehículo, a pesar de esto el paradero no se abastece y se forma un cuello de botella provocando un tránsito lento acrecentado por la existencia de centros comerciales (Mall Plaza, Metro) muy cerca de la zona.

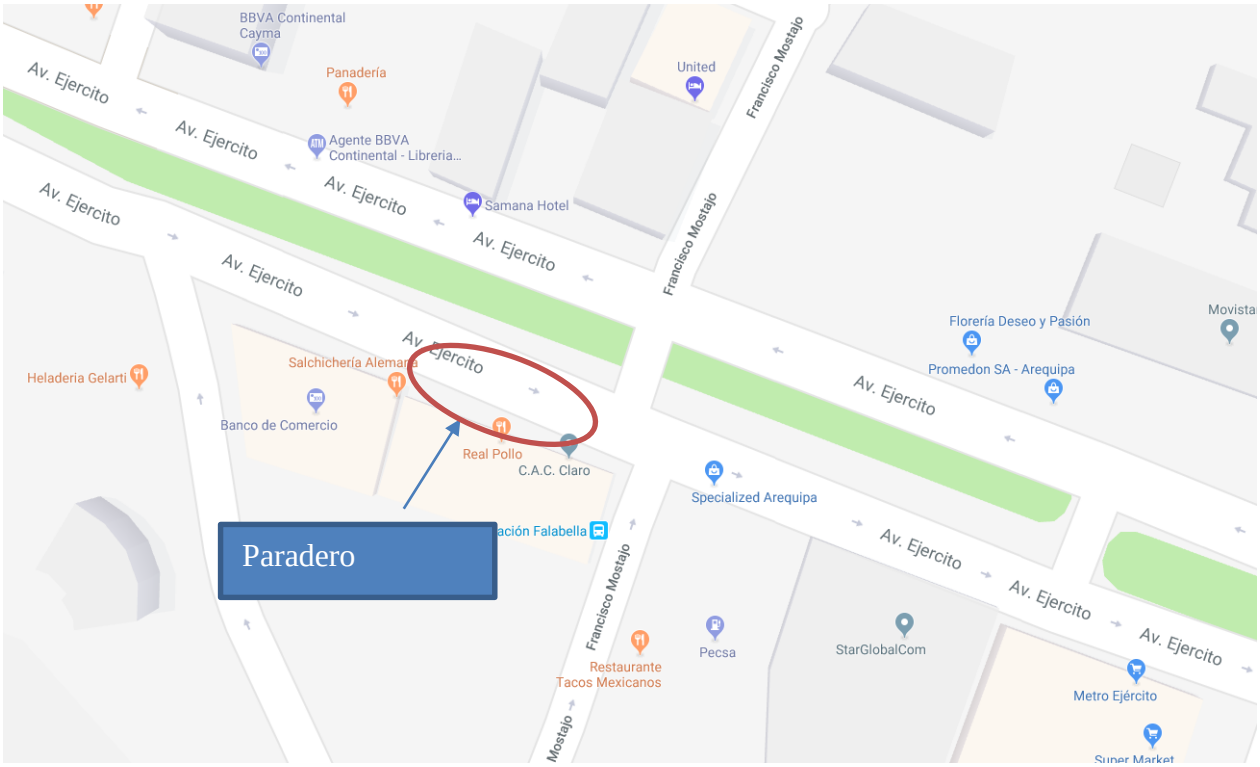


Ilustración 36: Ubicación del paradero Claro

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA



Ilustración 37: Paradero Claro Av. Ejército

3.3.9 Punto Crítico 9: Paradero Metro Av. Ejército

Tan solo una cuadra después tenemos el siguiente paradero en la avenida Ejército a la altura de metro, obviamente la existencia del centro comercial metro hace que este punto se convierta en un concurrido paradero.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

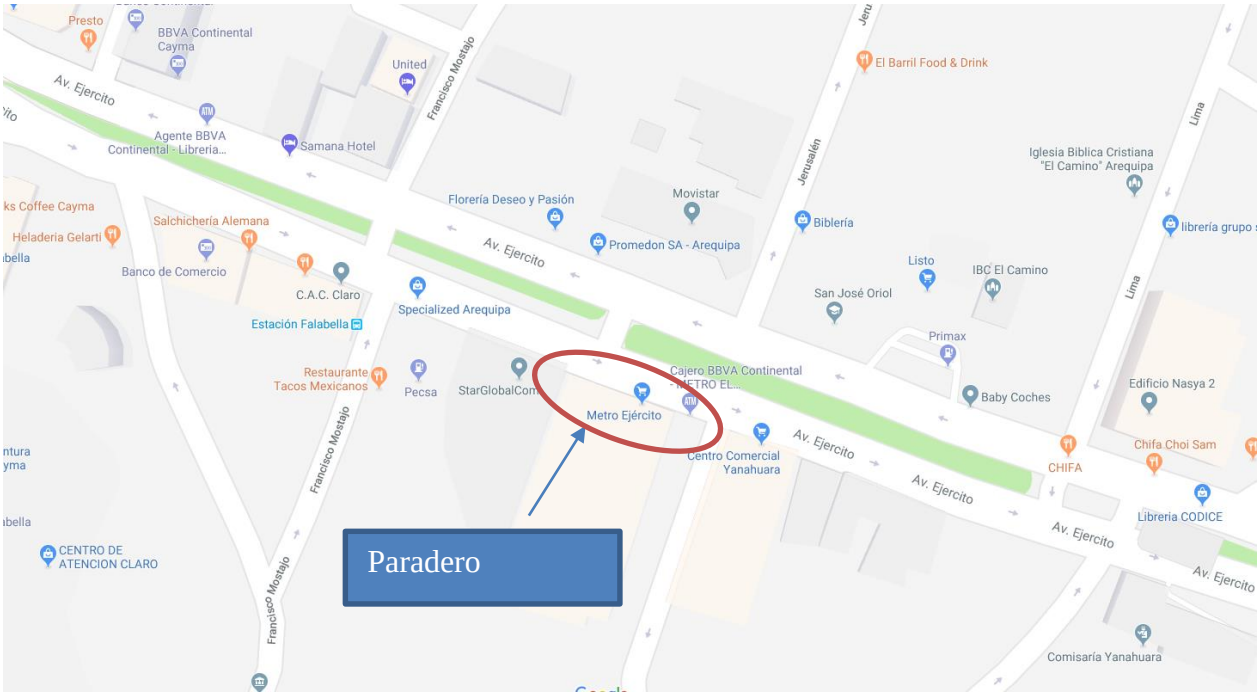


Ilustración 38: Ubicación del Paradero Metro Av. Ejército



Ilustración 39: Paradero Metro Av. Ejército

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

3.3.10 Punto Crítico 10: Paradero Ampatacocha

Nuevamente tan solo un paradero después tenemos un paradero, aquí cabe mencionar que como la afluencia del público en este punto no es mucha, entonces es un paradero que regularmente es usado por los transportistas, razón por la que lo consideré dentro de nuestro estudio.

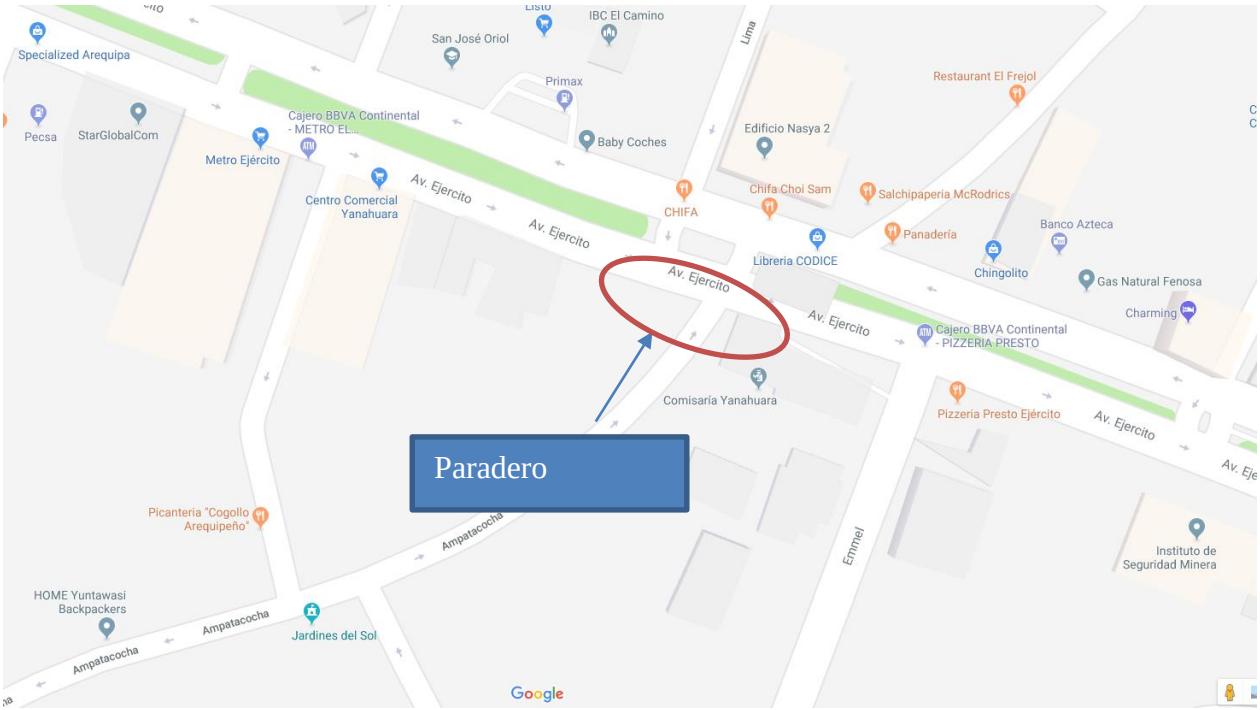


Ilustración 40: Ubicación punto crítico Paradero Ampatacocha Av. Ejército:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA



Ilustración 41: Paradero Ampatacocha

3.3.11 Punto Crítico 11: Paradero Recoleta Av. Ejército

Como último punto tenemos el paradero final de nuestro tramo a evaluar, hablo del paradero que esta al costado de la calle Recoleta, por su ubicación estratégica en la ciudad presenta una alta afluencia de personas y de vehículos durante todo el día, tiene espacio para poder ubicar hasta 3 carriles y el pavimento es de adoquín, menciono esto porque debido a las características físicas del adoquín la fluidez vehicular se hace más lenta.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

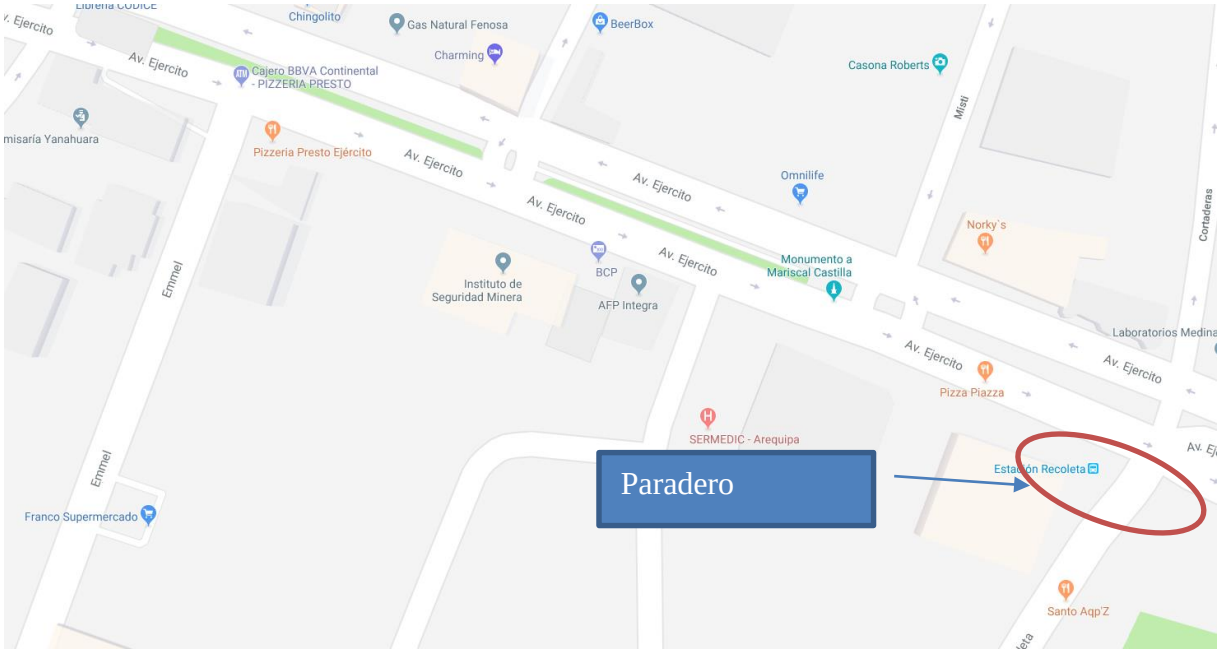


Ilustración 42: Ubicación del paradero Recoleta



Ilustración 43: Paradero Recoleta

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

3.4 Paraderos Regulares

En el párrafo 3.3 (Puntos Críticos) menciono todos los puntos en las vías de estudio que representan un paradero y que por el intenso atoramiento vehicular que tienen representan un cuello de botella, ahora haré mención a todos los paraderos que, prácticamente, no perjudican la fluidez vehicular y que son usados ocasionalmente por los transportistas.

- **Paradero Essalud**
- **Paradero Monte Bello**
- **Paradero Femaco**
- **Paradero Moisés Heresi**
- **Paradero Colegio Domingo Savio**

3.5 Características de las Avenidas en estudio

Primero dividimos el estudio en 3 avenidas

- Avenida Aviación
- Avenida Pumacahua y Avenida Prolongación Ejército
- Av. Ejército

Para hacer más entendible el estudio y el desarrollo del modelo nuevamente dividiré toda la vía a estudiar en zonas, estas partes están estratégicamente ubicadas y las presento a continuación:

3.5.1 Longitud de las avenidas de estudio

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

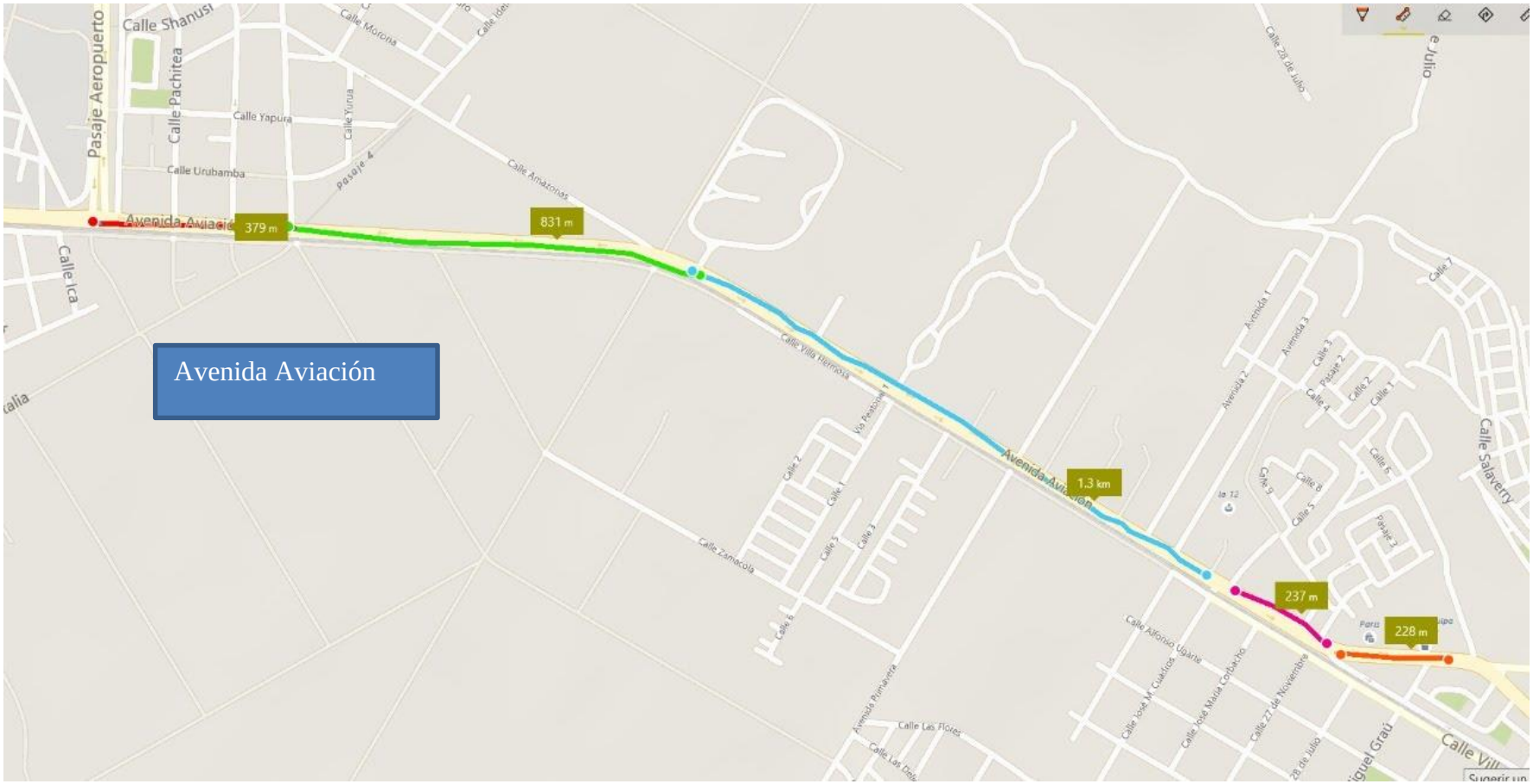


Ilustración 44: Subdivisiones de la avenida aviación

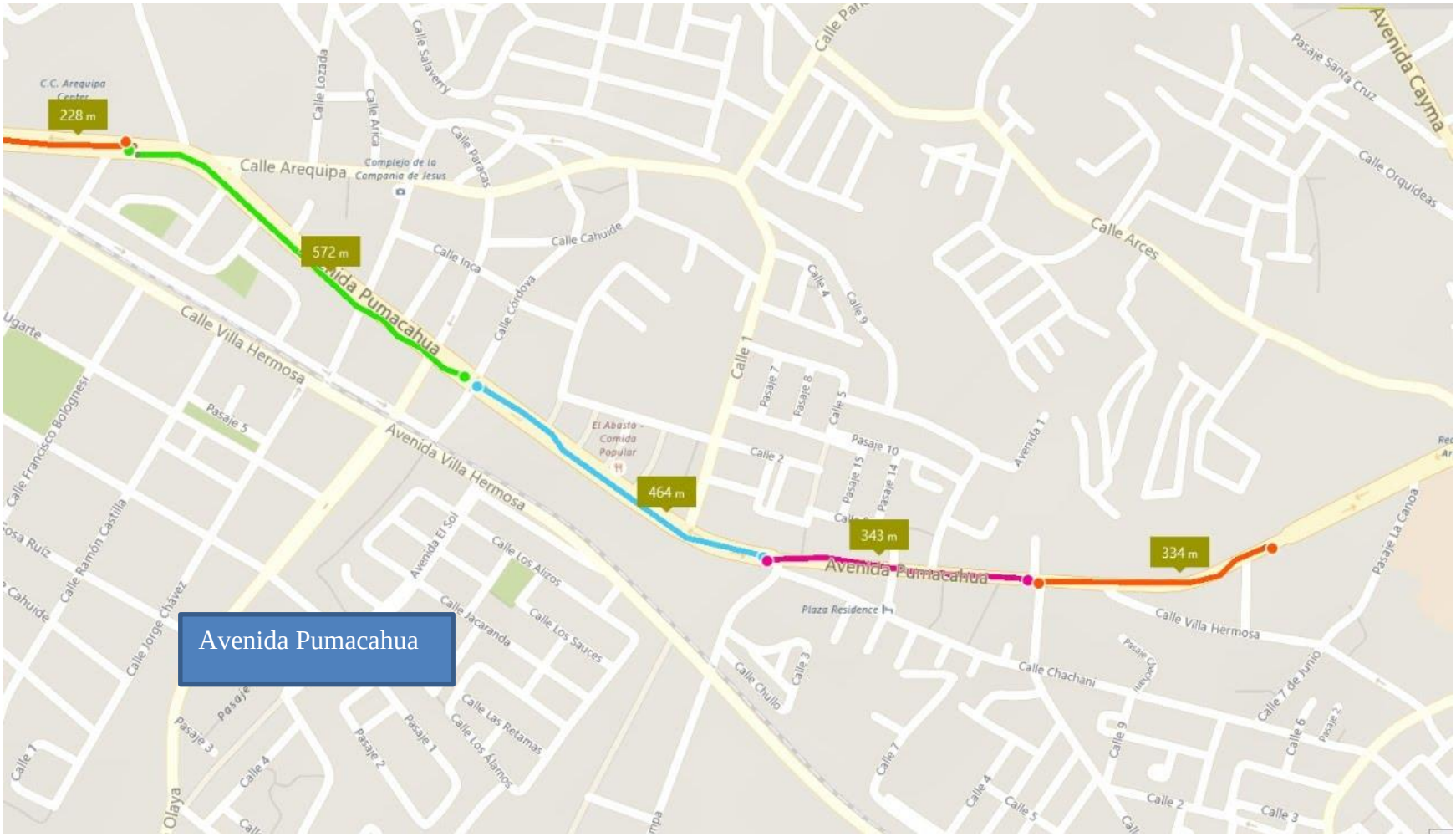


Ilustración 45: Subdivisiones de la avenida Pumacahua

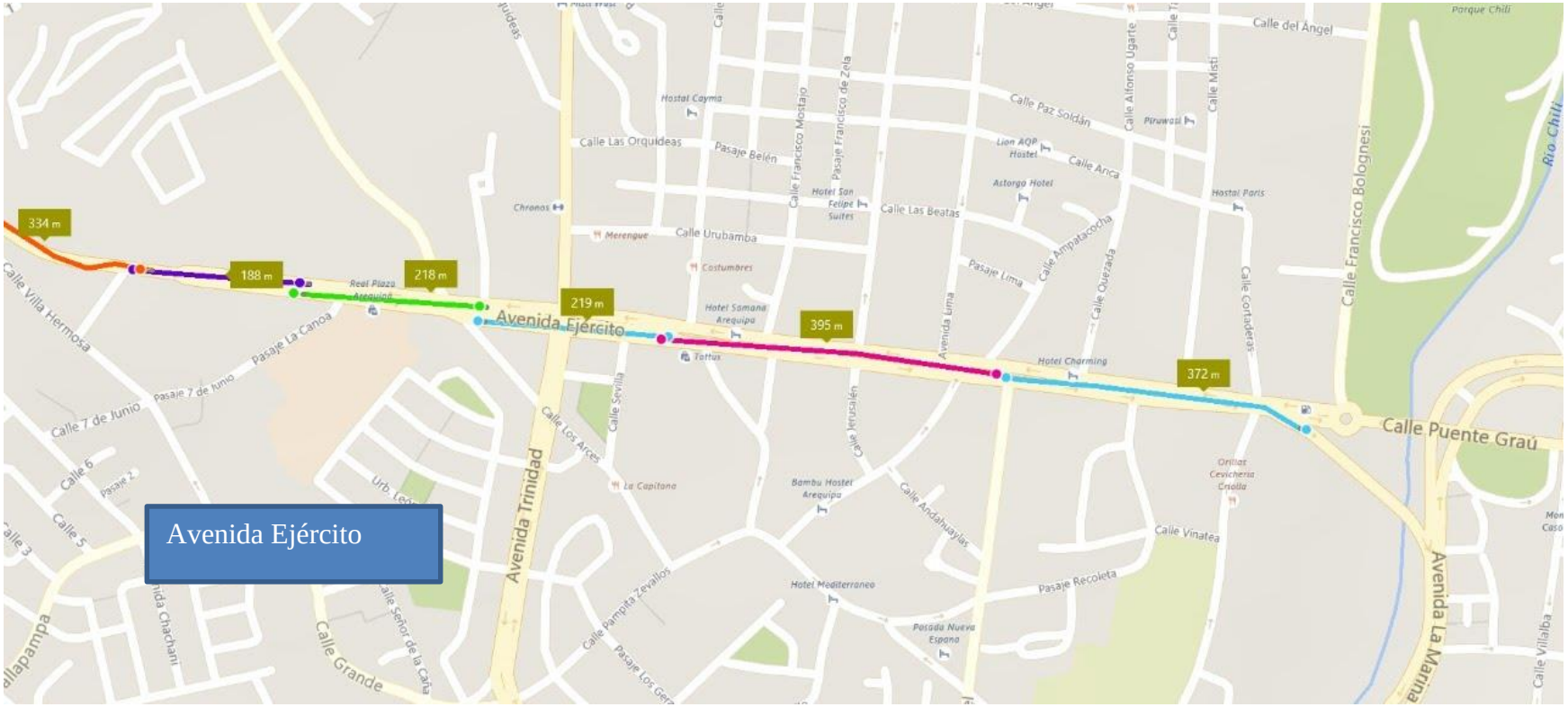


Ilustración 46: Subdivisiones de la avenida Ejército

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Resumámoslo en tablas

Avenida Aviación		
Tramos	Longitud	Unidad
Tramo 1	228	m
Tramo 2	572	m
Tramo 3	464	m
Tramo 4	343	m
Tramo 5	344	m

Tabla 5: División en tramos de la avenida Aviación

Avenida Pumacahua		
Tramos	Longitud	Unidad
Tramo 1	572	m
Tramo 2	464	m
Tramo 3	343	m
Tramo 4	344	m

Tabla 6: División en tramos avenida Pumacahua

Avenida Ejército		
Tramos	Longitud	Unidad
Tramo 1	188	m
Tramo 2	218	m
Tramo 3	219	m
Tramo 4	395	m
Tramo 5	372	m

Tabla 7: División en tramos avenida Ejército

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

3.5.2 **Distribución de horas punta y horas fuera de punta**

Después de la división en tramos de las avenidas que comprende el estudio, tenemos que saber cuál es el tiempo que se demoran en recorrer cada uno de los tramos de las 3 avenidas, esto a diferentes horas durante el día (pues tenemos que tener en cuenta que el tiempo de recorrido de por ejemplo la avenida Ejército es distinto a las 10 am que a las 6 pm en plena hora punta), para tal finalidad es que hicimos la siguiente división de horas

Descripción	Horario	
Inicio de estudio		06:30 a. m.
Hora punta mañana – Turno 1	06:30 a. m.	08:30 a. m.
Hora estable – Turno 2	08:30 a. m.	12:30 p. m.
Medio día – Turno 3	12:30 p. m.	02:30 p. m.
Hora estable tarde – Turno 4	02:30 p. m.	05:30 p. m.
Hora punta noche – Turno 5	05:30 p. m.	08:30 p. m.
Fin de la simulación		08:30 p. m.

Tabla 8: División de tiempos durante el día

3.5.3 **Clasificación de los vehículos**

Por otro lado, también tenemos que considerar el hecho de que el tiempo de recorrido de un vehículo de transporte público es diferente al de un taxi o al de un vehículo particular por eso es que clasifiqué los distintos tipos de vehículos que circulan por las avenidas de estudio en únicamente 3 tipos:

- Vehículos de Transporte Público
- Vehículos de Taxi
- Vehículos Particulares

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

3.5.3.1 ***Vehículos de Transporte Público****: en el estudio le llamaremos TP, dentro de esta clasificación tenemos:*

- Coaster
- Bus
- Combi

Estos prestan el servicio de transportar a las personas de forma pública a un precio reducido y cuya principal característica es la velocidad relativamente baja a la que circulan. Dentro de este grupo también consideraré los buses y camiones que no prestan servicio público pero que por sus grandes dimensiones van a velocidades relativamente bajas.

3.5.3.2 ***Vehículos que hacen el servicio de taxi:*** *En el estudio le llamaremos "Tax", dentro de esta clasificación tenemos:*

- Station wagon
- Sedan
- Tico
- Hatch back

Estos prestan el servicio de transportar a las personas, repitiendo, en la forma de *taxi* el precio es relativamente alto en comparación con los de transporte público y cuya principal característica es la velocidad relativa alta con la que circula, así como también que existen muchos lugares donde este tipo de vehículos se detiene a coger pasajeros, estos lugares generalmente coinciden con los paraderos de usuarios de transporte público, entonces

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

podríamos deducir que contribuyen al intenso tráfico que existe en los Puntos Críticos ya descritos. Como nota adicional podríamos decir que este tipo de transporte tiene como paradero prácticamente cualquier parte de la vía, esto es cierto en la realidad, pero para nuestro modelo no será necesario representarlo porque no tiene una significancia importante, es decir que las paradas de este tipo de vehículos en cualquier parte de las avenidas no contribuye a empeorar la fluidez del tránsito ni a mejorala, cosa que si ocurre con las paradas de estos vehículos en los Puntos Críticos descritos. Representaré en mi modelo las paradas de los taxis en los Puntos Críticos mas no las paradas en las demás partes de la vía

3.5.3.3 ***Vehículos Particulares:*** En el estudio le llamaré VP, dentro de esta clasificación tenemos:

- Sedan
- Hatch Back
- Pick Up
- Suv
- Station Wagon
- Camión Pequeños

Estos pertenecen a personas o empresas y su objetivo final no es más que la movilidad de sus propios dueños o la movilidad de empresas dentro de sus actividades comerciales distintas al de transporte público. Una característica de estos vehículos es que circulan por las calles a un velocidad relativa alta muy parecida al de los taxi, con la peculiaridad de que no se detienen a coger pasajeros en los paraderos como lo hacen los taxis; si bien es cierto que estos

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

vehículos también tienen que detenerse de vez en cuando para cumplir sus actividades, estas detenciones no las consideraremos dentro del estudio por no ser significativas dentro del análisis, es decir por qué se detenga estos vehículos en alguna parte de la avenida no se va a hacer menos fluido el tránsito.

3.6 Semáforos

En las 3 avenidas de estudio existen 16 Semáforos, los cuales serán los protagonistas de nuestro estudio, al final de la presente investigación propondré una distribución de ubicaciones y tiempos de ciclo de estos equipos, de tal forma que se maximice el flujo vehicular con los mismos recursos:

3.6.1 Semáforos Avenida Aviación



Ilustración 47: Ubicaciones de semáforos en la Avenida aviación

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

En la avenida Aviación tenemos 6 semáforos, sus etiquetados y sus ubicaciones los muestro a continuación:

Número	Nombre	Ubicación	Zona de Estudio
S1	Semáforo 1	Zamácola 1	Avenida Aviación
S2	Semáforo 2	Zamácola 2	
S3	Semáforo 3	Zamácola 3	
S4	Semáforo 4	Kia- Km 7	
S5	Semáforo 5	Calle Cuadros - Ingreso Cerro Colorado	
S6	Semáforo 6	Calle Villa Florida	

Tabla 9: Ubicaciones de los semáforos en la avenida Aviación

También es importante describir los tiempos de ciclo, tiempo en verde, tiempo en rojo, tiempo en amarillo, así como el tiempo de desfase entre el inicio del primer semáforo y el de los demás:

Número	Tiempo Verde	Tiempo Amarillo	Tiempo Rojo	Tiempo de desfase	Ubicación	Zona de Estudio
S1	63	2	35	0	Zamácola 1	Avenida Aviación
S2	63	2	35	0	Zamácola 2	
S3	63	2	35	0	Zamácola 3	
S4	33	2	35	35	Kia- Km 7	
S5	38	2	58	10	Calle Cuadros - Ingreso Cerro Colorado	
S6	38	2	30	40	Calle Villa Florida	

Tabla 10: Tiempo de ciclo de los semáforos de la Avenida Aviación

Aquí es importante aclarar dos aspectos:

- Ya en el modelo de simulación al colocar los datos, el tiempo en verde total será la suma del tiempo en verde y amarillo de la respectiva tabla.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- El tiempo de desfase hace referencia al tiempo de inicio de color verde de cada semáforo en comparación con el inicio del primer semáforo de la avenida correspondiente.

3.6.2 **Semáforos Avenida Pumacahua**



Ilustración 48: Ubicación de Semáforos Avenida Pumacahua

En esta avenida encontramos 6 semáforos:

Número	Nombre	Ubicación	Zona de Estudio
S7	Semáforo 7	Maestro Home Center	Avenida Pumacahua
S8	Semáforo 8	Calle General Moran	
S9	Semáforo 9	Calle Salamanca	
S10	Semáforo 10	Calle Hernando de Luque	
S11	Semáforo 11	Calle Challapampa	
S12	Semáforo 12	Calle Circunvalación	

Tabla 11: Ubicaciones de los semáforos en la avenida Pumacahua

Y sus comportamientos de tiempo son los siguientes:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Número	Tiempo Verde	Tiempo Amarillo	Tiempo Rojo	Tiempo de desfase	Ubicación	Zona de Estudio
S7	48	2	31	0	Maestro Home Center	Avenida Ejército
S8	50	2	26	58	Calle General Moran	
S9	50	2	26	58	Calle Salamanca	
S10	60	2	32	25	Calle Hernando de Luque	
S11	45	2	47	37	Calle Challapampa	
S12	45	2	47	56	Calle Circunvalación	

Tabla 12: Tiempo de ciclo de los semáforos de la Avenida Pumacahua

Obviamente en esta tabla también se cumplen las aclaraciones hechas en la **Tabla 10: Tiempo de ciclo de los semáforos de la Avenida Aviación**

3.6.3 Semáforos Avenida Ejército



Ilustración 49: Ubicación de Semáforos Avenida Ejército

Número	Nombre	Ubicación	Zona de Estudio
S13	Semáforo 13	Calle José Gálvez	Avenida Ejército
S14	Semáforo 14	Caja Tacna	
S RP	Semáforo 15	Real Plaza - Semáforo interno	

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

S15	Semáforo 16	Ampatacocha	
S16	Semáforo 17	Puente Grau	

Tabla 13: Ubicaciones de los semáforos en la avenida Pumacahua

Aquí tenemos que indicar que existe el semáforo interno de Real Plaza el cual da paso a los vehículos que quieren ingresar al centro comercial, el problema se da cuando este semáforo está en rojo obstruye el tráfico de la avenida Ejército sobre todo en las horas puntas de la tarde.

Número	Tiempo Verde	Tiempo Amarillo	Tiempo Rojo	Tiempo de desfase	Ubicación	Zona de Estudio
S13	45	2	47	0	**Calle José Gálvez**	Avenida Ejército
S14	23	2	20	44	**Caja Tacna**	
S Real Plaza	28	2	20	59	**Real Plaza - Semáforo interno**	
S15	45	3	23	3	**Ampatacocha**	
S16	45	3	21	45	**Puente Grau**	

Tabla 14: Tiempo de ciclo de los semáforos de la Avenida Ejército

Nuevamente las aclaraciones hechas en la **Tabla 10: Tiempo de ciclo de los semáforos de la Avenida Aviación** son válidas para esta tabla también

3.6.4 **Semáforos de intercepción**

Como es lógico también se tiene que poner el control de los semáforos de las vías alimentadoras que tienen su propio tiempo en verde y tiempo en rojo, ejemplo:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA



Ilustración 50: intercepción Avenida Pumacahua - calle Hernando de Luque

A continuación, muestro las tablas con los tiempos correspondientes de los semáforos que están en las intercepciones de las avenidas en estudio con otras calles.

Número	Nombre	Ubicación	Zona de Estudio
S6_int	Semáforo 6 intercepción	Calle Villa Florida	Avenida Aviación
S8_int	Semáforo 8 intercepción	Calle General Moran	Avenida Pumacahua
S10_int	Semáforo 10 intercepción	Calle Hernando de Luque	Avenida Ejército
S11_int	Semáforo 11 intercepción	Calle Challapampa	
S12_int	Semáforo 12 intercepción	Calle Circunvalación	
S15_int	Semáforo 15 intercepción	Calle Ampatacocha	

Tabla 15: Ubicaciones de los semáforos en las 3 avenidas en estudio

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Número	Tiempo Verde	Tiempo Amarillo	Tiempo Rojo	Tiempo de desfase	Ubicación	Zona de Estudio
S6_int	18	2	50	80	Calle Villa Florida	Avenida Aviación
S8_int	24	2	52	110	Calle General Moran	Avenida Pumacahua
S10_int	30	2	62	97	Calle Hernando de Luque	
S11_int	45	2	47	74	Calle Challapampa	
S12_int	45	2	47	103	Calle Circunvalación	
S15_int	21	2	48	51	Calle Ampatacocha	Avenida Ejército

Tabla 16: Tiempo de ciclo de los semáforos de las intercepciones de las 3 avenidas en estudio

3.7 Calles alimentadoras y salidas de las avenidas en estudio

Como se va a simular un gran tramo que está compuesto por distintas avenidas, es obvio que tengo que considerar el ingreso de vehículos (entidades) en el inicio de la avenida aviación con dirección de norte a sur.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

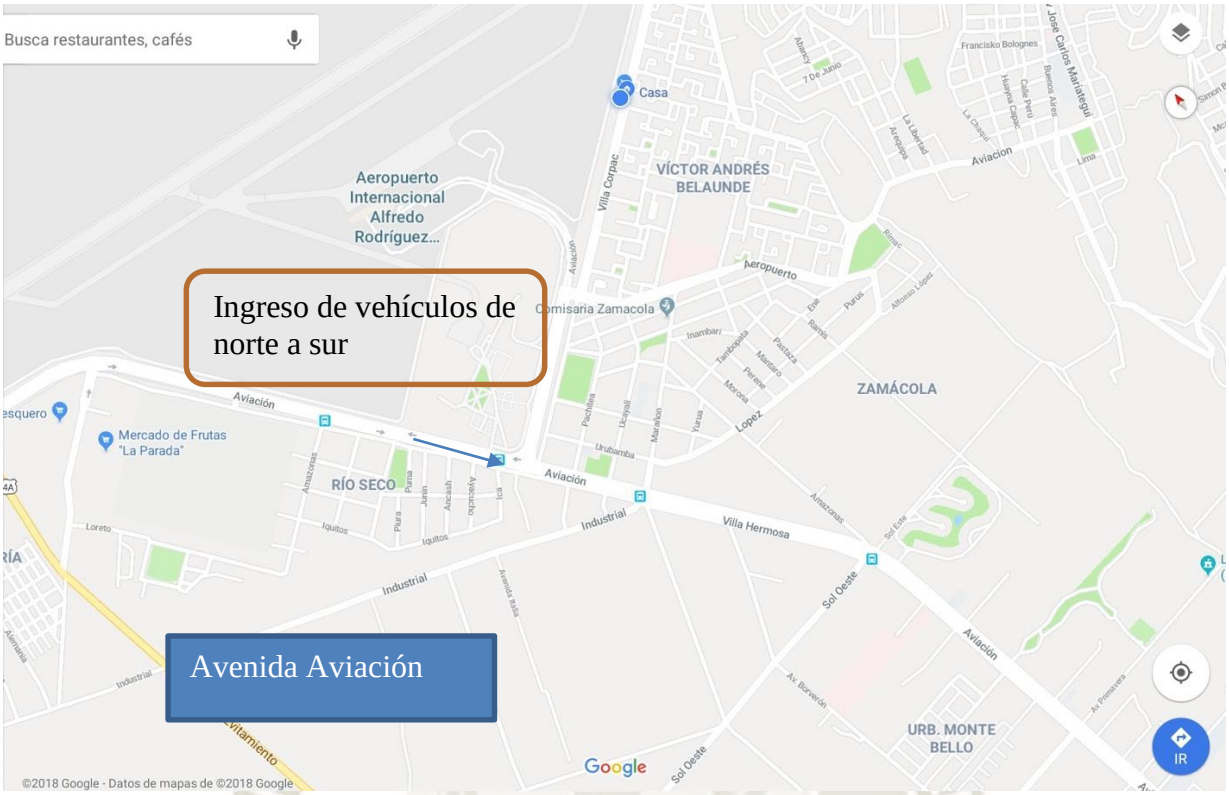


Ilustración 51: Ingreso de vehículos por la avenida Aviación

Pero también debemos considerar que la avenida aviación no es el único medio por donde ingresan los vehículos sino también están las calles perpendiculares a dicha avenida, estas calles representan una fuente de ingreso de vehículos que debo considerar en mi estudio, de igual forma con la avenida Pumacahua y la avenida Ejército que tienen calles con las que forman perpendiculares que alimentan de vehículos al trayecto en estudio.

3.7.1 Alimentadoras y salidas de la avenida Aviación

A continuación, presento todas las calles perpendiculares a las avenidas de estudio que las alimentan de vehículos:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA



Ilustración 52: Calles de ingreso y salida de vehículos de la avenida Aviación

En la avenida aviación tenemos las siguientes calles que representan un ingreso y salida de vehículos del trocal:

- Calle Pachitea: transito muy bajo
- Calle Ucayali: Transito moderado
- Calle J.M. Cuadros: Transito moderado
- Calle Sol Oeste
- Avenida Primavera
- Calle Villa Florida: Transito moderado
- Otros

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Hablaré primero de las calles alimentadoras y aquí tengo que hacer una distinción, unas de calles mencionadas, definitivamente, sí tienen un tráfico considerable, mientras que otras, por circunstancias de accesibilidad, transito muy bajo o por otros motivos, no representan técnicamente una calle alimentadora propiamente dicha; la distinción que acabo de mencionar ya la consideré en la *Ilustración 52: Calles de ingreso y salida de vehículos de la avenida Aviación,* en la imagen indiqué de color azul sólo aquellas calles que representan realmente una vía alimentadora de vehículos mientras que coloqué de color verde aquella calle que, por razones mencionadas, no representa efectivamente una vía alimentadora.

Las calles alimentadoras serían únicamente estas:

1. Calle Ucayali
2. Calle Cuadros
3. Calle Villa Florida

Ahora debo considerar las calles que representan una salida de vehículos, después del análisis hecho, viendo las características propias de cada vía perpendicular a la avenida aviación, obtengo la siguiente conclusión: la única calle que representa una salida de vehículos propiamente dicha es:

- La Calle Villa Florida

Lo mencionado anteriormente también lo indico en la *Ilustración 52: Calles de ingreso y salida de vehículos de la avenida Aviación* donde marco la calle Villa Florida con una flecha de color celeste que representa salida de vehículos.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

3.7.2 **Alimentadoras y salidas de la avenida Pumacahua**

En este ítem analizaré no solo la Av. Pumacahua sino también la Av. Prolongación Ejército, debido a que ambas avenidas por si solas son pequeñas y juntándolas representarán un trayecto importante dentro de mi análisis.

Empiezo mostrando las avenidas a estudiar y las calles perpendiculares que representan ingreso y salida de vehículos a dichas avenidas (troncal).



Ilustración 53: Calles de ingreso y salida de vehículos de la avenida Pumacahua

Según notamos las calles perpendiculares son:

- Calle General Moran
- Calle Salamanca

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

- Calle Córdova
- Calle Hernando de Luque
- Calle Challapampa
- Calle Chachani
- Calle Circunvalación
- Otros

De todas estas calles las únicas por la que se tiene un ingreso de vehículos considerable realmente son:

- Calle General Moran
- Calle Córdova
- Calle Hernando de Luque
- Calle Challapampa
- Calle Circunvalación

Por otro lado, las calles que tienen una salida considerable de vehículos realmente son:

- Hernando de Luque
- Challapampa
- Circunvalación

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

3.7.3 **Alimentadoras y salidas de la avenida Ejército**

Esta última avenida representa la parte más crítica del estudio y contradictoriamente es la avenida más pequeña, bueno esto es por la gran importancia comercial que tiene esta avenida, a continuación presento la imagen de la avenida Ejército y las calles perpendiculares que representan ingreso y salida de vehículos a dicha avenida (troncal).



Ilustración 54: Calles de ingreso y salida de vehículos de la avenida Ejército

Las calles perpendiculares a la avenida Ejército son:

- Calle Las Canoas
- Calle Los Arces

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

- Calle Sevilla
- Calle Francisco Mostajo
- Calle Lima
- Calle Quezada
- Calle Ampatacocha
- Calle La recoleta
- Av. Emmel

Las calles que realmente alimentan de vehículos a la avenida Ejército son:

- Calle Las Canoas
- Calle Sevilla
- Calle Francisco Mostajo
- Av. Emmel
- Calle Lima

En este punto tengo que mencionar que la *Calle Misti y la Calle La Recoleta* representan el ingreso de un número importante de vehículos a la Av. Ejército que no las estoy considerando en el estudio porque están al final de la avenida, esto significa a pesar del importante tráfico que pasa por esas vías no afecta al modelo de simulación ni a sus resultados.

Las calles que representan la salida de vehículos de la troncal son:

- Calle Los Arces
- Av. Emmel

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

- Calle Quezada

3.7.4 Comportamiento de las calles alimentadoras y salidas de las avenidas de estudio por tipo de vehículo

Preparando la información para el desarrollo del modelo de simulación y adelantándome un poco, en este punto tendría que mostrar el comportamiento estadístico del ingreso y salida de flujo vehicular de las calles perpendiculares a las avenidas de estudio (es decir el comportamiento probabilístico de las ramas de la troncal), pero únicamente presentaré el nombre de las variables del comportamiento de los *vehículos que salen* de la avenida en estudio, sus datos y los datos del comportamiento de los *vehículos que ingresan* a las vías de investigación los mostraré como resultado de la toma de datos de las variables de entrada probabilística en el *Capítulo 4: DESARROLLO DEL MODELO DE SIMULACIÓN EN EL SOFTWARE ARENA*, párrafo 4.5.2 *Resultados: Distribución del cambio de dirección de los vehículos que ingresan a la zona de estudio*

Los datos del comportamiento de flujo vehicular de salida de la avenida en estudio los presentaré en *términos porcentuales por calle*, debido a que es de esta forma que se ingresa los datos en el modelo de simulación en el software Arena 14.0 (Capitulo 4: DESARROLLO DEL MODELO DE SIMULACIÓN EN EL SOFTWARE ARENA), los datos que se presentan tienen una clasificación por tipos de vehículos (3.5.3-Clasificación de los vehículos: Taxi, Particular, Transporte Público) y por hora en el día (3.5.2-Distribución de horas punta y horas fuera de punta), a continuación muestro las variables a considerar para el desarrollo del modelo de simulación.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

3.7.4.1 Comportamiento de la salida de vehículos en el horario de 6:30 a.m. a 8:30 a.m.

Avenida	Calle Perpendicular	Tipo de Vehículos	Continua en avenida	Cambia de dirección
Av. Aviación	Villa Florida	Transporte Público	-	-
		Transporte Taxi	-	-
		Transp. Particular	-	-
Av. Pumacahua	Gral. Moran	Transporte Público	-	-
		Transporte Taxi	-	-
		Transp. Particular	-	-
	Córdova	Transporte Público	-	-
		Transporte Taxi	-	-
		Transp. Particular	-	-
	Hernando de Luque	Transporte Público	-	-
		Transporte Taxi	-	-
		Transp. Particular	-	-
	Challapampa	Transporte Público	-	-
		Transporte Taxi	-	-
		Transp. Particular	-	-
	Circunvalación	Transporte Público	-	-
		Transporte Taxi	-	-
		Transp. Particular	-	-
Av. Ejército	Los Arces	Transporte Público	-	-
		Transporte Taxi	-	-
		Transp. Particular	-	-
	Av. Emmel	Transporte Público	-	-
		Transporte Taxi	-	-
		Transp. Particular	-	-
	Quezada	Transporte Público	-	-
		Transporte Taxi	-	-
		Transp. Particular	-	-

Tabla 17: Variables de salida de vehículos de la vía troncal en estudio en el horario de 6:30 a.m. a 8:30 a.m.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

3.7.4.2 Comportamiento de la salida de vehículos en el horario de 8:30 a.m. a 2:30 p.m.

Avenida	Calle Perpendicular	Tipo de Vehículos	Continua en avenida	Cambia de dirección
Av. Aviación	Villa Florida	Transporte Público	-	-
		Transporte Taxi	-	-
		Transp. Particular	-	-
Av. Pumacahua	Gral. Moran	Transporte Público	-	-
		Transporte Taxi	-	-
		Transp. Particular	-	-
	Córdova	Transporte Público	-	-
		Transporte Taxi	-	-
		Transp. Particular	-	-
	Hernando de Luque	Transporte Público	-	-
		Transporte Taxi	-	-
		Transp. Particular	-	-
	Challapampa	Transporte Público	-	-
		Transporte Taxi	-	-
		Transp. Particular	-	-
	Circunvalación	Transporte Público	-	-
		Transporte Taxi	-	-
		Transp. Particular	-	-
Av. Ejército	Los Arces	Transporte Público	-	-
		Transporte Taxi	-	-
		Transp. Particular	-	-
	Av. Emmel	Transporte Público	-	-
		Transporte Taxi	-	-
		Transp. Particular	-	-
	Quezada	Transporte Público	-	-
		Transporte Taxi	-	-
		Transp. Particular	-	-

Tabla 18: Variables de salida de vehículos de la vía troncal en estudio en el horario de 8:30am a 2:30 p.m.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

3.7.4.1 Comportamiento de la salida de vehículos en el horario de 2:30 p.m. a 8:30 p.m.

Avenida	Calle Perpendicular	Tipo de Vehículos	Continua en avenida	Cambia de dirección
Av. Aviación	Villa Florida	Transporte Público	-	-
		Transporte Taxi	-	-
		Transp. Particular	-	-
Av. Pumacahua	Gral. Moran	Transporte Público	-	-
		Transporte Taxi	-	-
		Transp. Particular	-	-
	Córdova	Transporte Público	-	-
		Transporte Taxi	-	-
		Transp. Particular	-	-
	Hernando de Luque	Transporte Público	-	-
		Transporte Taxi	-	-
		Transp. Particular	-	-
	Challapampa	Transporte Público	-	-
		Transporte Taxi	-	-
		Transp. Particular	-	-
	Circunvalación	Transporte Público	-	-
		Transporte Taxi	-	-
		Transp. Particular	-	-
Av. Ejército	Los Arces	Transporte Público	-	-
		Transporte Taxi	-	-
		Transp. Particular	-	-
	Av. Emmel	Transporte Público	-	-
		Transporte Taxi	-	-
		Transp. Particular	-	-
	Quezada	Transporte Público	-	-
		Transporte Taxi	-	-
		Transp. Particular	-	-

Tabla 19: Variables de salida de vehículos de la vía troncal en estudio en el horario de 2:30 p.m. a 8:30 p.m.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Como podemos ver en los resultados que mostré, se tiene que poner la información en función al tipo de vehículo y a la hora en que este circula, la misma clasificación tendrá que tener los resultados de las calles que alimentan a la avenida aviación en el *Capítulo 4:DESARROLLO DEL MODELO DE SIMULACIÓN EN EL SOFTWARE ARENA*

3.8 Velocidad y tiempo de recorrido de los vehículos según el tipo

Para hacer el conteo del tiempo de recorrido de los tramos se usó la App Geo Tracker con el que grabé el recorrido y analicé los datos resultándome los siguientes datos:

3.8.1 Velocidad y Tiempo de recorrido de vehículos de Transporte Público

Empezaré por las velocidades (Km/h) de los vehículos de transporte público

Avenida Aviación			km/h	Velocidad		
	Tramo 1	Tramo 2	Tramo 3	Tramo 4	Tramo 5	Promedio Ponderado
Turno 1	5	31	20	32	27	23.00
Turno 2	8	34	22	35	30	25.80
Turno 3	6	30	20	32	27	23.00
Turno 4	8	34	22	35	30	25.80
Turno 5	6	30	22	32	27	23.40

Tabla 20: Velocidades promedio por tramo de la avenida Aviación

Avenida Pumacahua			km/h	Velocidad		
	Tramo 1	Tramo 2	Tramo 3	Tramo 4	Tramo 5	Promedio Ponderado
Turno 1	18	22	24	20	-	21.00
Turno 2	14	25	20	18	-	19.25
Turno 3	14	20	18	18	-	17.50
Turno 4	10	20	14	14	-	14.50
Turno 5	10	12	10	10	-	10.50

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 21: Velocidades promedio por tramo de la avenida Pumacahua

Avenida Ejército			km/h	Velocidad		
	Tramo 1	Tramo 2	Tramo 3	Tramo 4	Tramo 5	Promedio Ponderado
Turno 1	12	10	5	7	7	8.20
Turno 2	16	14	10	10	10	12.00
Turno 3	12	10	8	8	10	9.60
Turno 4	8	10	7	7	7	7.80
Turno 5	4	5	4	7	8	5.60

Tabla 22: Velocidades promedio por tramo de la avenida Ejército

A continuación, los tiempos de recorrido por tramos (Minutos)

Avenida Aviación			Minutos	Tiempo		
	Tramo 1	Tramo 2	Tramo 3	Tramo 4	Tramo 5	total
Turno 1	4.55	1.61	3.90	0.44	0.51	11.01
Turno 2	2.84	1.47	3.55	0.41	0.46	8.72
Turno 3	3.79	1.66	3.90	0.44	0.51	10.30
Turno 4	2.84	1.47	3.55	0.41	0.46	8.72
Turno 5	3.79	1.66	3.55	0.44	0.51	9.95

Tabla 23: Tiempo de recorrido por tramos avenida Aviación

Avenida Aviación			Minutos	Tiempo		
	Tramo 1	Tramo 2	Tramo 3	Tramo 4	Tramo 5	total
Turno 1	1.91	1.27	0.86	1.03	-	5.06
Turno 2	2.45	1.11	1.03	1.15	-	5.74
Turno 3	2.45	1.39	1.14	1.15	-	6.13
Turno 4	3.43	1.39	1.47	1.47	-	7.77
Turno 5	3.43	2.32	2.06	2.06	-	9.87

Tabla 24: Tiempo de recorrido por tramos de la avenida Pumacahua

Avenida Ejército			Minutos	Tiempo		
	Tramo 1	Tramo 2	Tramo 3	Tramo 4	Tramo 5	total
Turno 1	0.94	1.31	2.63	3.39	3.19	11.45

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Turno 2	0.71	0.93	1.31	2.37	2.23	7.56
Turno 3	0.94	1.31	1.64	2.96	2.23	9.09
Turno 4	1.41	1.31	1.88	3.39	3.19	11.17
Turno 5	2.82	2.62	3.29	3.39	2.79	14.90

Tabla 25: Tiempo de recorrido por tramos de la avenida Ejército

3.8.2 Velocidad y Tiempo de recorrido de vehículos Taxi y Particulares

Recordemos que dentro de nuestra clasificación separamos a los taxis y a los vehículos particulares, pero también mencionamos que estos dos tipos de vehículos según nuestro estudio preliminar tienen en promedio la misma velocidad de recorrido por avenida, entonces aclarado lo anterior paso a mostrar los resultados en las siguientes tablas:

Avenida Aviación			**km/h**	**Velocidad**		
	Tramo 1	Tramo 2	Tramo 3	Tramo 4	Tramo 5	Promedio Ponderado
Turno 1	6	50	35	50	50	37.84
Turno 2	10	50	35	50	50	38.35
Turno 3	14	50	40	50	50	41.04
Turno 4	18	50	45	50	50	43.74
Turno 5	20	50	50	50	50	46.18

Tabla 26: Velocidades promedio por tramo de la avenida Aviación

Avenida Pumacahua			**km/h**	**Velocidad**		
	Tramo 1	Tramo 2	Tramo 3	Tramo 4	Tramo 5	Promedio Ponderado
Turno 1	24	22	40	35	-	28.84
Turno 2	24	30	30	30	-	28.01
Turno 3	24	25	25	25	-	24.67
Turno 4	24	22	25	20	-	22.86
Turno 5	15	12	10	10	-	12.20

Tabla 27: Velocidades promedio por tramo de la Avenida Pumacahua

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Avenida Ejército			km/h	Velocidad		
	Tramo 1	Tramo 2	Tramo 3	Tramo 4	Tramo 5	Promedio Ponderado
Turno 1	28	40	10	10	10	17.13
Turno 2	20	20	20	20	10	17.33
Turno 3	15	10	15	8	15	12.23
Turno 4	10	10	10	8	10	9.43
Turno 5	5	6	5	7	8	6.53

Tabla 28: Velocidades promedio por tramo de la avenida Ejército

Ahora para los mismos tramos presentaré los tiempos de recorrido en minutos:

Avenida Aviación			Minutos	Tiempo		
	Tramo 1	Tramo 2	Tramo 3	Tramo 4	Tramo 5	total
Turno 1	3.79	1.00	2.23	0.28	0.27	7.57
Turno 2	2.27	1.00	2.23	0.28	0.27	6.06
Turno 3	1.62	1.00	1.95	0.28	0.27	5.13
Turno 4	1.26	1.00	1.73	0.28	0.27	4.55
Turno 5	1.14	1.00	1.56	0.28	0.27	4.25

Tabla 29: Tiempo de recorrido promedio por tramo de la avenida Aviación

Avenida Pumacahua			Minutos	Tiempo		
	Tramo 1	Tramo 2	Tramo 3	Tramo 4	Tramo 5	total
Turno 1	1.43	1.27	0.51	0.59		3.80
Turno 2	1.43	0.93	0.69	0.69		3.73
Turno 3	1.43	1.11	0.82	0.83		4.19
Turno 4	1.43	1.27	0.82	1.03		4.55
Turno 5	2.29	2.32	2.06	2.06		8.73

Tabla 30: Tiempo de recorrido promedio por tramo de la avenida Pumacahua

Avenida Ejército			Minutos	Tiempo		
	Tramo 1	Tramo 2	Tramo 3	Tramo 4	Tramo 5	total
Turno 1	0.40	0.33	1.31	2.37	2.23	6.65
Turno 2	0.56	0.65	0.66	1.19	2.23	5.29
Turno 3	0.75	1.31	0.88	2.96	1.49	7.39

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Turno 4	1.13	1.31	1.31	2.96	2.23	8.94
Turno 5	2.26	2.18	2.63	3.39	2.79	13.24

Tabla 31: Tiempo de recorrido promedio por tramo de la avenida Ejército

Estos valores obtenidos de nuestro estudio preliminar nos servirán para:

- Pasar estos datos al software para construir el modelo de simulación.
- Comprobar que nuestro modelo representa adecuadamente la realidad, porque estos tiempos los pasaremos como datos a las entidades que circularán en nuestro modelo, será nuestra base; aquí tenemos que tener cuidado con los tiempos de parada de los vehículos pues según nuestros datos, específicamente de velocidad, estoy considerando que los vehículos no paran y siempre están avanzando, cuando en realidad hay momentos que están parados, este efecto lo explicaré a detalle en el capítulo de desarrollo del modelo
- Verificar si la propuesta de mejora realmente beneficiaría la fluidez vehicular en las zonas de estudio

3.9 Líneas de transporte público que circulan por las vías en estudio

Es necesario conocer las líneas de transporte público que actualmente circulan por las avenidas en estudio, la información presentada a continuación fue obtenida del portal oficial de la Municipalidad Provincial de Arequipa.

3.9.1 **Empresa de transportes 3 de Octubre:**

- Destino: Ejército - Cercado- Miraflores – Socabaya – Ruta **A 012A.**

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA



Fuente: muniarequipa.gob.pe

Ilustración 55: Ruta A012A Empresa 3 de Octubre

3.9.2 **Empresa de transporte 6 de diciembre**

- Destino: Municipal-Aviación- Ejército-Real Plaza- Emmel - Católica – Tasahuayo-Socabaya Ruta A007.



Fuente: muniarequipa.gob.pe

Ilustración 56: Ruta A007 Empresa 6 de Diciembre

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- Destino: Villa Fontana-Aviación-Ejército- Progreso – Bustamante-Socabaya – Ruta A 019.



Fuente: muniarequipa.gob.pe

Ilustración 57: Ruta A019 Empresa 6 de Diciembre

3.9.3 **Empresa de transporte COTUM SA**

- Destino: Pachacútec –Prol. Ejército – Real Plaza – Católica –Ormeño- Tecsup – Ruta C027.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA



Fuente: muniarequipa.gob.pe

Ilustración 58: Ruta C027 Empresa COTUM

- Destino: Pachacútec –Prol Ejército – Real Plaza – Católica – Ormeño-Tecsup – Ruta C028.



Fuente: muniarequipa.gob.pe

Ilustración 59: Ruta C028 Empresa COTUM

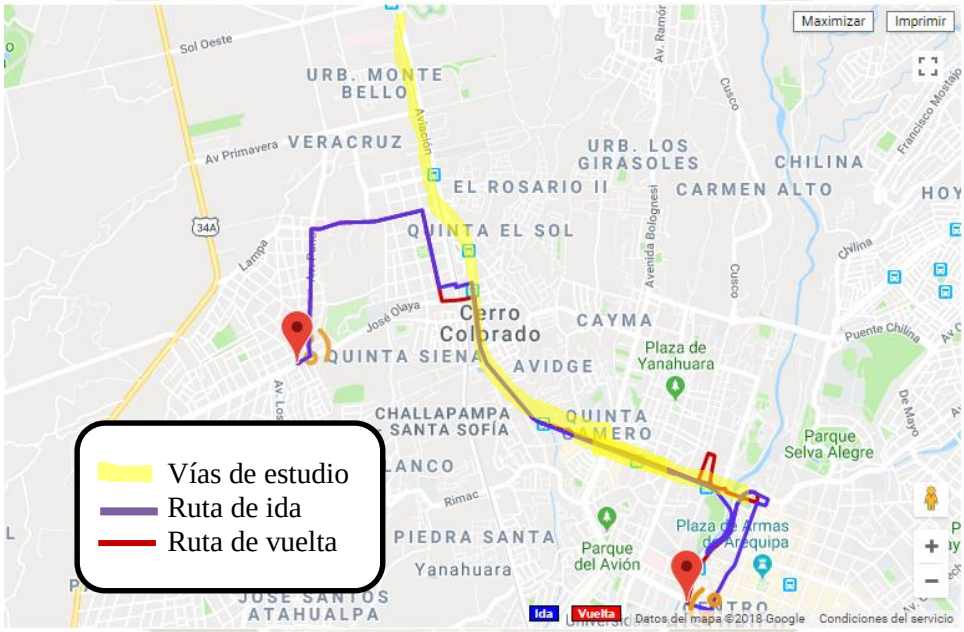
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

3.9.4 **Empresa de transporte Cerro Colorado SA**

- Destino: Alto libertad–Cerro Viejo- Pumacahua- Ejército – Bolívar Sucre – Ruta E 06A.



Fuente: muniarequipa.gob.pe

Ilustración 60: Ruta E06A Empresa Cerro Colorado SAC

3.9.5 **Empresa de transporte Cettar SA**

- Destino: Villa Paraíso Aeropuerto Aviación– Ejército – Bolívar – Av. Parra - Hunter– Ruta P 022.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA



Fuente: muniarequipa.gob.pe

Ilustración 61: Ruta P 022 Empresa CETTAR SA

- Destino: Ciudad Municipal–Aviación- Ejército – Progreso –Mariano Melgar - Paucarpata– Ruta E029



Fuente: muniarequipa.gob.pe

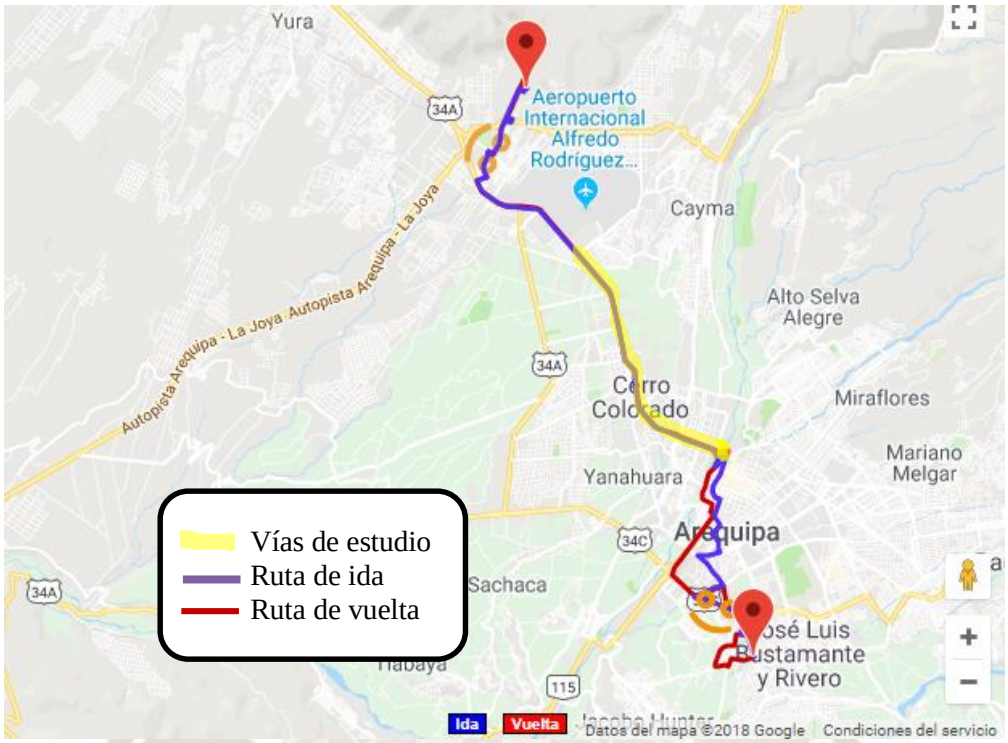
Ilustración 62: Ruta E029 Empresa CETTAR SA

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- Destino: Ciudad Municipal– Aviación -Ejército- Bolívar- Ferroviarios –Bustamante Ruta E025A



Fuente: muniarequipa.gob.pe

Ilustración 63: Ruta E025A Empresa CETTAR SA

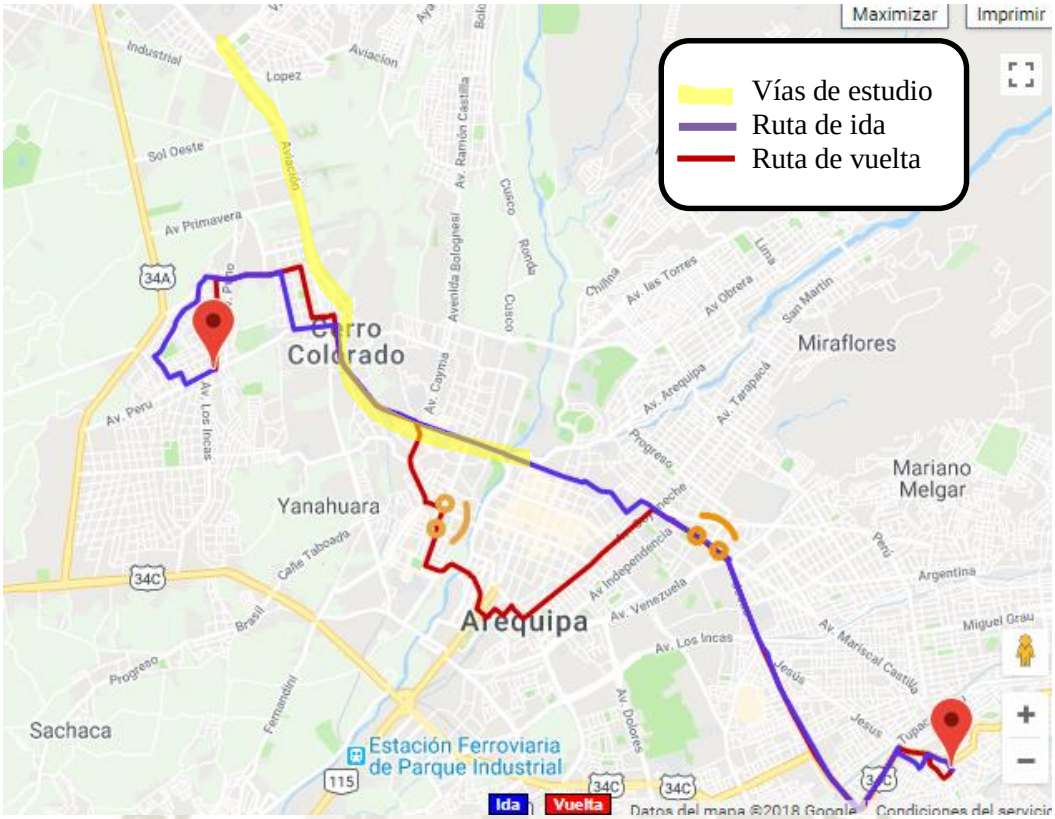
3.9.6 **Empresa de transporte Christus SAC**

Destino: Pachacútec–Cerro Viejo- Ejército-Real Plaza- Católica- Vallecito-Independencia-Paucarpata- Ruta C019.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA



Fuente: muniarequipa.gob.pe

Ilustración 64: Ruta E019 Empresa Christus SAC

3.9.7 **Empresa de transporte Ciudad Municipal Arequipa SA**

- Destino: Ciudad Municipal– Aviación-Ejército –Progreso –Mariano Melgar - Paucarpata–

  Ruta E029

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA



Fuente: muniarequipa.gob.pe

Ilustración 65: Ruta E029 Empresa Ciudad Municipal Arequipa SA

3.9.8 **Empresa de transporte Cotaspa SA**

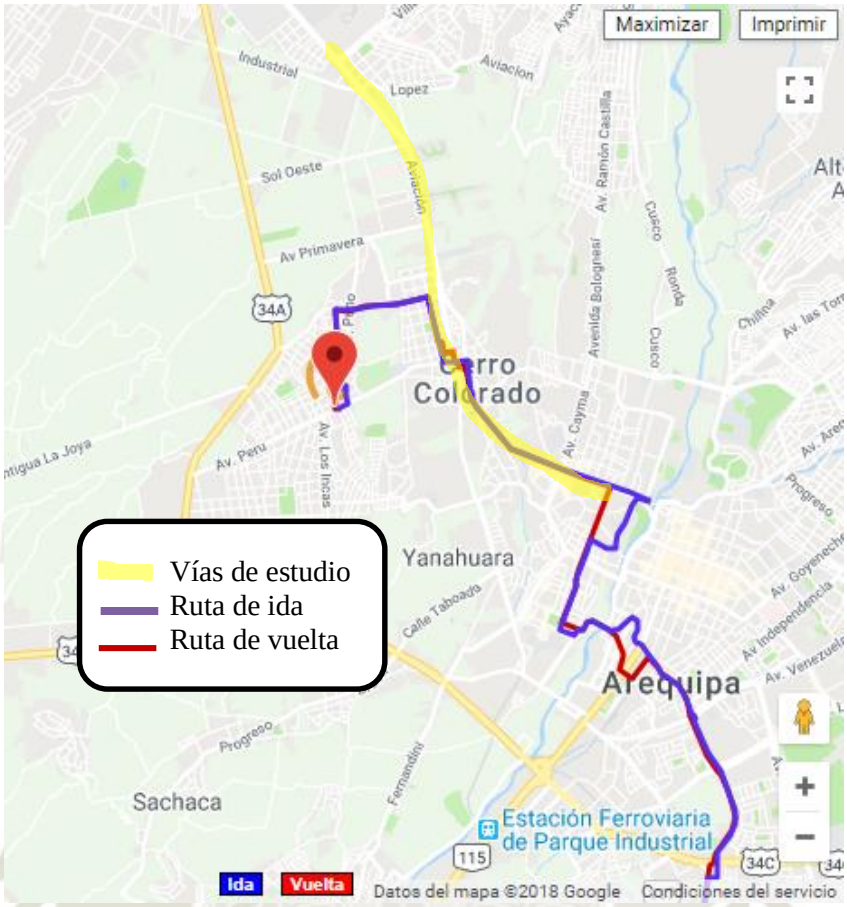
- Destino: Alto Libertad- Cerro Viejo- Pumacahua-Ejército- Bolívar-Avelino- Socabaya

  Ruta A 028

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA



Fuente: muniarequipa.gob.pe

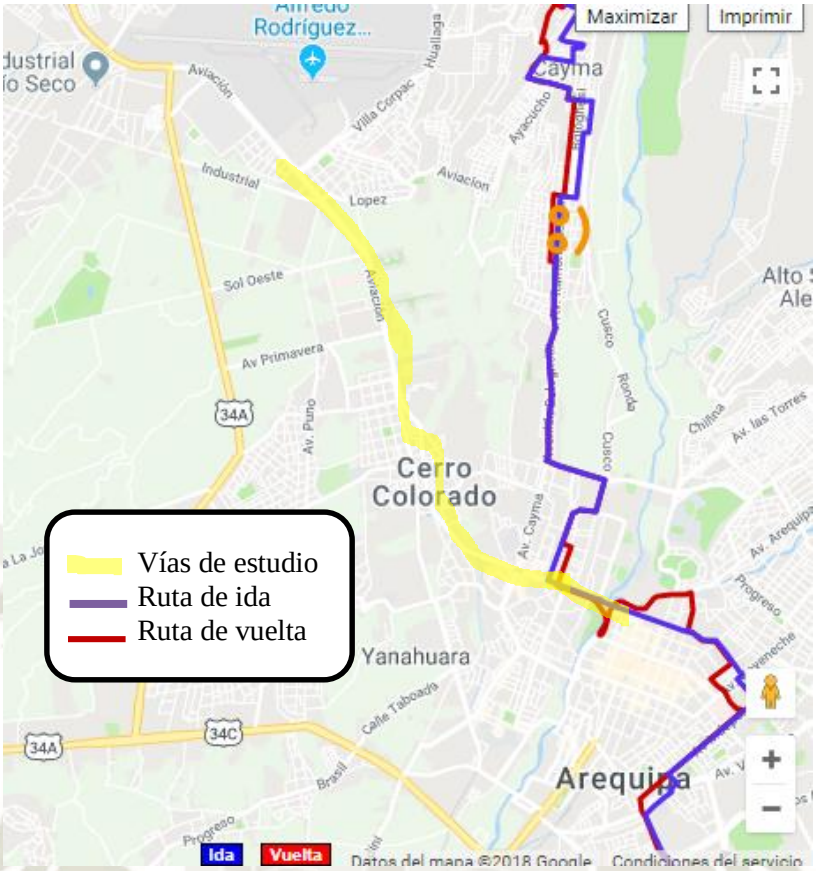
Ilustración 66: Ruta A 028 Empresa Cotaspa SA

- Destino: Cayma- Yanahuara- Ejército- Bolívar- Miraflores-Independencia- Hunter Ruta A 029A

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA



Fuente: muniarequipa.gob.pe

Ilustración 67: Ruta A029A Empresa Cotaspa SA

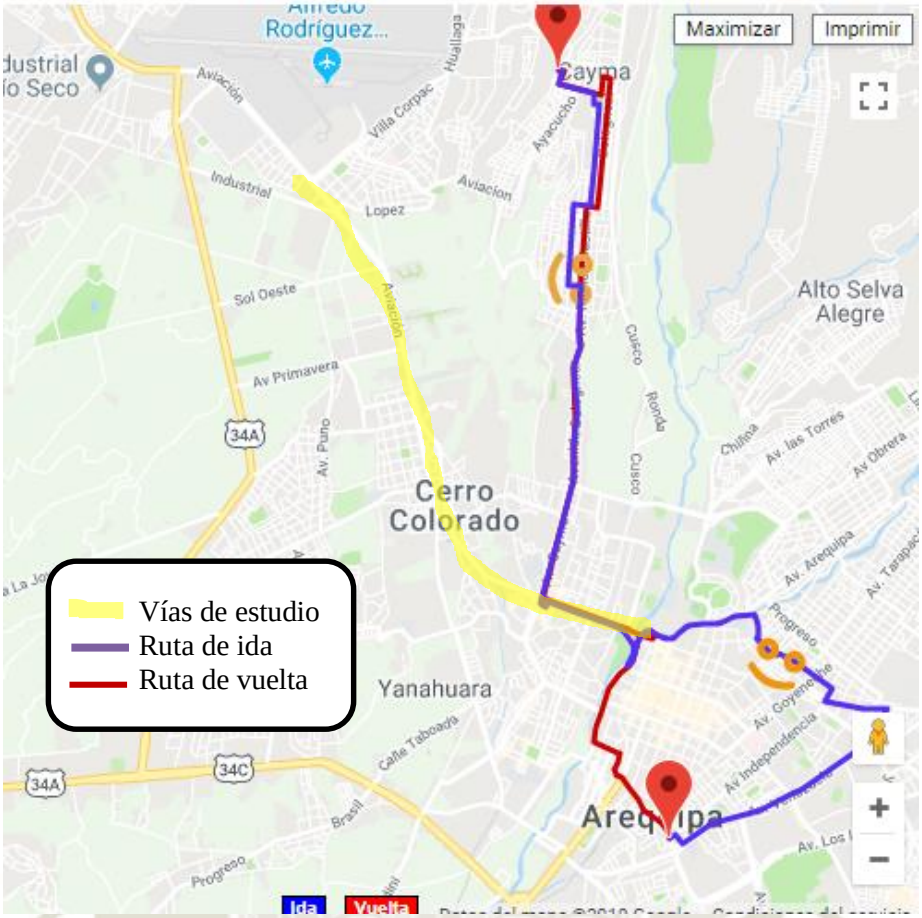
3.9.9 **Empresa de transporte Deán Valdivia SA**

- Destino: Cayma- Mall Plaza- Ejército-Seguro –Venezuela Ruta E 026

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA



Fuente: muniarequipa.gob.pe

Ilustración 68: Ruta E026 Empresa Deán Valdivia

- Destino: Nazareno – Aviación- Ejército – Progreso- Miraflores- Mariano Melgar- Ruta E023A

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA



Fuente: muniarequipa.gob.pe

Ilustración 69: Ruta E023A Empresa Deán Valdivia

3.9.10 Empresa de transporte El Calero SA

- Destino: Yura- Aviación- Ejército – La marina- Bolívar-Av. Parra Ruta E05A

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA



Fuente: muniarequipa.gob.pe

Ilustración 70: Ruta E05A Empresa El Calero SA

3.9.11 Empresa de transporte Escorpiones de Bustamante

- Destino: Rio Seco- Aviación- Pachacútec- Parque Industrial- Bustamante Ruta E20

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA



Fuente: muniarequipa.gob.pe

Ilustración 71: Ruta P E20 Empresa Escorpiones de Bustamante

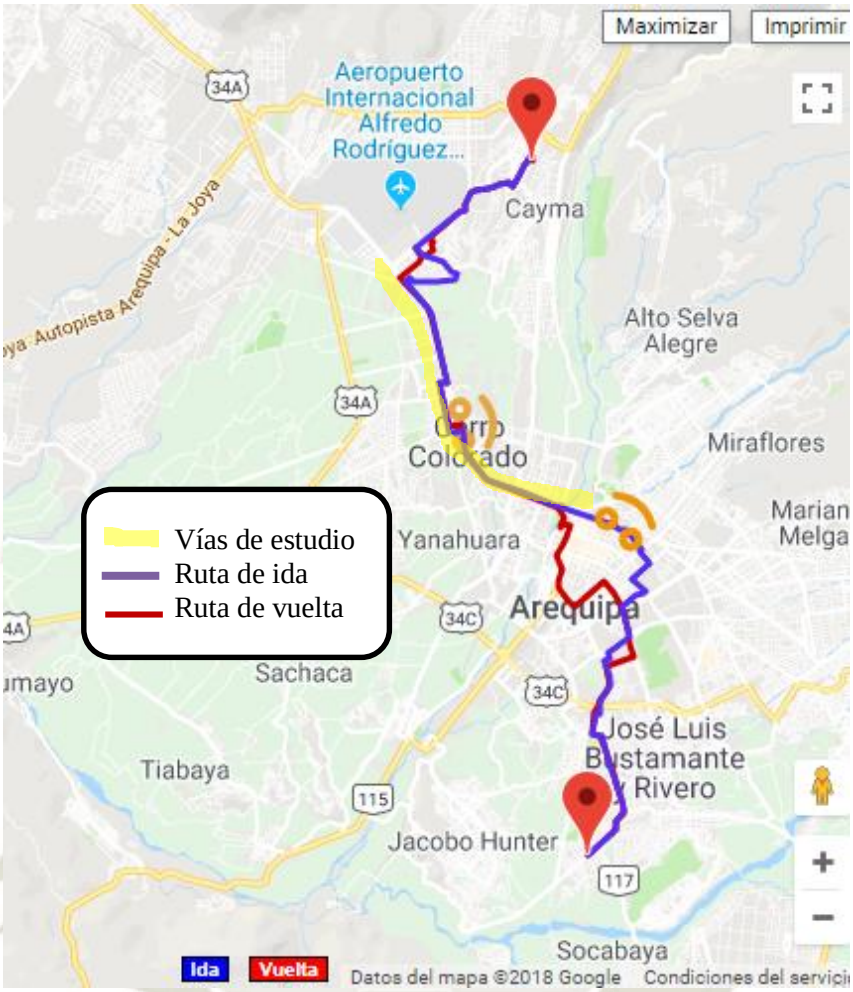
3.9.12 **Empresa de transporte Exenatru**

- Destino: Cayma- Aviación- Ejército- Bolívar- Ormeño -Socabaya - Ruta E33A

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA



Fuente: muniarequipa.gob.pe

Ilustración 72: Ruta E33A Empresa Exenatru

3.9.13 **Empresa de transporte Florián**

- Destino: Cayma- Ejército- Seguro –Venezuela - Ferroviarios Ruta E26 A

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA



Fuente: muniarequipa.gob.pe

Ilustración 73: Ruta E 26A Empresa Florián SA

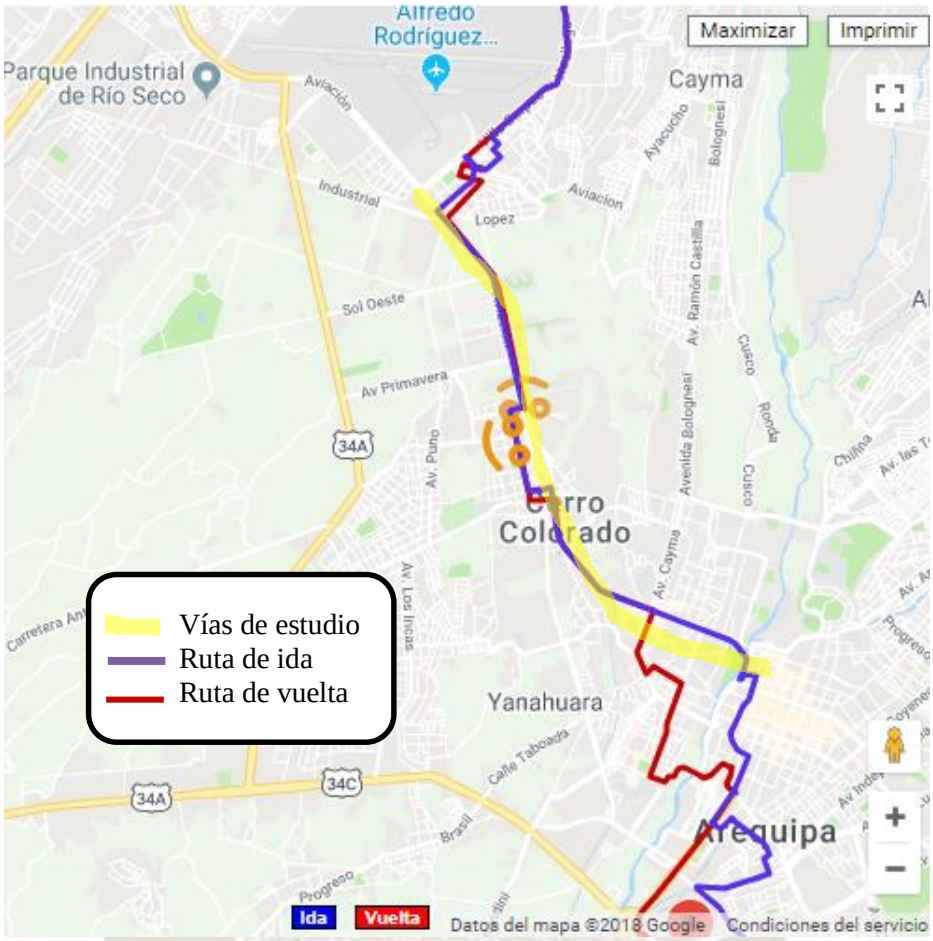
3.9.14 **Empresa de transporte Litoral SA**

- Destino: Cayma- Aviación- Ejército-Bolívar- Ormeño- Avelino Ruta E 004A

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA



Fuente: muniarequipa.gob.pe

Ilustración 74: Ruta E 004A Empresa Litoral SA

- Destino: Rio Seco - Aviación- Ejército-Progreso-Venezuela- Avelino-Ruta E 005A

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA



Fuente: muniarequipa.gob.pe

Ilustración 75: Ruta E 005A Empresa Litoral SA

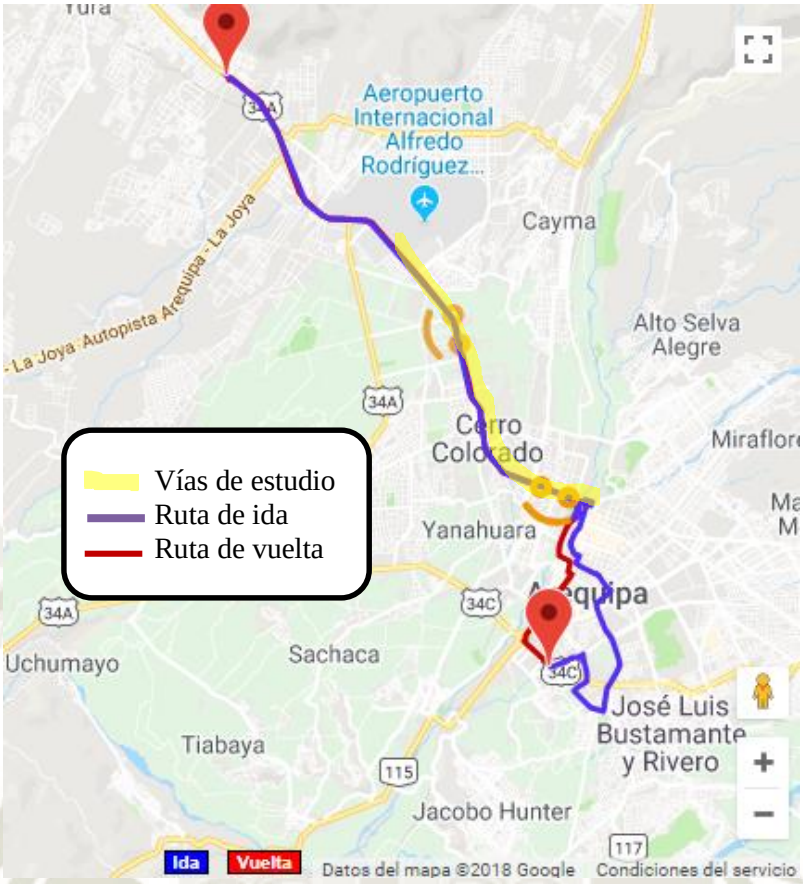
3.9.15 **Empresa de transporte Los Ángeles de Ciudad de Dios**

- Destino: Ciudad de Dios- Aviación- Ejército-Bolívar-Avelino Ruta E 010A-Ruta E019-Ruta P E02

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA



Fuente: muniarequipa.gob.pe

Ilustración 76: Ruta E 010A-Ruta E019- Ruta P E02 Empresa los Ángeles de Ciudad de Dios

- Destino: Ciudad de Dios- Aviación- Pumacahua-Ejército-Progreso Mariano Melgar Ruta E 020

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA



Fuente: muniarequipa.gob.pe

Ilustración 77: Ruta E 020 Los Ángeles de Ciudad de Dios

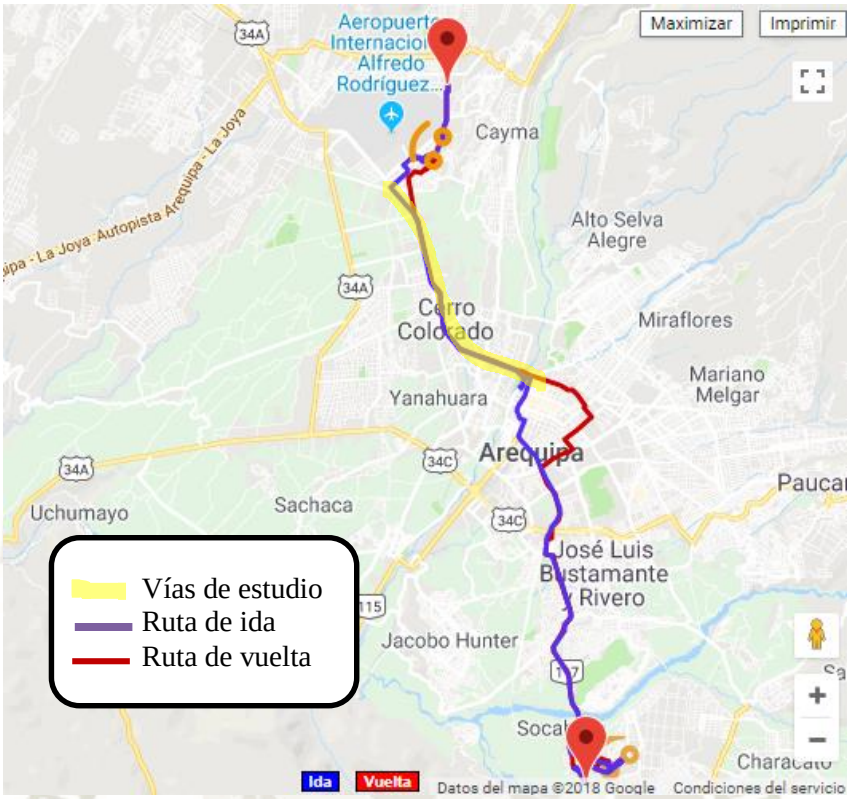
3.9.16 Empresa Los Canarios

- Destino: Villa Paraíso-Aviación- Ejército-Bolívar-Ormeño-Avelino-Socabaya Ruta E 028

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA



Fuente: muniarequipa.gob.pe

Ilustración 78: Ruta E 028 Los Canarios

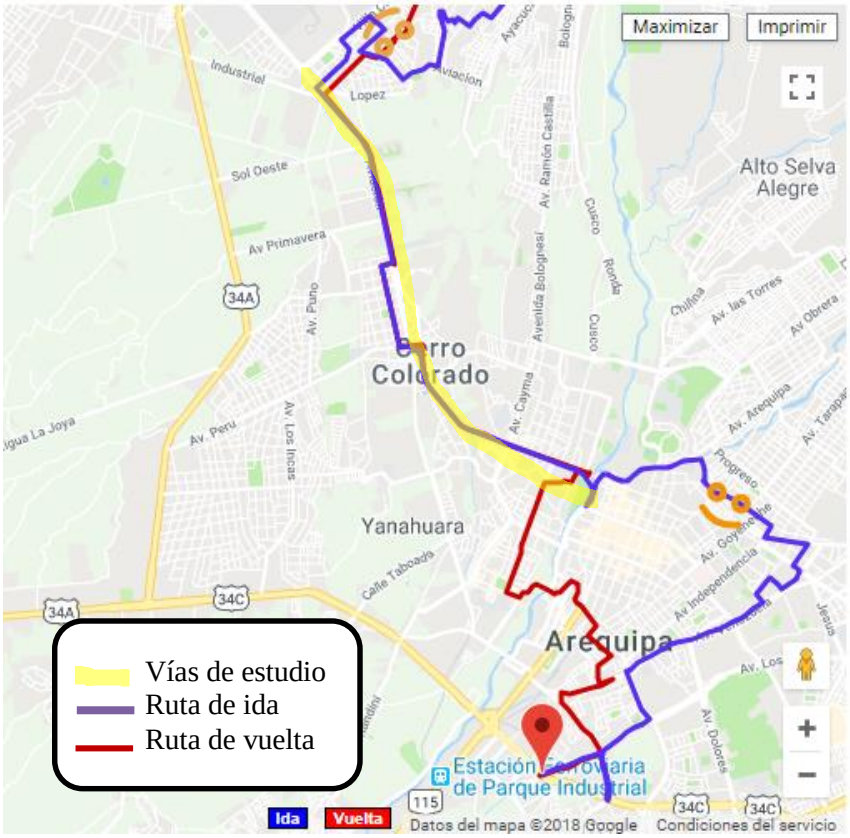
3.9.17 **Empresa Los Pioneros**

- Destino: Villa Paraíso - Aviación- Ejército- Progreso- Venezuela-Ferroviarios– Ruta E 023

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

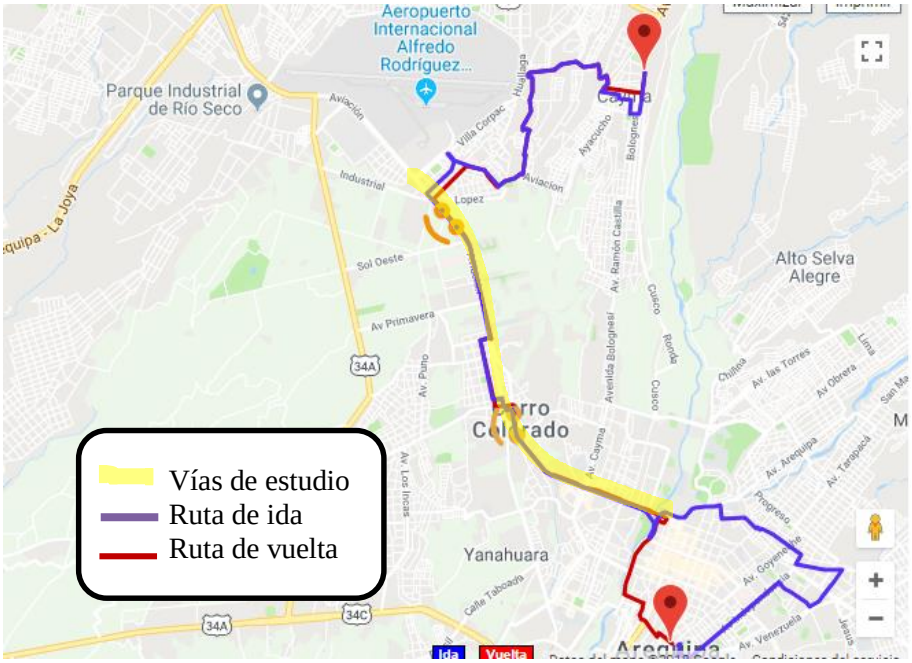
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA



Fuente: muniarequipa.gob.pe

Ilustración 79: Ruta E 023A Los Pioneros

- Destino: Cayma - Aviación- Ejército- Progreso- Venezuela-Ferroviarios– Ruta E 022B



Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

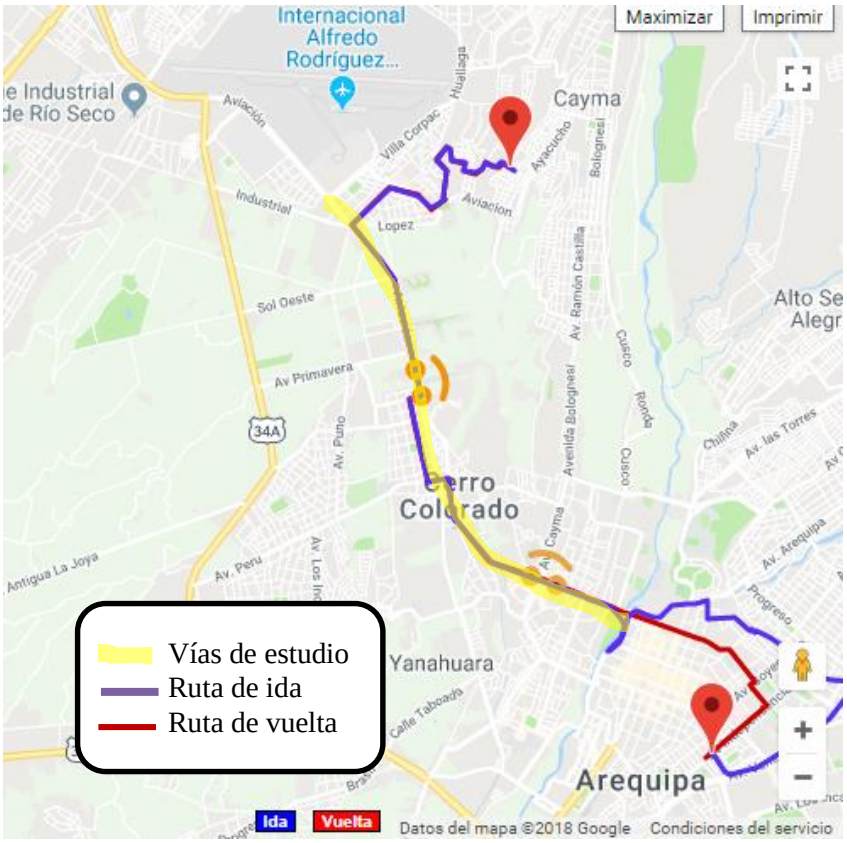
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Fuente: muniarequipa.gob.pe

Ilustración 80: Ruta E 022B Los Pioneros

3.9.18 Empresa Miguel Grau Campiña

- Destino: Cayma - Aviación- Ejército- Progreso-Venezuela– Ruta E 017



Fuente: muniarequipa.gob.pe

Ilustración 81: Ruta E017 Empresa Miguel Grau

- Destino: Cayma - Aviación- Ejército- Progreso- Paucarpata Ruta E016 Ruta C C06

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA



Fuente: muniarequipa.gob.pe

Ilustración 82: Ruta E016 Ruta C C06 Empresa Miguel Grau

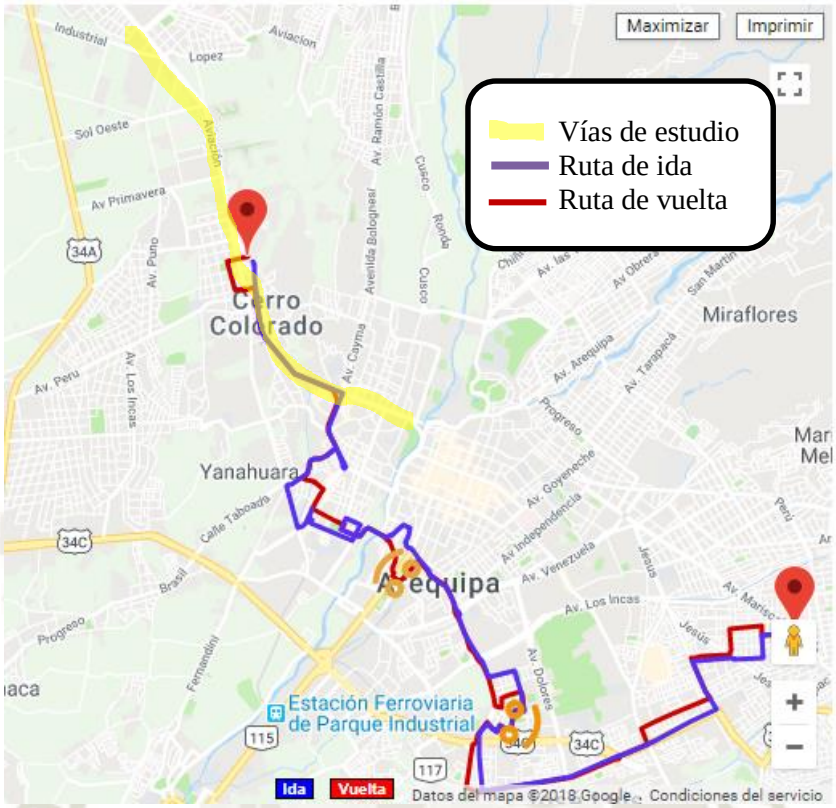
3.9.19 **Empresa Monterrey**

Destino: Cerro Colorado- Pumacahua -Ejército-Real Plaza-Católica-Vallecito Bustamante – Paucarpata Ruta A 37A

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA



Fuente: muniarequipa.gob.pe

Ilustración 83: Ruta A 37A Empresa Monterrey

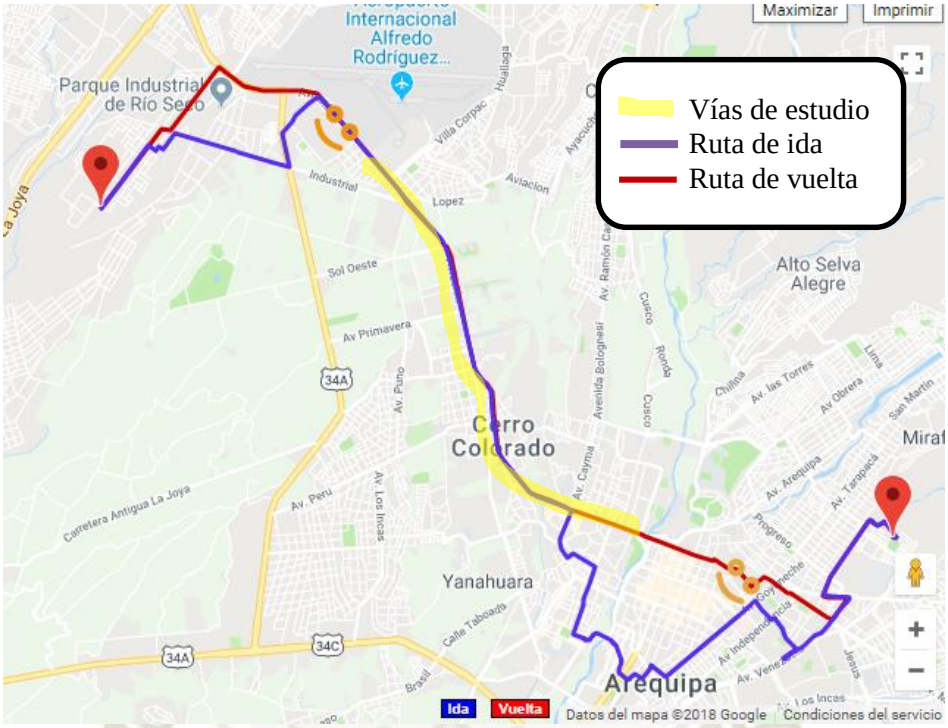
3.9.20 Empresa Peruarbo Buss

- Destino: Rio Seco-Aviación- Ejército- Real Plaza - Católica –Miraflores Ruta P 017

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA



Fuente: muniarequipa.gob.pe

Ilustración 84: Ruta P 017 Empresa Peruarbo

- Destino: Yura-Aviación-Ejército- Real Plaza-Católica –Miraflores Ruta P018



Fuente: muniarequipa.gob.pe

Ilustración 85: Ruta P 018 Empresa Peruarbo

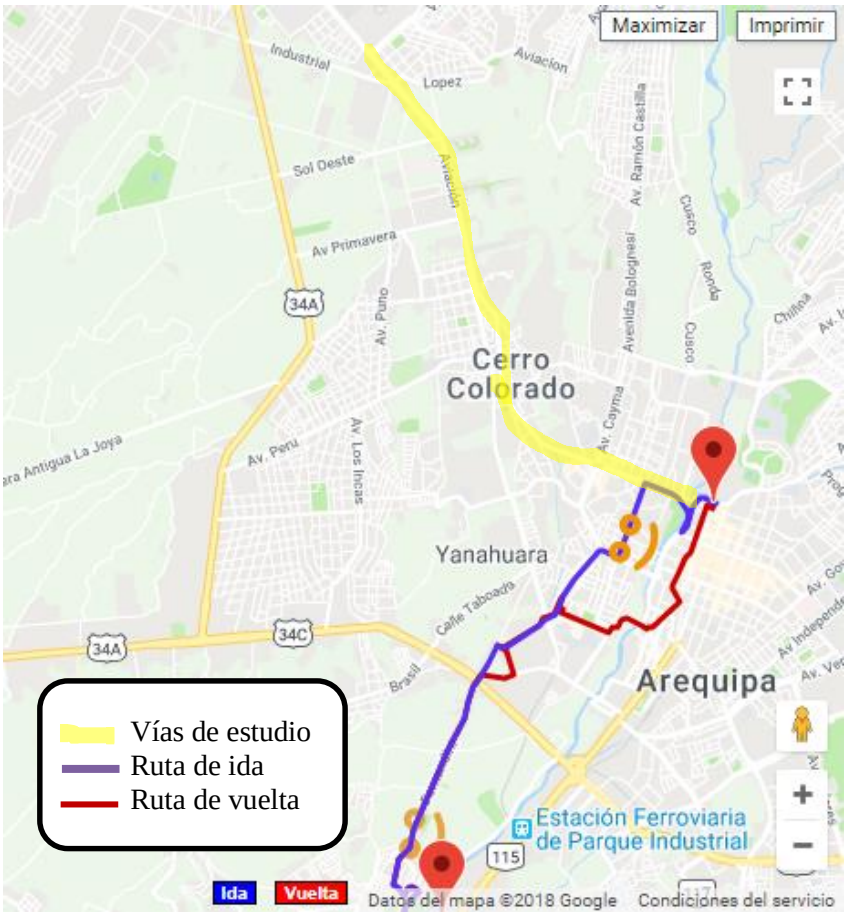
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

3.9.21 **Empresa Primavera- Tahuaycani**

Destino: Tingo-Tahuaycani- Parque El Avión- Ejército – Bolívar Ruta: U03A – U03B-U03C.



Fuente: muniarequipa.gob.pe

Ilustración 86: Ruta: U03A – U03B - U03C Empresa Primavera Tahuaycani

3.9.22 **Empresa Santa Clara**

Destino: Villa Paraíso- Aviación- Ejército-Progreso-Paucarpata Ruta C032.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA



Fuente: muniarequipa.gob.pe

Ilustración 87: Ruta C032 Santa Clara

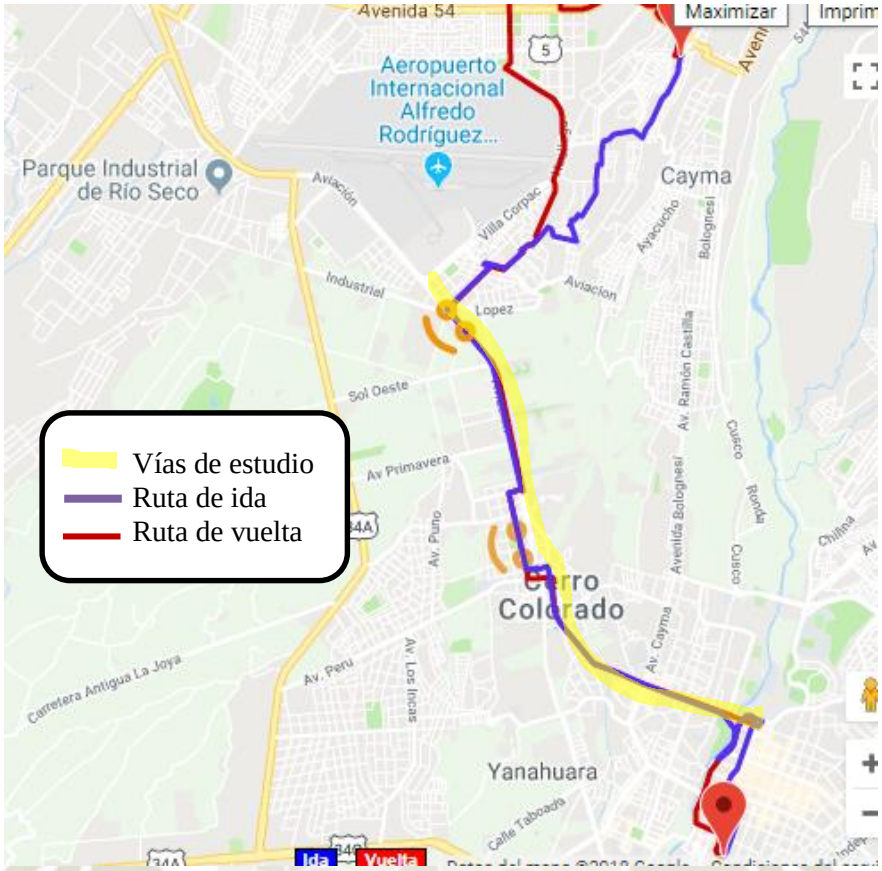
3.9.23 **Empresa Santo Domingo**

Destino: Nazareno- Aviación- Ejército- Bolívar- Ruta E008B – 009B.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA



Fuente: muniarequipa.gob.pe

Ilustración 88: Ruta E008B – 009B Empresa Santo Domingo

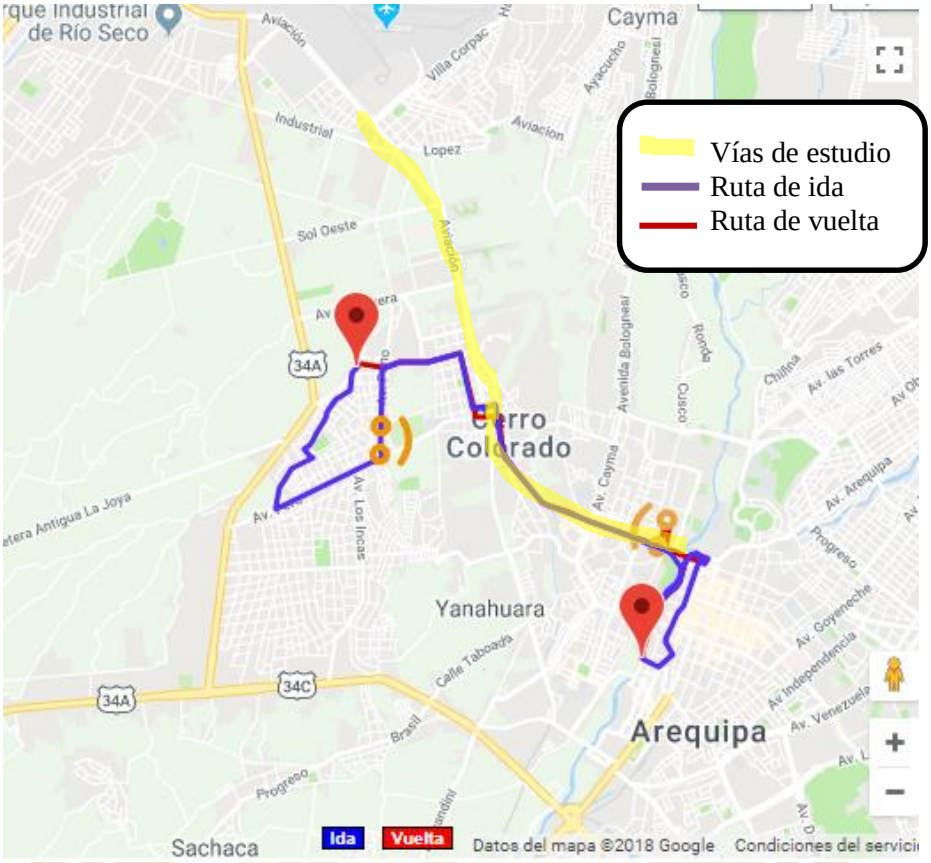
3.9.24 **Empresa Sr. de Lampa**

Destino: Alto Libertad- Cerro Viejo-Pumacahua- Ejército-Bolívar Ruta E 018A-E 014- E 015.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA



Fuente: muniarequipa.gob.pe

Ilustración 89: Ruta E 018A-E 014- E 015 Empresa Sr. De Lampa

3.9.25 **Empresa Sr. de Luren**

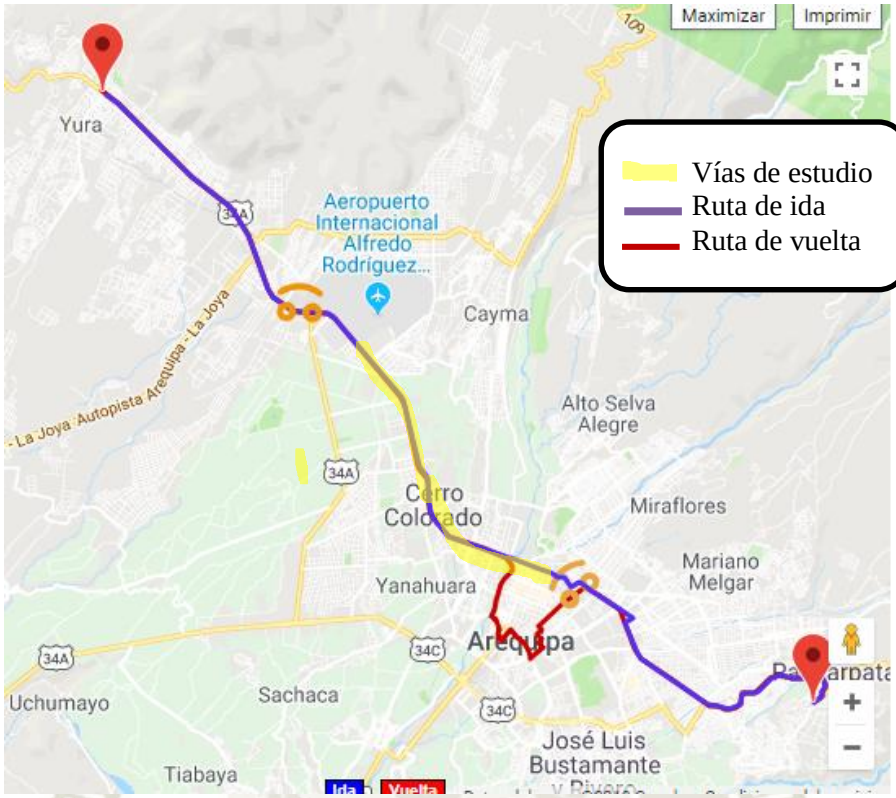
Destino: Yura-Aviación-- Ejército-Real Plaza –Católica-Vallecito-Goyeneche Paucarpata

Ruta C 047A.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA



Fuente: muniarequipa.gob.pe

Ilustración 90: Ruta C 047A Empresa Sr. De Luren

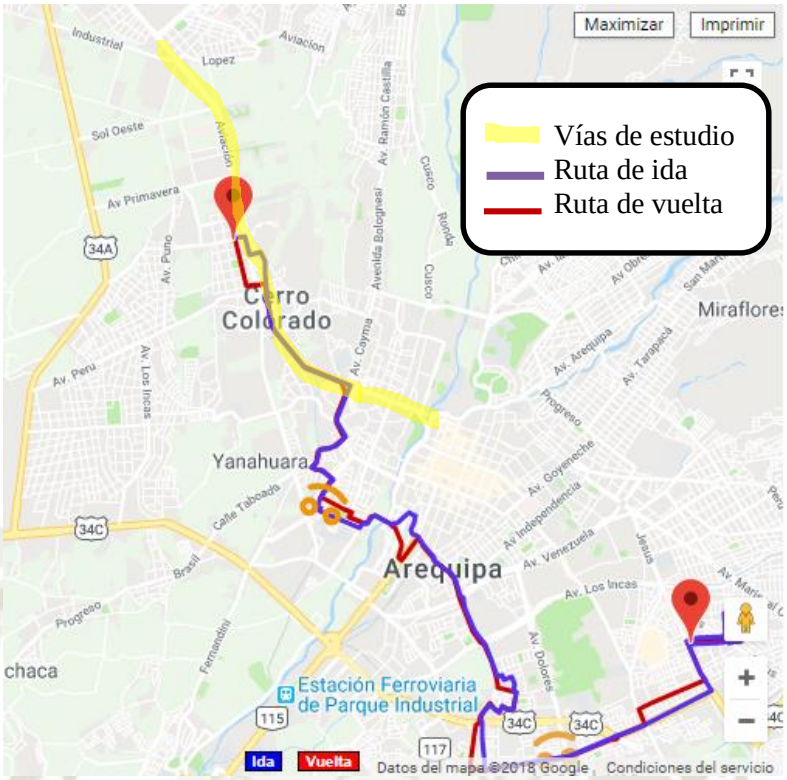
3.9.26 **Empresa Sr. Del Gran Poder**

Destino: Cerro Colorado- Ejército-Real Plaza Católica- Vallecito- Tecsup-Paucarpata Ruta A 037.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA



Fuente: muniarequipa.gob.pe

Ilustración 91: Ruta A 037 Empresa del Gran Poder

3.9.27 Empresa Unidos de Hunter

Destino: Rio Seco- Aviación- Ejército-Progreso Venezuela – Hunter Ruta P012A- P011A- P031A.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA



Fuente: muniarequipa.gob.pe

Ilustración 92: Ruta P012A- P011A- P031A Empresa Unidos de Hunter

3.9.28 **Empresa Zamácola**

Destino: Villa Paraíso- Aviación- Ejército-Progreso- Paucarpata Ruta E16A.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA



Fuente: muniarequipa.gob.pe

Ilustración 93: Ruta E16A Empresa Zamácola

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

CAPITULO 4. DESARROLLO DEL MODELO DE SIMULACIÓN EN EL SOFTWARE ARENA

En este capítulo desarrollaré el modelo de simulación en el software de Rockwell Automation: Arena Studio14.0; representar la fluidez actual en el modelo me permitirá ver de cerca los problemas y cuellos de botella que se presentan en las avenidas de estudio.

Primero mostraré los elementos y características propias de la simulación.

4.1 Variables en estudio

4.1.1 Variables de decisión

4.1.1.1 Tiempo entre luz verde de semáforos (tiempo entre inicio de ciclo de semaforos)

Dentro de las variables de la simulación se tiene al tiempo que hay entre el inicio de ciclo de un semáforo y el inicio de ciclo del siguiente semáforo, como primera acción manipularemos esta variable para ver sus efectos.

4.1.1.2 Paraderos adicionales en la vía

Otra de las variables a utilizar esta en el hecho de poner un tercer carril en las estaciones que será usado como paradero por los vehículos de transporte público, estos paraderos tendrán ciertas características que serán explicadas en el CAPITULO 5: PROPUESTA DE MEJORA, en el modelo de simulación analizaré los efectos en la fluidez vehicular al poner paraderos al sistema.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

4.1.2 **Variables de respuesta**

4.1.2.1 Tiempo promedio de los vehículos en las colas del semáforo

Como variable de respuesta obtendré: tiempo promedio de los vehículos en las colas de los semáforos, a mi entender tendría que haber un cambio significativo de este tiempo si manipulo las variables de decisión; así mismo, el tiempo en cola en los semáforos repercutirá en los costos por consumo de combustible en ralentí.

4.1.2.2 Tiempo promedio de recorrido de los vehículos del trayecto estudiado

También es lógico que si el tiempo de cola en los semáforos cambia por efecto de la manipulación de las variables de decisión también habrá un cambio en el tiempo de recorrido de todo el trayecto.

4.1.3 **Variables de estado**

4.1.3.1 Estado de los semáforos (verde, rojo)

Estas son variables que nos ayudarán a manipular las variables de decisión, básicamente me refiero al tiempo de luz verde, luz roja y luz amarilla.

4.1.3.2 Número de paraderos de todo el trayecto

Otra variable de la que me basaré para poder controlar mis variables de decisión es el número de paraderos que existen actualmente en el trayecto a estudiar.

4.2 Datos de entrada (variables endógenas):

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

También voy a considerar las variables que tienen un comportamiento probabilístico dentro de mi sistema de simulación y que van a representar la fuente de datos principal del modelo, es decir las variables de entrada:

4.2.1 **Intervalo entre llegadas de vehículos**

La clasificación es de acuerdo al tipo de vehículo (Transporte Público, Taxi, Particular-3.5.3-Clasificación de los vehículos) y a la calle por donde ingresa al sistema de estudio, aquí cabe mencionar que cuando se suba los datos al modelo también consideraré la hora de estudio, es decir el ingreso de vehículos al sistema también depende de la hora del día (hora punta y hora fuera de punta-3.5.2-Distribución de horas punta y horas fuera de punta).

Variable	Nombre de la Variable	Vía de Ingreso	Avenida en estudio
X1	Intervalo entre llegadas de Vehículos Particulares	Ingreso Avenida Aviación	Avenida Aviación
X2	Intervalo entre llegadas de Vehículos Taxi		
X3	Intervalo entre llegadas de Vehículos de Transporte Público		
X4	Intervalo entre llegadas de Vehículos Particulares	Ingreso Calle Ucayali	
X5	Intervalo entre llegadas de Vehículos Taxi		
X6	Intervalo entre llegadas de Vehículos de Transporte Público		
X7	Intervalo entre llegadas de Vehículos Particulares	Ingreso J.M. Cuadros	
X8	Intervalo entre llegadas de Vehículos Taxi		
X9	Intervalo entre llegadas de Vehículos de Transporte Público		
X10	Intervalo entre llegadas de Vehículos Particulares	Ingreso Calle Villa florida	
X11	Intervalo entre llegadas de Vehículos Taxi		
X12	Intervalo entre llegadas de Vehículos de Transporte Público		
X13	Intervalo entre llegadas de Vehículos Particulares	Ingreso Calle General Moran	Avenida Pumacahua
X14	Intervalo entre llegadas de Vehículos Taxi		
X15	Intervalo entre llegadas de Vehículos de Transporte Público		

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

X16	Intervalo entre llegadas de Vehículos Particulares	Ingreso Calle Córdova	
X17	Intervalo entre llegadas de Vehículos Taxi		
X18	Intervalo entre llegadas de Vehículos de Transporte Público		
X19	Intervalo entre llegadas de Vehículos Particulares	Ingreso Calle Hernando de Luque	
X20	Intervalo entre llegadas de Vehículos Taxi		
X21	Intervalo entre llegadas de Vehículos de Transporte Público		
X22	Intervalo entre llegadas de Vehículos Particulares	Ingreso Calle Challapampa	
X23	Intervalo entre llegadas de Vehículos Taxi		
X24	Intervalo entre llegadas de Vehículos de Transporte Público		
X25	Intervalo entre llegadas de Vehículos Particulares	Ingreso Calle Circunvalación	
X26	Intervalo entre llegadas de Vehículos Taxi		
X27	Intervalo entre llegadas de Vehículos de Transporte Público		
X28	Intervalo entre llegadas de Vehículos Particulares	Ingreso Calle Las Canoas	Avenida Ejército
X29	Intervalo entre llegadas de Vehículos Taxi		
X30	Intervalo entre llegadas de Vehículos de Transporte Público		
X31	Intervalo entre llegadas de Vehículos Particulares	Ingreso Calle Sevilla	
X32	Intervalo entre llegadas de Vehículos Taxi		
X33	Intervalo entre llegadas de Vehículos de Transporte Público		
X34	Intervalo entre llegadas de Vehículos Particulares	Ingreso Calle Francisco Mostajo	
X35	Intervalo entre llegadas de Vehículos Taxi		
X36	Intervalo entre llegadas de Vehículos de Transporte Público		
X37	Intervalo entre llegadas de Vehículos Particulares	Ingreso Av. Emmel	
X38	Intervalo entre llegadas de Vehículos Taxi		
X39	Intervalo entre llegadas de Vehículos de Transporte Público		
X40	Intervalo entre llegadas de Vehículos Particulares	Ingreso Calle Lima	
X41	Intervalo entre llegadas de Vehículos Taxi		
X42	Intervalo entre llegadas de Vehículos de Transporte Público		

Tabla 32: Nombre y denominación de los datos de entrada (variables endógenas) para el modelo de simulación

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

4.2.2 **Tiempo de detención en cada paradero**

Otros datos de entrada son los tiempos de parada de vehículos que representarían en un modelo tradicional *los tiempos de procesamiento*, en mi caso los tiempos a analizar se clasificarían por tipo de vehículo (Transporte Público, Taxi, Particular -3.5.3-Clasificación de los vehículos) y según los paraderos mencionados en el párrafo 3.3-Puntos Críticos, además estos datos también están en función a la hora del día en que circulan por la avenida (3.5.2-Distribución de horas punta y horas fuera de punta)

Variable	Nombre de la Variable	Paradero	Avenida en estudio
X101	Tiempo de detención Vehículos de Transporte Público	Zamácola 1	Av. Aviación
X102	Tiempo de detención Vehículos de Taxi		
X103	Tiempo de detención Vehículos de Transporte Público	Zamácola 2	
X104	Tiempo de detención Vehículos de Taxi		
X105	Tiempo de detención Vehículos de Transporte Público	Metro C. Col.	
X106	Tiempo de detención Vehículos de Taxi		
X107	Tiempo de detención Vehículos de Transporte Público	Cerro Viejo	Av. Pumacahua
X108	Tiempo de detención Vehículos de Taxi		
X109	Tiempo de detención Vehículos de Transporte Público	Cerro Viejo 2	
X110	Tiempo de detención Vehículos de Taxi		
X111	Tiempo de detención Vehículos de Transporte Público	Circunvalación	
X112	Tiempo de detención Vehículos de Taxi		
X113	-	Real Plaza	Av. Ejército
X114	Tiempo de detención Vehículos de Taxi		
X115	Tiempo de detención Vehículos de Transporte Público	Entel	
X116	Tiempo de detención Vehículos de Taxi		
X117	Tiempo de detención Vehículos de Transporte Público	Claro	
X118	Tiempo de detención Vehículos de Taxi		
X119	Tiempo de detención Vehículos de Transporte Público	Metro Ejército	
X120	Tiempo de detención Vehículos de Taxi		
X121	Tiempo de detención Vehículos de Transporte Público	Ampatacocha	
X122	Tiempo de detención Vehículos de Taxi		
X123	Tiempo de detención Vehículos de Transporte Público	BCP	

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

X124	Tiempo de detención Vehículos de Taxi		
X125	Tiempo de detención Vehículos de Transporte Público	Recoleta	
X126	Tiempo de detención Vehículos de Taxi		

Tabla 33: Nombre y denominación de las variables relacionadas con el tiempo de detención (tiempo de procesamiento) en los paraderos

Ahora tengo que hacer unas aclaraciones:

- Los paraderos se sacaron del párrafo 3.3-Puntos Críticos y estos a su vez se obtuvieron por la técnica de la observación directa, considerando Puntos Críticos a aquellas zonas en las avenidas que representan cuellos de botella para la fluidez del tránsito.
- A pesar de posibilidad de los vehículos de transporte Público (Taxis y Buses) de parar prácticamente en cualquier cuadra (nuestra idiosincrasia) no se consideraron estos paraderos eventuales en la simulación pues no tienen una significancia en el modelo, es decir sus efectos en los resultados no son relevantes.
- A la altura de Real Plaza en la avenida Ejército está prohibido que los vehículos de transporte público (especialmente buses y combis) lo usen como paradero, pero esta zona representa uno de los Puntos Críticos; esto es porque esta zona es utilizada prácticamente como un comité de taxi donde estos vehículos están detenidos sin moverse por un largo tiempo lo que convierte a este punto en un cuello de botella.
- Con lo dicho en el párrafo anterior sería lógico pensar que la misma situación se repita en la siguiente cuadra donde está el Mall Open Plaza (lugar donde también los taxis se detienen por un largo tiempo), pero específicamente en este punto la situación no es tan crítica porque a esa altura existe una calle por donde ingresan los vehículos de la calle Sevilla lo que hace que en este punto la vía sea más ancha, entonces a pesar de

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

que los taxis también se detengan a esperar pasajeros esto no representa una situación relevante para mi investigación. Si en esta zona existe un gran número de vehículos detenidos no es porque, exactamente en este punto, exista cuello de botella si no debido al efecto del paradero de Claro (Punto Crítico) que está a tan solo 70 metros después del mall Open Plaza.

4.3 Plan de recopilación de información

La toma de tiempos de los datos de entrada se completó en un periodo de 5 meses, para cada variable la toma de tiempos duró un día completo de trabajo desde las 6:30 am hasta las 8:30 pm únicamente durante en el rango de lunes a viernes excluyendo los feriados y otros días en los que el comportamiento del tránsito no sea normal, esta actividad se realizó con la aplicación de Android App Ultimate Stopwatch que hizo que esta tarea sea un tanto automatizada. Esta tarea fue acompañada de la utilización del método Delphi (Opinión de expertos) donde eran los mismos conductores y cobradores que me explicaban cuál era el comportamiento normal a la hora de transitar por las avenidas de estudio.

4.4 Procedimiento para la obtención de las distribuciones estadísticas de los datos de entrada

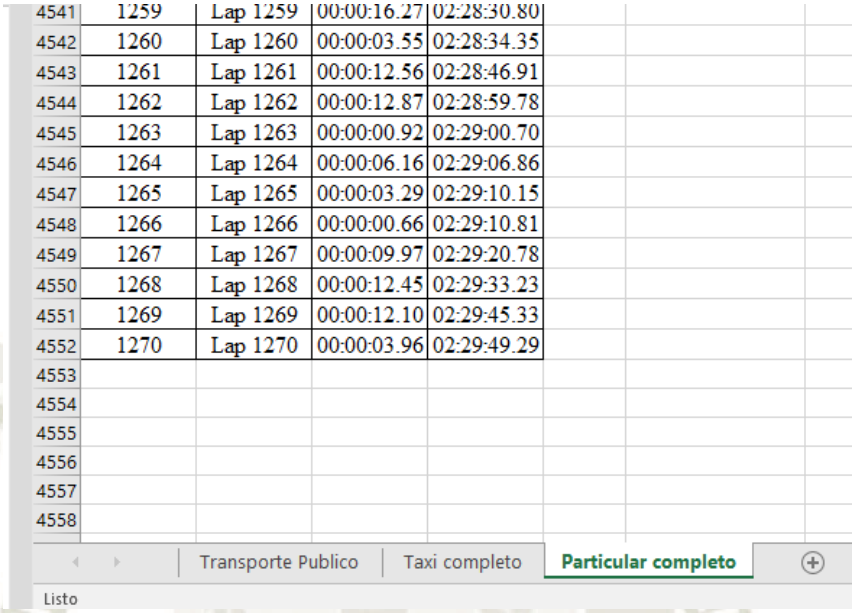
Después del uso de la aplicación para el conteo de tiempos se obtuvo los datos de cada tipo de vehículo (Taxi, Particular, Transporte Público) de una determinada vía de ingreso (Calles alimentadoras) a lo largo del día (durante las 14 horas de estudio). A manera de ejemplo presento los datos de vehículos particulares que ingresan por la avenida Aviación durante todo el día, cabe

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

mencionar que se tuvieron 4552 registros, la información obtenida de la aplicación tiene el siguiente formato:



4541	1259	Lap 1259	00:00:16.27	02:28:30.80
4542	1260	Lap 1260	00:00:03.55	02:28:34.35
4543	1261	Lap 1261	00:00:12.56	02:28:46.91
4544	1262	Lap 1262	00:00:12.87	02:28:59.78
4545	1263	Lap 1263	00:00:00.92	02:29:00.70
4546	1264	Lap 1264	00:00:06.16	02:29:06.86
4547	1265	Lap 1265	00:00:03.29	02:29:10.15
4548	1266	Lap 1266	00:00:00.66	02:29:10.81
4549	1267	Lap 1267	00:00:09.97	02:29:20.78
4550	1268	Lap 1268	00:00:12.45	02:29:33.23
4551	1269	Lap 1269	00:00:12.10	02:29:45.33
4552	1270	Lap 1270	00:00:03.96	02:29:49.29
4553				
4554				
4555				
4556				
4557				
4558				

Transporte Publico | Taxi completo | **Particular completo**

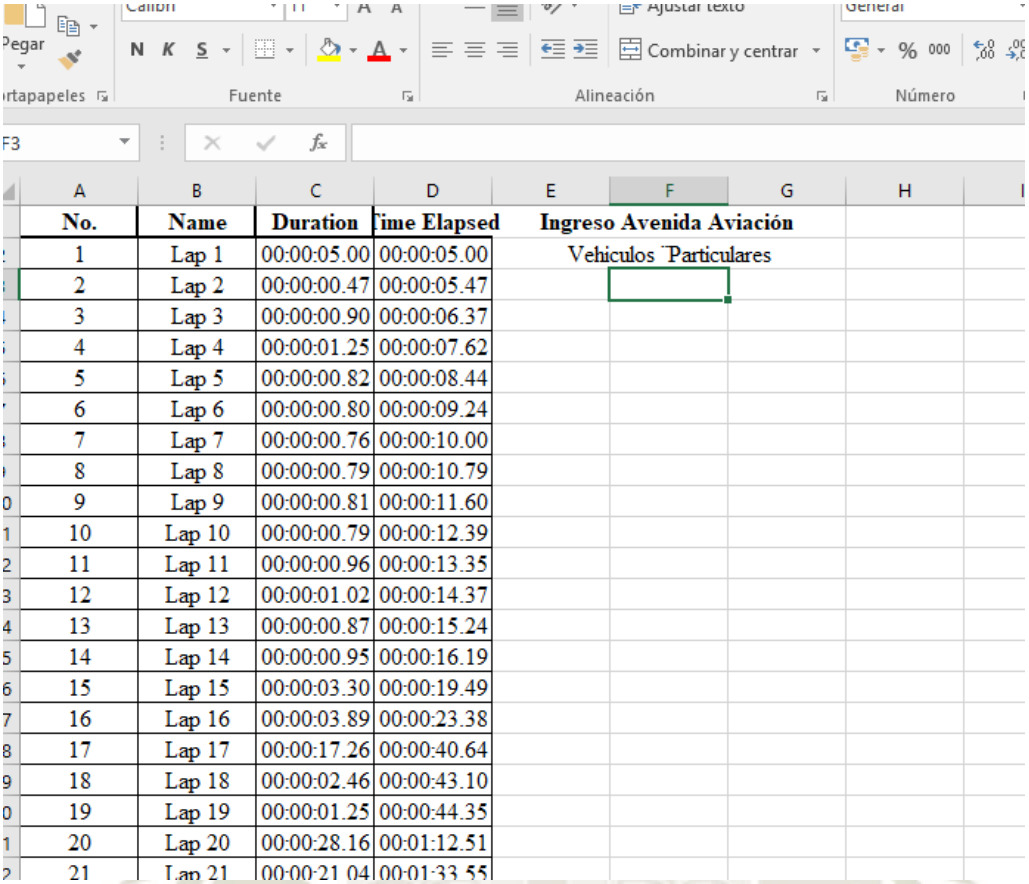
Listo

Ilustración 94: Datos resultantes del uso de la app Ultimate Stopwatch (se aprecia el número de registros después de la toma de tiempos en la avenida en estudio)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA



No.	Name	Duration	Time Elapsed	Ingreso Avenida Aviación
1	Lap 1	00:00:05.00	00:00:05.00	Vehiculos Particulares
2	Lap 2	00:00:00.47	00:00:05.47	
3	Lap 3	00:00:00.90	00:00:06.37	
4	Lap 4	00:00:01.25	00:00:07.62	
5	Lap 5	00:00:00.82	00:00:08.44	
6	Lap 6	00:00:00.80	00:00:09.24	
7	Lap 7	00:00:00.76	00:00:10.00	
8	Lap 8	00:00:00.79	00:00:10.79	
9	Lap 9	00:00:00.81	00:00:11.60	
10	Lap 10	00:00:00.79	00:00:12.39	
11	Lap 11	00:00:00.96	00:00:13.35	
12	Lap 12	00:00:01.02	00:00:14.37	
13	Lap 13	00:00:00.87	00:00:15.24	
14	Lap 14	00:00:00.95	00:00:16.19	
15	Lap 15	00:00:03.30	00:00:19.49	
16	Lap 16	00:00:03.89	00:00:23.38	
17	Lap 17	00:00:17.26	00:00:40.64	
18	Lap 18	00:00:02.46	00:00:43.10	
19	Lap 19	00:00:01.25	00:00:44.35	
20	Lap 20	00:00:28.16	00:01:12.51	
21	Lap 21	00:00:21.04	00:01:33.55	

Ilustración 95: Datos resultantes de la app Ultimate Stopwatch

Notemos que la información no está ordenada, así que le di el formato para poder trabajarla y meterla al Input Analyzer del Arena Software y así nos muestre la distribución estadística que más se acomode a nuestros datos:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

F5 =+(MINUTO(G5)*60)+SEGUNDO(G5)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	No.	Name	Duration	Time Elapsed	Orden	Intervalos de llegada (seg)	Intervalos de llegada (seg)	06:30:00 a. m.	Hora de inicio:	Hora de Termino:
2	1	Lap 1	00:00:05.00	00:00:05.00	1	5	0:00:05	06:30:05 a. m.	06:30:00 a. m.	08:30
3	2	Lap 2	00:00:00.47	00:00:05.47	2	0	0:00:00	06:30:05 a. m.		
4	3	Lap 3	00:00:00.90	00:00:06.37	3	1	0:00:01	06:30:06 a. m.		
5	4	Lap 4	00:00:01.25	00:00:07.62	4	1	0:00:01	06:30:08 a. m.		
6	5	Lap 5	00:00:00.82	00:00:08.44	5	1	0:00:01	06:30:08 a. m.		
7	6	Lap 6	00:00:00.80	00:00:09.24	6	1	0:00:01	06:30:09 a. m.		
8	7	Lap 7	00:00:00.76	00:00:10.00	7	1	0:00:01	06:30:10 a. m.		
9	8	Lap 8	00:00:00.79	00:00:10.79	8	1	0:00:01	06:30:11 a. m.		
10	9	Lap 9	00:00:00.81	00:00:11.60	9	1	0:00:01	06:30:12 a. m.		
11	10	Lap 10	00:00:00.79	00:00:12.39	10	1	0:00:01	06:30:12 a. m.		
12	11	Lap 11	00:00:00.96	00:00:13.35	11	1	0:00:01	06:30:13 a. m.		
13	12	Lap 12	00:00:01.02	00:00:14.37	12	1	0:00:01	06:30:14 a. m.		
14	13	Lap 13	00:00:00.87	00:00:15.24	13	1	0:00:01	06:30:15 a. m.		
15	14	Lap 14	00:00:00.95	00:00:16.19	14	1	0:00:01	06:30:16 a. m.		
16	15	Lap 15	00:00:03.30	00:00:19.49	15	3	0:00:03	06:30:19 a. m.		
17	16	Lap 16	00:00:03.89	00:00:23.38	16	4	0:00:04	06:30:23 a. m.		
18	17	Lap 17	00:00:17.26	00:00:40.64	17	17	0:00:17	06:30:41 a. m.		
19	18	Lap 18	00:00:02.46	00:00:43.10	18	2	0:00:02	06:30:43 a. m.		
20	19	Lap 19	00:00:01.25	00:00:44.35	19	1	0:00:01	06:30:44 a. m.		
21	20	Lap 20	00:00:28.16	00:01:12.51	20	28	0:00:28	06:31:13 a. m.		

Transporte Publico | Taxi completo | Particular completo

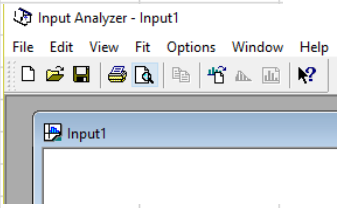


Ilustración 96: Tratamiento de la información

La información obtenida finalmente será la que esta resaltado de amarillo, esa es la información que se mete el Input Analyzer para ser procesada.

Seguidamente el Input Analyzer arrojará una ventana como la presento a continuación:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

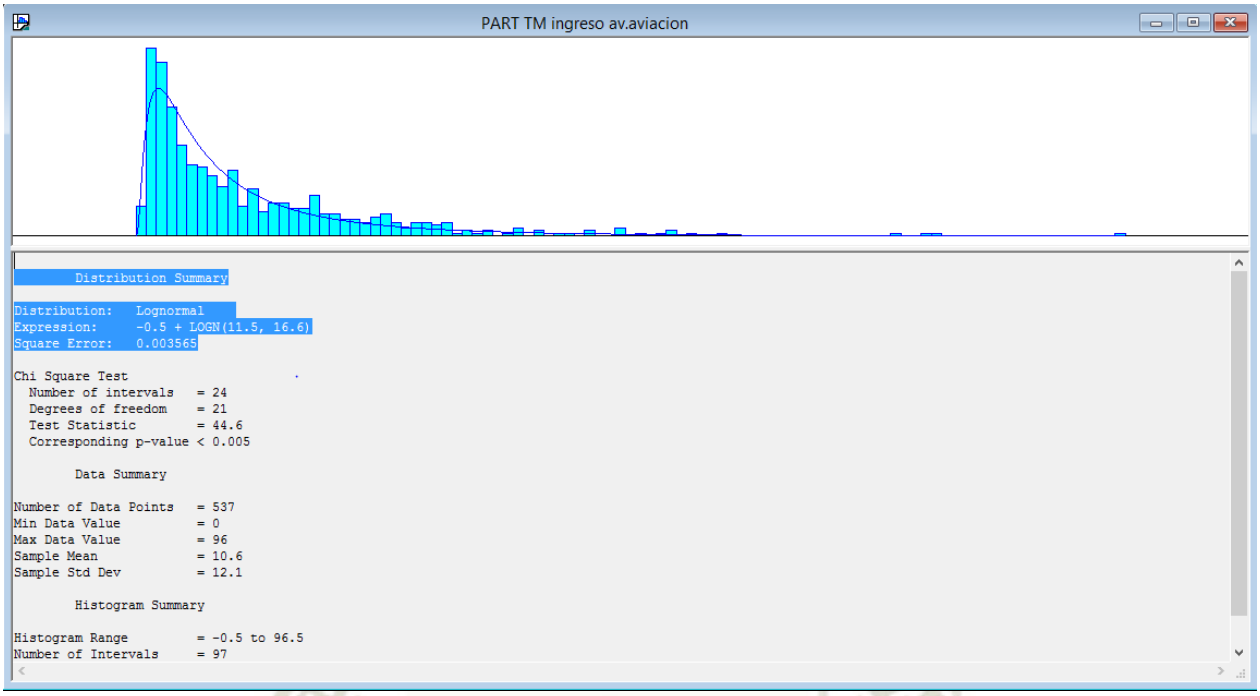


Ilustración 97: Ventana de resultados del Input Analyzer

En esta ventana vemos en primer lugar el histograma creado a partir de la acomodación de datos de acuerdo a su frecuencia de ocurrencia. Este histograma tiene cierto comportamiento, el software lo que hace es darle una tendencia y ver como estos datos se acomodan a esa tendencia dando como resultado una ecuación matemática probabilística que representa nuestro dato principal a ingresar en el modelo de simulación, *ver la Ilustración 97: Ventana de resultados del Input Analyzer*. La ecuación matemática probabilística o en otras palabras la distribución estadística es:

Expresión: -0.5 + LOGN (11.5, 16.6)

4.5 Comportamiento Estadístico de los intervalos de llegada de vehículos

En primer lugar, tenemos que organizar las variables según la vía de ingreso a la zona de estudio, tipo de vehículo (3.5.3-Clasificación de los vehículos) y la hora del día en que se transita

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

(3.5.2-Distribución de horas punta y horas fuera de punta), de este paso se obtiene la matriz con los siguientes nombres de las distribuciones:

Variable	Turno 1	Turno 2	Turno 3	Turno 4	Turno 5
X1	X1-T1	X1-T2	X1-T3	X1-T4	X1-T5
X2	X2-T1	X2-T2	X2-T3	X2-T4	X2-T5
X3	X3-T1	X3-T2	X3-T3	X3-T4	X3-T5
X4	X4-T1	X4-T2	X4-T3	X4-T4	X4-T5
X5	X5-T1	X5-T2	X5-T3	X5-T4	X5-T5
X6	X6-T1	X6-T2	X6-T3	X6-T4	X6-T5
X7	X7-T1	X7-T2	X7-T3	X7-T4	X7-T5
X8	X8-T1	X8-T2	X8-T3	X8-T4	X8-T5
X9	X9-T1	X9-T2	X9-T3	X9-T4	X9-T5
X10	X10-T1	X10-T2	X10-T3	X10-T4	X10-T5
X11	X11-T1	X11-T2	X11-T3	X11-T4	X11-T5
X12	X12-T1	X12-T2	X12-T3	X12-T4	X12-T5
X13	X13-T1	X13-T2	X13-T3	X13-T4	X13-T5
X14	X14-T1	X14-T2	X14-T3	X14-T4	X14-T5
X15	X15-T1	X15-T2	X15-T3	X15-T4	X15-T5
X16	X16-T1	X16-T2	X16-T3	X16-T4	X16-T5
X17	X17-T1	X17-T2	X17-T3	X17-T4	X17-T5
X18	X18-T1	X18-T2	X18-T3	X18-T4	X18-T5
X19	X19-T1	X19-T2	X19-T3	X19-T4	X19-T5
X20	X20-T1	X20-T2	X20-T3	X20-T4	X20-T5
X21	X21-T1	X21-T2	X21-T3	X21-T4	X21-T5
X22	X22-T1	X22-T2	X22-T3	X22-T4	X22-T5
X23	X23-T1	X23-T2	X23-T3	X23-T4	X23-T5
X24	X24-T1	X24-T2	X24-T3	X24-T4	X24-T5
X25	X25-T1	X25-T2	X25-T3	X25-T4	X25-T5
X26	X26-T1	X26-T2	X26-T3	X26-T4	X26-T5
X27	X27-T1	X27-T2	X27-T3	X27-T4	X27-T5
X28	X28-T1	X28-T2	X28-T3	X28-T4	X28-T5
X29	X29-T1	X29-T2	X29-T3	X29-T4	X29-T5
X30	X30-T1	X30-T2	X30-T3	X30-T4	X30-T5
X31	X31-T1	X31-T2	X31-T3	X31-T4	X31-T5
X32	X32-T1	X32-T2	X32-T3	X32-T4	X32-T5

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

X33	X33-T1	X33-T2	X33-T3	X33-T4	X33-T5
X34	X34-T1	X34-T2	X34-T3	X34-T4	X34-T5
X35	X35-T1	X35-T2	X35-T3	X35-T4	X35-T5
X36	X36-T1	X36-T2	X36-T3	X36-T4	X36-T5
X37	X37-T1	X37-T2	X37-T3	X37-T4	X37-T5
X38	X38-T1	X38-T2	X38-T3	X38-T4	X38-T5
X39	X39-T1	X39-T2	X39-T3	X39-T4	X39-T5
X40	X40-T1	X40-T2	X40-T3	X40-T4	X40-T5
X41	X41-T1	X41-T2	X41-T3	X41-T4	X41-T5
X42	X42-T1	X42-T2	X42-T3	X42-T4	X42-T5

Tabla 34: Nombres de las variables a diferentes horas del día

4.5.1 Resultados: Distribución estadística de los intervalos de llegada de los vehículos

Seguidamente realizando el procedimiento mencionado en el titulo anterior (4.4-Procedimiento para la obtención de las distribuciones estadísticas de los datos de entrada) para todas las variables relacionadas con el Intervalo entre llegadas de vehículos, las distribuciones de las variables a diferentes horas del día quedarían de la siguiente manera:

Variable	Distribución Estadística	Tipo de vehículo	Vía de ingreso
X1-T1	-0.5 + LOGN(11.5, 16.6)	Particulares	Ingreso Av. Aviación
X1-T2	-0.001 + EXPO(11)		
X1-T3	-0.001 + EXPO(11)		
X1-T4	-0.001 + EXPO(11)		
X1-T5	-0.5 + LOGN(8, 12.2)		
X2-T1	-0.5 + LOGN(12.2, 16.1)	Taxi	
X2-T2	-0.001 + WEIB(12.3, 0.993)		
X2-T3	-0.001 + WEIB(12.3, 0.993)		
X2-T4	-0.001 + WEIB(12.3, 0.993)		
X2-T5	-0.001 + EXPO(11.5)		
X3-T1	-0.001 + EXPO(8.44)	Transporte público	
X3-T2	-0.001 + WEIB(27.1, 0.924)		

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

X3-T3	-0.001 + WEIB(27.1, 0.924)		
X3-T4	-0.001 + WEIB(27.1, 0.924)		
X3-T5	-0.001 + WEIB(27.1, 0.924)		
X4-T1	-0.001 + GAMM(71, 0.53)	Particulares	Ucayali
X4-T2	-0.001 + WEIB(50.7, 0.816)		
X4-T3	-0.001 + WEIB(50.7, 0.816)		
X4-T4	0.999 + EXPO(27.7)		
X4-T5	0.999 + GAMM(39.2, 0.844)		
X5-T1	0.999 + EXPO(18.7)	Taxi	
X5-T2	-0.001 + GAMM(42.5, 0.75)		
X5-T3	-0.001 + GAMM(42.5, 0.75)		
X5-T4	0.5 + GAMM(18, 0.988)		
X5-T5	-0.001 + 176 * BETA(0.682, 4.98)		
X6-T1	-0.001 + EXPO(32.4)	público	
X6-T2	0.999 + EXPO(68.5)		
X6-T3	0.999 + EXPO(68.5)		
X6-T4	0.999 + 205 * BETA(0.604, 2.12)		
X6-T5	-0.001 + 472 * BETA(0.552, 3.32)		
X7-T1	-0.001 + WEIB(10.1, 0.616)	Particulares	Cuadros
X7-T2	0.001 + 415 * BETA(0.655, 4.02)		
X7-T3	0.001 + 415 * BETA(0.655, 4.02)		
X7-T4	0.001 + 415 * BETA(0.655, 4.02)		
X7-T5	0.001 + 415 * BETA(0.655, 4.02)		
X8-T1	-0.001 + GAMM(61.8, 0.345)	Taxi	
X8-T2	-0.001 + WEIB(61.8, 0.645)		
X8-T3	-0.001 + WEIB(61.8, 0.645)		
X8-T4	-0.001 + WEIB(61.8, 0.645)		
X8-T5	-0.001 + WEIB(61.8, 0.645)		
X9-T1	2 + 699 * BETA(0.74, 2.22)	Transporte público	
X9-T2	-0.001 + 528 * BETA(1.03, 2.1)		
X9-T3	-0.001 + 528 * BETA(1.03, 2.1)		
X9-T4	-0.001 + 528 * BETA(1.03, 2.1)		
X9-T5	-0.001 + 528 * BETA(1.03, 2.1)		
X10-T1	-0.001 + WEIB(13.2, 0.668)	Particulares	Villa Florida
X10-T2	-0.001 + WEIB(13.2, 0.668)		
X10-T3	-0.001 + WEIB(13.2, 0.668)		
X10-T4	-0.001 + WEIB(13.2, 0.668)		
X10-T5	-0.001 + WEIB(13.2, 0.668)		

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

X11-T1	-0.001 + EXPO(33.1)	Taxi	
X11-T2	-0.001 + EXPO(33.1)		
X11-T3	-0.001 + EXPO(33.1)		
X11-T4	-0.001 + EXPO(33.1)		
X11-T5	-0.001 + EXPO(33.1)		
X12-T1	15 + 643 * BETA(4.52, 7.98)	Transporte público	
X12-T2	15 + 643 * BETA(4.52, 7.98)		
X12-T3	15 + 643 * BETA(4.52, 7.98)		
X12-T4	15 + 643 * BETA(4.52, 7.98)		
X12-T5	15 + 643 * BETA(4.52, 7.98)		
X13-T1	-0.001 + 103 * BETA(0.258, 1.21)	Particulares	General Moran
X13-T2	-0.001 + 146 * BETA(0.24, 1.62)		
X13-T3	-0.001 + 143 * BETA(0.418, 2.15)		
X13-T4	-0.001 + GAMM(30.7, 0.534)		
X13-T5	-0.001 + WEIB(20.3, 0.882)		
X14-T1	-0.001 + 119 * BETA(0.251, 1.38)	Taxi	
X14-T2	-0.001 + 118 * BETA(0.384, 1.66)		
X14-T3	-0.001 + EXPO(59.3)		
X14-T4	-0.001 + WEIB(10.2, 0.375)		
X14-T5	-0.001 + 457 * BETA(0.424, 7.17)		
X15-T1	0.999 + EXPO(67.4)	Transporte público	
X15-T2	4 + 187 * BETA(0.608, 1.1)		
X15-T3	-0.001 + EXPO(55.1)		
X15-T4	0.999 + WEIB(59.3, 1.06)		
X15-T5	-0.001 + WEIB(38.4, 0.771)		
X16-T1	-0.001 + LOGN(16.1, 29.6)	Particulares	Calle Córdova
X16-T2	0.999 + LOGN(22.7, 67.4)		
X16-T3	0.999 + LOGN(20.7, 55)		
X16-T4	0.999 + LOGN(20.7, 55)		
X16-T5	0.999 + 163 * BETA(0.401, 3.16)		
X17-T1	0.999 + 383 * BETA(0.326, 3.09)	Taxi	
X17-T2	0.999 + WEIB(19.9, 0.587)		
X17-T3	-0.001 + WEIB(25.6, 0.893)		
X17-T4	-0.001 + WEIB(25.6, 0.893)		
X17-T5	0.999 + 168 * BETA(0.6, 2.48)		
X18-T1	24 + 745 * BETA(0.741, 1.56)	Transporte público	
X18-T2	24 + 745 * BETA(0.741, 1.56)		
X18-T3	0.999 + 816 * BETA(0.699, 1.67)		
X18-T4	0.999 + 816 * BETA(0.699, 1.67)		
X18-T5	0.999 + 816 * BETA(0.699, 1.67)		

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

X19-T1	-0.001 + EXPO(20.9)	Particulares	Ingreso Hernando de luque
X19-T2	-0.001 + EXPO(20.9)		
X19-T3	-0.001 + EXPO(20.9)		
X19-T4	-0.001 + GAMM(94.7, 0.689)		
X19-T5	-0.001 + GAMM(94.7, 0.689)		
X20-T1	-0.001 + EXPO(78.4)	Taxi	
X20-T2	-0.001 + EXPO(78.4)		
X20-T3	-0.001 + EXPO(78.4)		
X20-T4	-0.001 + WEIB(40.4, 0.83)		
X20-T5	-0.001 + WEIB(40.4, 0.83)		
X21-T1	-	Transporte público	
X21-T2	-		
X21-T3	-		
X21-T4	-		
X21-T5	-		
X22-T1	-0.5 + ERLA(6.65, 2)	Particulares	Calle Challapampa
X22-T2	-0.5 + 88 * BETA(0.804, 3.7)		
X22-T3	0.999 + WEIB(11.6, 0.473)		
X22-T4	-0.001 + WEIB(20.3, 0.5)		
X22-T5	-0.001 + WEIB(20.3, 0.5)		
X23-T1	-0.001 + 189 * BETA(0.508, 1.85)	Taxi	
X23-T2	-0.001 + GAMM(35.9, 0.642)		
X23-T3	0.999 + EXPO(62.2)		
X23-T4	-0.001 + GAMM(126, 0.447)		
X23-T5	0.999 + WEIB(38.7, 0.995)		
X24-T1	-	Transporte público	
X24-T2	-		
X24-T3	-		
X24-T4	-		
X24-T5	-		
X25-T1	2 + GAMM(117, 0.346)	Particulares	Calle Circunvalación
X25-T2	2 + GAMM(117, 0.346)		
X25-T3	2 + GAMM(117, 0.346)		
X25-T4	2 + GAMM(117, 0.346)		
X25-T5	-0.001 + 192 * BETA(0.387, 2.09)		
X26-T1	0.999 + EXPO(53.5)	Taxi	
X26-T2	0.999 + EXPO(53.5)		
X26-T3	0.999 + EXPO(53.5)		
X26-T4	0.999 + EXPO(53.5)		
X26-T5	0.999 + 307 * BETA(0.387, 3.39)		

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

X27-T1	NORM(100, 69.5)	Transporte público	
X27-T2	NORM(100, 69.5)		
X27-T3	NORM(100, 69.5)		
X27-T4	NORM(100, 69.5)		
X27-T5	0.999 + 367 * BETA(0.66, 2.89)		
X28-T1	0.999 + WEIB(36.4, 0.845)	Particulares	Calle las Canoas
X28-T2	0.999 + WEIB(48.6, 0.766)		
X28-T3	0.999 + LOGN(99, 384)		
X28-T4	-0.001 + WEIB(30.9, 0.847)		
X28-T5	0.999 + WEIB(48.6, 0.766)		
X29-T1	0.999 + EXPO(61.4)	Taxi	
X29-T2	0.999 + WEIB(15.6, 0.757)		
X29-T3	0.999 + WEIB(28.6, 0.447)		
X29-T4	0.999 + WEIB(15.6, 0.757)		
X29-T5	0.999 + EXPO(52.7)		
X30-T1	-	Transporte público	
X30-T2	-		
X30-T3	-		
X30-T4	-		
X30-T5	-		
X31-T1	-0.001 + EXPO(101)	Particulares	Calle Sevilla
X31-T2	2 + EXPO(111)		
X31-T3	2 + EXPO(98)		
X31-T4	2 + EXPO(111)		
X31-T5	0.999 + GAMM(103, 0.528)		
X32-T1	-0.001 + EXPO(59.8)	Taxi	
X32-T2	-0.001 + EXPO(21.2)		
X32-T3	0.999 + EXPO(19.8)		
X32-T4	-0.001 + EXPO(21.2)		
X32-T5	-0.001 + 167 * BETA(0.58, 2.65)		
X33-T1	-0.001 + EXPO(32.5)	Transporte público	
X33-T2	-0.001 + 152 * BETA(0.569, 2.43)		
X33-T3	-0.001 + EXPO(35.7)		
X33-T4	-0.001 + 152 * BETA(0.569, 2.43)		
X33-T5	-0.001 + WEIB(43.2, 0.98)		
X34-T1	POIS(9.04)	Particulares	Calle Francisco Mostajo
X34-T2	-0.001 + WEIB(11.5, 0.911)		
X34-T3	-0.5 + LOGN(14.6, 28.9)		
X34-T4	-0.001 + LOGN(12.7, 23.5)		

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

X34-T5	-0.001 + WEIB(11.5, 0.911)		
X35-T1	0.5 + GAMM(3.16, 3.13)	Taxi	
X35-T2	-0.001 + EXPO(16.6)		
X35-T3	-0.5 + LOGN(19, 25)		
X35-T4	-0.001 + EXPO(16.6)		
X35-T5	-0.001 + 177 * BETA(0.431, 3.24)		
X36-T1	-	Transporte público	
X36-T2	-		
X36-T3	-		
X36-T4	-		
X36-T5	-		
X37-T1	0.999 + 109 * BETA(0.55, 2.44)	Particulares	Av. Emmel
X37-T2	0.5 + LOGN(12.9, 13.4)		
X37-T3	-0.5 + LOGN(13.8, 36.6)		
X37-T4	-0.001 + WEIB(5.97, 0.482)		
X37-T5	0.5 + LOGN(12.9, 13.4)		
X38-T1	-0.001 + WEIB(15.6, 0.826)	Taxi	
X38-T2	0.999 + EXPO(28.6)		
X38-T3	1.5 + LOGN(9.69, 10.3)		
X38-T4	-0.001 + LOGN(17.2, 30.6)		
X38-T5	0.999 + EXPO(28.6)		
X39-T1	-0.001 + EXPO(96.8)	Transporte público	
X39-T2	0.999 + 361 * BETA(0.851, 1.96)		
X39-T3	0.999 + 341 * BETA(0.834, 1.71)		
X39-T4	0.999 + 361 * BETA(0.851, 1.96)		
X39-T5	0.999 + WEIB(108, 1.07)		
X40-T1	POIS(9.04)	Particulares	Calle Lima
X40-T2	-0.001 + WEIB(11.5, 0.911)		
X40-T3	-0.5 + LOGN(14.6, 28.9)		
X40-T4	-0.001 + LOGN(12.7, 23.5)		
X40-T5	-0.001 + WEIB(11.5, 0.911)		
X41-T1	0.5 + GAMM(3.16, 3.13)	Taxi	
X41-T2	-0.001 + EXPO(16.6)		
X41-T3	-0.5 + LOGN(19, 25)		
X41-T4	-0.001 + EXPO(16.6)		
X41-T5	-0.001 + 177 * BETA(0.431, 3.24)		
X42-T1	-	Transporte Público	
X42-T2	-		
X42-T3	-		
X42-T4	-		

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

X42-T5	-		
X46-T1	-0.001 + 257 * BETA(0.602, 10.1)	Particulares	Calle Misti
X46-T2	-0.001 + 257 * BETA(0.602, 10.1)		
X46-T3	-0.001 + 257 * BETA(0.602, 10.1)		
X46-T4	-0.001 + 257 * BETA(0.602, 10.1)		
X46-T5	-0.001 + 257 * BETA(0.602, 10.1)		
X47-T1	-0.001 + WEIB(14.2, 0.944)	Taxi	
X47-T2	-0.001 + WEIB(14.2, 0.944)		
X47-T3	-0.001 + WEIB(14.2, 0.944)		
X47-T4	-0.001 + WEIB(14.2, 0.944)		
X47-T5	-0.001 + WEIB(14.2, 0.944)		
X48-T1	-	Transporte Público	
X48-T2	-		
X48-T3	-		
X48-T4	-		
X48-T5	-		

Tabla 35: Distribuciones estadísticas de las variables por Vía de ingreso, Tipo de vehículo y Hora de transito

Se puede apreciar que algunas de las variables tienen un guion, eso es porque el tipo de vehículo no circula por determinada vía, por ejemplo, en la calle Lima no circula vehículos de transporte público es por eso que las variables desde el X42-T1 al X42-T5 tienen un guion en el lugar donde debería estar su distribución estadística.

Por otro lado, podemos apreciar que algunas de las variables de pertenecer a la misma vía de ingreso y ser el mismo tipo de vehículo, tienen comportamiento estadístico igual a lo largo de los diferentes turnos, eso sucede generalmente en vehículos de transporte público, pues su circulación en las avenidas está, en un determinado porcentaje, organizado por la empresa a la que corresponde, por ejemplo, en la avenida Emmel los comportamientos de los vehículos de transporte público en el turno 2 y turno 4 son iguales; Este efecto se repite en otras vías de ingreso y en otros tipos de vehículos donde por determinadas características de la vía (ejemplo un solo carril de ingreso) el

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

flujo vehicular es casi constante a diferentes horas del día para cada tipo de vehículo, por ejemplo la calle villa florida tiene un solo carril y mantiene una fluidez vehicular relativamente igual al pasar de las horas entonces le corresponde una sola distribución estadística en todos los turnos.

Así mismo, existe otro detalle y es el hecho que en cada cuadra existen intersecciones y por estas vías también se tiene un ingreso de los vehículos que giran en U, lo pondré con un ejemplo

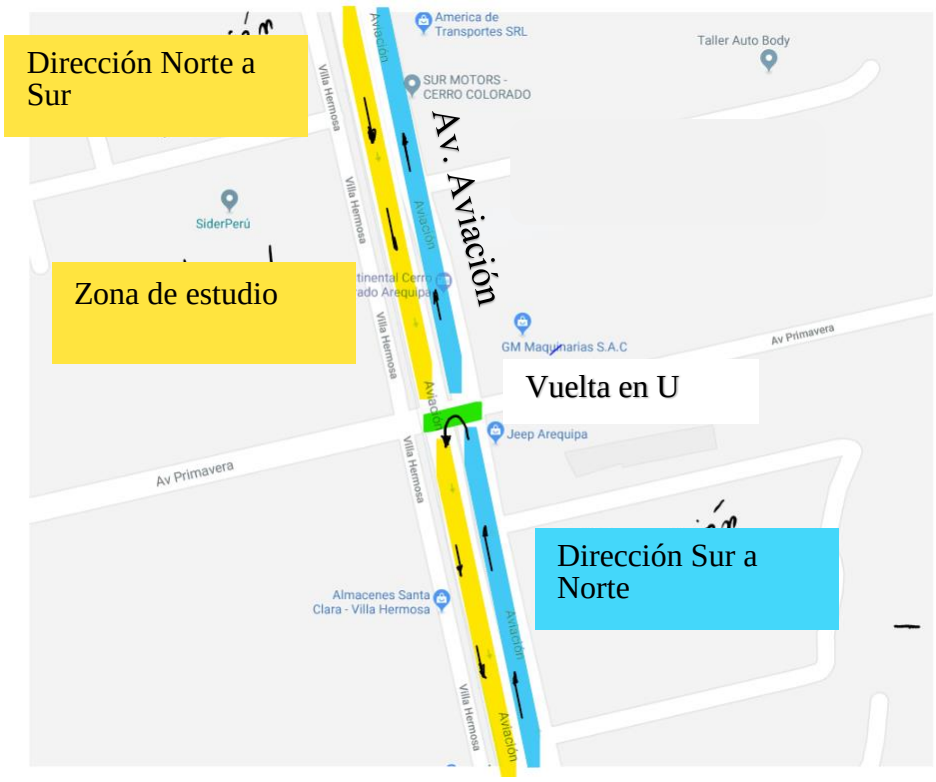


Ilustración 98: Ejemplo de vuelta en U

Nuestra vía de estudio es la avenida Aviación en sentido de Norte a Sur, por lo tanto, en teoría debemos considerar como fuente de ingreso vehicular todas las cuadras donde los vehículos que están en dirección de sur a norte dan vuelta en U y adquieren el sentido de norte a sur pasando a formar parte de mi estudio, pero también debemos considerar el efecto contrario, es

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

decir, los vehículos que pasan de dirección norte a sur a dirección sur a norte quedando como lo indicado en la siguiente ilustración:Ilustración 55: Ruta A012A Empresa 3 de Octubre



Ilustración 99: Efecto de vuelta en U en ambas direcciones

Entonces, se podría decir que, el efecto de vuelta en U en una dirección queda eliminado por su contraparte que también da vuelta en U en otra dirección, por lo que, los ingresos de flujo vehicular a mi zona de estudio los eliminaré y no tendrán una distribución estadística a menos que las características de la zona lo requieran.

Caso paradero Clínica San Juan De Dios

Si bien es cierto, líneas arriba mencioné que no consideraré como fuente vehicular a aquellas entidades que dan vuelta en U para ingresar a la vía de estudio; el caso de zona de la Clínica San

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

de Dios es particular, pues en esta parte se cumple algunas características que hacen que considerarla una vía alimentadora sea completamente necesario, por ejemplo:

1. Los vehículos de transporte público tienen como ruta oficial dar vuelta en U
2. La cercanía del Real Plaza y la necesidad de algunos vehículos particulares que vienen de sur a norte tengan que dar vuelta en U para ingresar a este centro comercial
3. Los taxis que vienen de sur a norte y que dan vuelta en U para esperar a los potenciales pasajeros que salen del Real Plaza

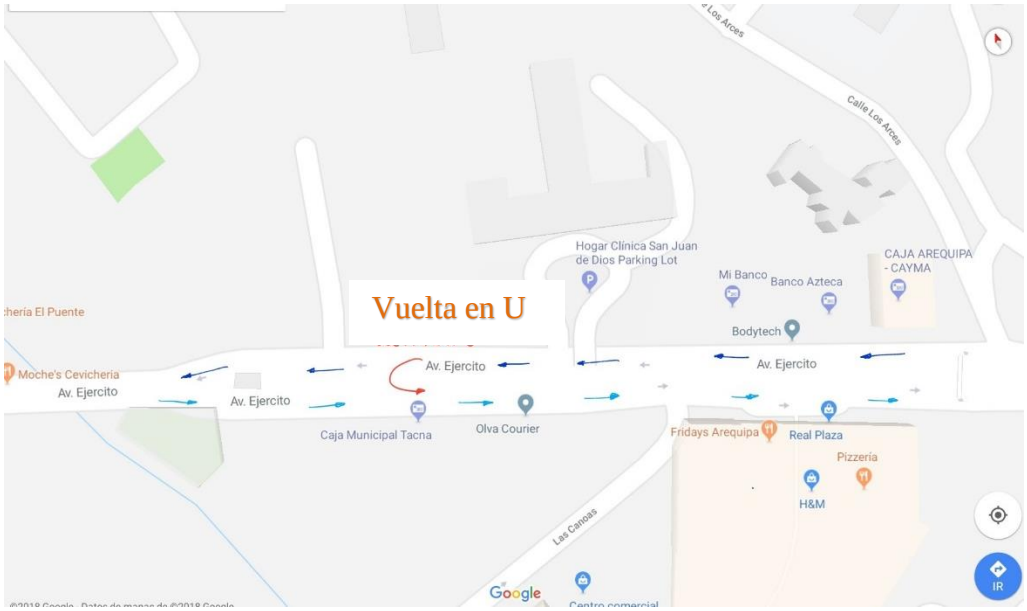


Ilustración 100: Vuelta en U en Av. Ejército Altura Clínica San Juan de Dios

En la ilustración podemos ver que Real Plaza está cerca de la zona por donde se da la vuelta en U, lo que motiva a muchos choferes de taxis y vehículos particulares a hacer la maniobra que dicho sea de paso no está prohibida, además de que es una vuelta obligatoria para algunas empresas de transporte interno.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Dicho lo anterior es necesario considerar a esta zona como vía de acceso alimentadora a las avenidas de estudio y que, por lo tanto, tienen que tener una distribución estadística y un nombre de variable que lo mostraré en la siguiente tabla:

Variable	Nombre de la Variable	Vía de Ingreso	Avenida en estudio
X43	Intervalo entre llegadas de Vehículos Particulares	Vía Clínica San Juan de Dios	Avenida Ejército
X44	Intervalo entre llegadas de Vehículos Taxi		
X45	Intervalo entre llegadas de Vehículos de Transporte Público		

Tabla 36: Nombre de la variable de la Vía de ingreso Clínica San Juan de Dios

Variable	Distribución	Tipo de Vehículo	Vía de Ingreso
X43-T1	3 + EXPO(60.3)	Particulares	Vía Clínica San Juan de Dios
X43-T2	3 + EXPO(60.3)		
X43-T3	0.999 + 143 * BETA(0.619, 2.38)		
X43-T4	-0.001 + GAMM(41.8, 0.784)		
X43-T5	2.5 + LOGN(26, 46.2)		
X44-T1	0.999 + WEIB(46.5, 0.844)	Taxi	
X44-T2	0.999 + WEIB(46.5, 0.844)		
X44-T3	0.999 + EXPO(30.4)		
X44-T4	-0.001 + LOGN(46.1, 110)		
X44-T5	-0.001 + WEIB(26.1, 0.882)		
X45-T1	2 + EXPO(262)	Transporte Público	
X45-T2	2 + EXPO(262)		
X45-T3	10 + 913 * BETA(1.21, 2.8)		
X45-T4	10 + 913 * BETA(1.21, 2.8)		
X45-T5	2 + EXPO(262)		

Tabla 37: Distribución Estadística de la vía de ingreso Clínica San Juan de Dios

Aquí es necesario hacer una aclaración:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

- Notemos que, las distribuciones en los turnos 1 y 2 se repiten, esto es porque en estos turnos de mañana el comportamiento de vehículos que ingresan a la zona de estudio es uniforme.
- El comportamiento a lo largo del día del flujo de vehículos de transporte público es casi constante por eso los valores son casi iguales.

Con esto completamos todas las variables de los intervalos de llegada en las vías alimentadoras.

4.5.2 Resultados: Distribución del cambio de dirección de los vehículos que ingresan a la zona de estudio

En la sección anterior completé las distribuciones de todas las variables relacionadas con las vías alimentadoras a las avenidas en estudio, pero un detalle importante a tomar en cuenta, es que, No todos los vehículos que ingresan de las vías alimentadoras se dirigen en dirección de Norte a Sur (dirección de mi estudio) sino que tienen diferentes direcciones según el tipo de vehículo (3.5.3 Clasificación de los vehículos) y la hora de tránsito (3.5.2 Distribución de horas punta y horas fuera de punta), esto lo pongo en evidencia en la siguiente ilustración.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA



Ilustración 101: Cambio de dirección de los vehículos que ingresan a las avenidas de estudio provenientes de las vías alimentadoras

Pondré un ejemplo para entenderlo: en la ilustración notemos que tenemos una intercepción de la calle General Moran y de la Av. Pumacahua, los vehículos que ingresan de G. Morán tienen 3 opciones:

- Girar hacia el Norte
- Girar hacia el Sur
- Continuar por G. Moran

Es lógico pensar que, los vehículos tomarán diferentes direcciones y esto tendrá un comportamiento de acuerdo al tipo de vehículo (3.5.3 *Clasificación* de los vehículos) y a la hora

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

(3.5.2 Distribución de horas *punta* y horas fuera de punta) en la que se transita. Los datos finales son los siguientes:

4.5.2.1 Distribución del cambio de dirección de los vehículos que ingresan a la zona de estudio entre las 6:30 a.m. y 8:30 a.m.

Avenida	Vía de Ingreso	Tipo de Vehículos	Sur	Norte	Mantiene la Dirección
Av. Aviación	Ucayali	Transporte Público	77%	23%	0%
		Transporte Privado	83%	17%	0%
		Transporte Particular	93%	7%	0%
	Cuadros	Transporte Público	0%	100%	0%
		Transporte Privado	13%	87%	0%
		Transporte Particular	33%	67%	0%
	Villa Hermosa	Transporte Público	0%	0%	0%
		Transporte Privado	7%	93%	0%
		Transporte Particular	13%	87%	0%
Av. Pumacahua	Gral. Moran	Transporte Público	100%	0%	0%
		Transporte Privado	80%	10%	10%
		Transporte Particular	78%	17%	5%
	Córdova	Transporte Público	100%	0%	0%
		Transporte Privado	92%	3%	5%
		Transporte Particular	88%	7%	5%
	Hernando de Luque	Transporte Público	0%	0%	0%
		Transporte Privado	83%	17%	0%
		Transporte Particular	93%	7%	0%
	Challapampa	Transporte Público	0%	0%	0%
		Transporte Privado	7%	93%	0%
		Transporte Particular	33%	67%	0%
	Circunvalación	Transporte Público	100%	0%	0%
		Transporte Privado	23%	77%	0%
		Transporte Particular	33%	67%	0%
Av. Ejército	Francisco Mostajo	Transporte Público	100%	0%	0%
		Transporte Privado	23%	77%	0%

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

		Transporte Particular	20%	80%	0%
	Ampatacocha	Transporte Público	0%	0%	0%
		Transporte Privado	33%	67%	0%
		Transporte Particular	27%	73%	0%
	Lima	Transporte Público	0%	0%	0%
		Transporte Privado	67%	33%	0%
		Transporte Particular	73%	27%	0%
	Misti	Transporte Público	0%	0%	0%
		Transporte Privado	80%	20%	0%
		Transporte Particular	83%	17%	0%
	Recoleta	Transporte Público	0%	0%	0%
		Transporte Privado	0%	0%	0%
		Transporte Particular	0%	0%	0%

Tabla 38: Distribución del cambio de dirección de los vehículos que ingresan a las avenidas en estudio según la vía de acceso y el tipo de transporte entre las 6:30 a.m. y las 8:30 a.m. - turno 1

4.5.2.2 Distribución del cambio de dirección de los vehículos que ingresan a la zona de estudio entre las 8:30 a.m. y 2:30 p.m.

Recordemos que, hice una clasificación de los turnos de tránsito (3.5.2 Distribución de horas punta y horas fuera de punta) donde indicaba que agrupaba el tránsito vehicular en 5 turnos:

- Turno 1: 6:30 a.m. a 8:30 a.m.
- Turno 2: 8:30 a.m. a 12:30 p.m.
- Turno 3: 12:30 p.m. a 2:30 p.m.
- Turno 4: 2:30 p.m. a 5:30 p.m.
- Turno 5: 5:30 p.m. a 8:30 p.m.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

En este apartado, notemos que, estoy agrupando los turnos 2 y 3 (8:30 a.m. a 12:30 p.m. y las 12:30 a.m. a 2:30 p.m.) esto, debido a que, estos turnos tienen un comportamiento parecido con respecto al cambio de dirección que tienen los vehículos al pasar por las avenidas que representan la rama troncal (Av. Aviación, Av. Pumacahua y Av. Ejército).

Avenida	Vía de ingreso	Tipo de Vehículos	Sur	Norte	Mantiene la Dirección
Av. Aviación	Ucayali	Transporte Público	87%	13%	0%
		Transporte Privado	90%	10%	0%
		Transporte Particular	77%	23%	0%
	Cuadros	Transporte Público	0%	100%	0%
		Transporte Privado	53%	47%	0%
		Transporte Particular	30%	70%	0%
	Villa Hermosa	Transporte Público	0%	0%	0%
		Transporte Privado	7%	93%	0%
		Transporte Particular	3%	97%	0%
Av. Pumacahua	Gral. Moran	Transporte Público	100%	0%	0%
		Transporte Privado	80%	20%	10%
		Transporte Particular	37%	63%	5%
	Córdova	Transporte Público	100%	0%	0%
		Transporte Privado	90%	10%	5%
		Transporte Particular	97%	3%	5%
	Hernando de Luque	Transporte Público	0%	0%	0%
		Transporte Privado	77%	23%	0%
		Transporte Particular	67%	33%	0%
	Challapampa	Transporte Público	0%	0%	0%
		Transporte Privado	40%	60%	0%
		Transporte Particular	27%	73%	0%
	Circunvalación	Transporte Público	100%	0%	0%
		Transporte Privado	20%	80%	0%
		Transporte Particular	23%	77%	0%
Av. Ejército	Francisco Mostajo	Transporte Público	100%	0%	0%
		Transporte Privado	47%	53%	0%

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

		Transporte Particular	40%	60%	0%
	Ampatacocha	Transporte Público	0%	0%	0%
		Transporte Privado	30%	70%	0%
		Transporte Particular	27%	73%	0%
	Lima	Transporte Público	0%	0%	0%
		Transporte Privado	60%	40%	0%
		Transporte Particular	73%	27%	0%
	Misti	Transporte Público	0%	0%	0%
		Transporte Privado	87%	13%	0%
		Transporte Particular	53%	47%	0%
	Recoleta	Transporte Público	0%	0%	0%
		Transporte Privado	0%	0%	0%
		Transporte Particular	0%	0%	0%

Tabla 39: Distribución del cambio de dirección de los vehículos que ingresan a las avenidas en estudio según la vía de acceso y el tipo de transporte 8:30 a.m. y las 2:30 p.m. – Turno 2 y Turno 3

4.5.2.3 Distribución del cambio de dirección de los vehículos que ingresan a la zona de estudio entre las 2:30 p.m. y 8:30 p.m.

En esta oportunidad voy a juntar los turnos 4 y 5 (2:30 p.m. a 5:30 p.m. y 5:30 p.m. a 8:30 p.m.) debido, nuevamente a que, estos turnos tienen un comportamiento parecido con respecto al cambio de dirección que tienen los vehículos al pasar por las avenidas en estudio.

			Sur	**Norte**	**Mantiene la Dirección**
Av. Aviación	Ucayali	Transporte Público	83%	17%	0%
		Transporte Privado	73%	27%	0%
		Transporte Particular	80%	20%	0%
	Cuadros	Transporte Público	0%	100%	0%
		Transporte Privado	23%	77%	0%
		Transporte Particular	13%	87%	0%
	Villa Hermosa	Transporte Público	0%	0%	0%

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

		Transporte Privado	3%	97%	0%
		Transporte Particular	7%	93%	0%
Av. Pumacahua	Gral. Moran	Transporte Público	100%	0%	0%
		Transporte Privado	37%	63%	10%
		Transporte Particular	57%	43%	5%
	Córdova	Transporte Público	100%	0%	0%
		Transporte Privado	90%	10%	5%
		Transporte Particular	83%	17%	5%
	Hernando de Luque	Transporte Público	0%	0%	0%
		Transporte Privado	83%	17%	0%
		Transporte Particular	93%	7%	0%
	Challapampa	Transporte Público	0%	0%	0%
		Transporte Privado	40%	60%	0%
		Transporte Particular	30%	70%	0%
	Circunvalación	Transporte Público	100%	0%	0%
		Transporte Privado	13%	87%	0%
		Transporte Particular	30%	70%	0%
Av. Ejército	Francisco Mostajo	Transporte Público	100%	0%	0%
		Transporte Privado	17%	83%	0%
		Transporte Particular	33%	67%	0%
	Ampatacocha	Transporte Público	0%	0%	0%
		Transporte Privado	13%	87%	0%
		Transporte Particular	33%	67%	0%
	Lima	Transporte Público	0%	0%	0%
		Transporte Privado	23%	77%	0%
		Transporte Particular	80%	20%	0%
	Misti	Transporte Público	0%	0%	0%
		Transporte Privado	73%	27%	0%
		Transporte Particular	80%	20%	0%
	Recoleta	Transporte Público	0%	0%	0%
		Transporte Privado	0%	0%	0%
		Transporte Particular	0%	0%	0%

Tabla 40: Distribución del cambio de dirección de los vehículos que ingresan a las avenidas en estudio según la vía de acceso y el tipo de transporte 2:30 p.m. y las 8:30 p.m. – Turno 4 y Turno 5

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

4.5.3 **Resultados: Distribución del cambio de dirección de los vehículos que salen de la zona de estudio**

Es lógico pensar que, así como existe vehículos que ingresan de las vías alimentadoras a las avenidas en estudio para formar parte de mi investigación, también existe vehículos que están en las avenidas de estudio salen de estas tomando una de las vías de salida, este hecho ya lo analicé y lo explico a detalle en el título *Comportamiento de las calles alimentadoras y salidas de las avenidas de estudio por tipo de vehículo* (párrafo 3.7.4), en ese punto ya presento los resultados, sin embargo, por un tema de practicidad los volveré a mostrar a continuación:

4.5.3.1 Comportamiento de la salida de vehículos en el horario de 6:30 a.m. a 8:30 a.m.

Avenida	Calle Perpendicular	Tipo de Vehículos	Continua en avenida	Cambia de dirección
Av. Aviación	Villa Florida	Transporte Público	100%	0%
		Transporte Taxi	90%	10%
		Transp. Particular	90%	10%
Av. Pumacahua	Gral. Moran	Transporte Público	100%	0%
		Transporte Taxi	80%	20%
		Transp. Particular	80%	20%
	Córdova	Transporte Público	100%	0%
		Transporte Taxi	90%	10%
		Transp. Particular	80%	20%
	Hernando de Luque	Transporte Público	100%	0%
		Transporte Taxi	90%	10%
		Transp. Particular	80%	20%
	Challapampa	Transporte Público	100%	0%
		Transporte Taxi	60%	40%
		Transp. Particular	65%	35%
	Circunvalación	Transporte Público	100%	0%
		Transporte Taxi	90%	10%

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

		Transp. Particular	90%	10%
Av. Ejército	Los Arces	Transporte Público	60%	40%
		Transporte Taxi	60%	40%
		Transp. Particular	60%	40%
	Av. Emmel	Transporte Público	80%	20%
		Transporte Taxi	80%	20%
		Transp. Particular	80%	20%
	Quezada	Transporte Público	100%	0%
		Transporte Taxi	80%	20%
		Transp. Particular	70%	30%

Tabla 41: Distribución de salida de vehículos de la vía troncal en estudio en el horario de 6:30 a.m. a 8:30 a.m.

4.5.3.2 Comportamiento de la salida de vehículos en el horario de 8:30 a.m. a 2:30 p.m.

En este punto, notemos que, también se agrupa los turnos 2 y 3, tan igual, como en el caso de distribución de los vehículos que ingresan por las vías alimentadoras (párrafo 4.5.2.2 Distribución del cambio de dirección de los vehículos que ingresan a la zona de estudio entre las 8:30 a.m. y 2:30 p.m.).

Avenida	Calle Perpendicular	Tipo de Vehículos	Continua en avenida	Cambia de dirección
Av. Aviación	Villa Florida	Transporte Público	100%	0%
		Transporte Taxi	95%	5%
		Transp. Particular	90%	10%
Av. Pumacahua	Gral. Moran	Transporte Público	100%	0%
		Transporte Taxi	90%	10%
		Transp. Particular	90%	10%
	Córdova	Transporte Público	100%	0%
		Transporte Taxi	90%	10%
		Transp. Particular	80%	20%

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

	Hernando de Luque	Transporte Público	100%	0%
		Transporte Taxi	80%	20%
		Transp. Particular	80%	20%
	Challapampa	Transporte Público	100%	0%
		Transporte Taxi	90%	10%
		Transp. Particular	90%	10%
	Circunvalación	Transporte Público	100%	0%
		Transporte Taxi	90%	10%
		Transp. Particular	90%	10%
Av. Ejército	Los Arces	Transporte Público	60%	40%
		Transporte Taxi	60%	40%
		Transp. Particular	60%	40%
	Av. Emmel	Transporte Público	80%	20%
		Transporte Taxi	80%	20%
		Transp. Particular	80%	20%
	Quezada	Transporte Público	100%	0%
		Transporte Taxi	80%	20%
		Transp. Particular	70%	30%

Tabla 42: Distribución de salida de vehículos de la vía troncal en estudio en el horario de 8:30am a 5:00 p.m.

4.5.3.3 Comportamiento de la salida de vehículos en el horario de 2:30 p.m. a 8:30 p.m.

En este punto nuevamente agrupamos los turnos 4 y 5 tan igual como lo hicimos en el párrafo 4.5.2.3 Distribución del cambio de dirección de los vehículos que ingresan a la zona de estudio entre las 2:30 p.m. y 8:30 p.m.

Avenida	Calle Perpendicular	Tipo de Vehículos	Continua en avenida	Cambia de dirección
Av. Aviación	Villa Florida	Transporte Público	100%	0%
		Transporte Taxi	95%	5%
		Transp. Particular	90%	10%

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Av. Pumacahua	Gral. Moran	Transporte Público	100%	0%
		Transporte Taxi	90%	10%
		Transp. Particular	90%	10%
	Córdova	Transporte Público	100%	0%
		Transporte Taxi	90%	10%
		Transp. Particular	90%	10%
	Hernando de Luque	Transporte Público	100%	0%
		Transporte Taxi	80%	20%
		Transp. Particular	80%	20%
	Challapampa	Transporte Público	100%	0%
		Transporte Taxi	100%	0%
		Transp. Particular	100%	0%
	Circunvalación	Transporte Público	100%	0%
		Transporte Taxi	90%	10%
		Transp. Particular	90%	10%
Av. Ejército	Los Arces	Transporte Público	60%	40%
		Transporte Taxi	60%	40%
		Transp. Particular	60%	40%
	Av. Emmel	Transporte Público	80%	20%
		Transporte Taxi	80%	20%
		Transp. Particular	80%	20%
	Quezada	Transporte Público	100%	0%
		Transporte Taxi	80%	20%
		Transp. Particular	70%	30%

Tabla 43: Distribución de salida de vehículos de la vía troncal en estudio en el horario de 5:00 p.m. a 8:30 p.m.

4.6 Comportamiento Estadístico de los tiempos de detención en paraderos

Al igual que en el párrafo 4.5 (Comportamiento Estadístico de los intervalos de llegada de vehículos) se organizó las variables según el lugar del paradero (3.3-Puntos Críticos), el tipo de

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

vehículo (3.5.3-Clasificación de los vehículos) y la hora del día en que se transita (3.5.2-Distribución de horas punta y horas fuera de punta), en esta parte tengo que agregar lo siguiente:

Es necesario agrupar turnos: en el párrafo 3.5.2 (Distribución de horas punta y horas fuera de punta) elaboré una distribución de 5 turnos a lo largo del día dentro del rango de tiempo de simulación y los resultados fueron:

- Turno 1: 6:30 a.m. a 8:30 a.m.
- Turno 2: 8:30 a.m. a 12:30 p.m.
- Turno 3: 12:30 p.m. a 2:30 p.m.
- Turno 4: 2:30 p.m. a 5:30 p.m.
- Turno 5: 5:30 p.m. a 8:30 p.m.

Estos turnos resultaron adecuados cuando hablamos de intervalos de tiempos de llegada, pero en esta oportunidad el ritmo de comportamiento es distinto y esto lo observé en mi estudio preliminar del cual saqué las siguientes conclusiones:

- Los vehículos exclusivamente de transporte público en el turno 1, por la gran demanda por parte de los usuarios, tienden a detenerse por mucho tiempo en los paraderos y los recorridos lo hacen más rápido para no provocar alteraciones en su ciclo de viaje.
- En los turnos 2, 3 y 4 se podría decir que el ritmo del comportamiento del tiempo de detención es muy parecido.
- En el turno 5 son pocos los usuarios con dirección al centro entonces el tiempo de detención en los paraderos tienen un comportamiento diferente, es lógico pensar que,

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

la demanda está en sentido Sur a Norte por parte de los usuarios que quieren llegar a sus hogares.

Por lo tanto, me conviene agrupar los turnos en 3 y quedaría de la siguiente forma:

- Turno 1: 6:30 a.m. a 8:30 a.m.
- Turno 234: 8:30 a.m. a 5:30 p.m.
- Turno 5: 5:30 p.m. a 8:30 p.m.

Entonces, tomando como base las variables mencionadas en los párrafos (4.2.2-Tiempo de detención en cada paradero) la matriz de variables con los turnos quedaría de la siguiente forma:

	Turno 1	**Turno 234**	**Turno 5**
X101	X101-T1	X101-T234	X101-T5
X102	X102-T1	X102-T234	X102-T5
X103	X103-T1	X103-T234	X103-T5
X104	X104-T1	X104-T234	X104-T5
X105	X105-T1	X105-T234	X105-T5
X106	X106-T1	X106-T234	X106-T5
X107	X107-T1	X107-T234	X107-T5
X108	X108-T1	X108-T234	X108-T5
X109	X109-T1	X109-T234	X109-T5
X110	X110-T1	X110-T234	X110-T5
X111	X111-T1	X111-T234	X111-T5
X112	X112-T1	X112-T234	X112-T5
X113	X113-T1	X113-T234	X113-T5
X114	X114-T1	X114-T234	X114-T5
X115	X115-T1	X115-T234	X115-T5
X116	X116-T1	X116-T234	X116-T5
X117	X117-T1	X117-T234	X117-T5
X118	X118-T1	X118-T234	X118-T5
X119	X119-T1	X119-T234	X119-T5
X120	X120-T1	X120-T234	X120-T5
X121	X121-T1	X121-T234	X121-T5

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

X122	X122-T1	X122-T234	X122-T5
X123	X123-T1	X123-T234	X123-T5
X124	X124-T1	X124-T234	X124-T5
X125	X125-T1	X125-T234	X125-T5
X126	X126-T1	X126-T234	X126-T5

Tabla 44: Matriz de variables de los tiempos de detención de los vehículos en los paraderos

En este punto tengo que aclarar lo siguiente:

- **Se realizó el procedimiento para la obtención de datos de la misma manera como lo hice en el párrafo *4.5-Comportamiento Estadístico de los intervalos de llegada de vehículos*, lo cual en términos prácticos no es la tarea más eficiente, pues requiere de demasiados recursos para lograr una exactitud de unos cuantos segundos; para explicarlo mejor pongo el siguiente caso:**
    - Los vehículos de transporte público se detienen en las estaciones un tiempo determinado que depende del tipo de paradero y de la hora, por lo tanto, a primera instancia estos vehículos tienen diferentes tiempos de detención que dependen específicamente de lo ya mencionado (tipo de paradero y la hora), pero lo que sucede en el trasfondo es que estos vehículos tienen que cumplir un ciclo de trabajo que es controlado por GPS, entonces, los segundos de más que se quedan en un paradero lo recuperan recorriendo el trayecto más rápido, lo que al final de todo haría que el estudiar los tiempo de detención en los paraderos sea una tarea que no tendría una significancia en los resultados, entonces las distribuciones estadísticas de cada variable tendrían como resultado un único valor.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- En la vía de estudio existen paraderos que por sus características tienen un comportamiento de detención mayor a la media, en esos casos en particular, indicaré las distribuciones resultantes de los estudios realizados.
- Lo descrito anteriormente para transporte público aplica también para taxis.
- A pesar de que, se dijo que se mostrarán los datos promedios y de que prácticamente todos los paraderos tienen la misma distribución estadística, mantendré el formato dado en la *Tabla 44: Matriz de variables de los tiempos de detención de los vehículos en los paraderos* por un tema de practicidad para meter los datos al Arena Software.

4.6.1 Resultados distribución estadística de los tiempos de detención de vehículos de Transporte Público y Taxi

Entonces, después de usar App Ultimate Stopwatch y de hacer el respectivo análisis del estudio de tiempos, las distribuciones estadísticas del tiempo de detención en los paraderos para la mayoría de variables quedarían de la siguiente manera:

Variable	Distribución Estadística	Tipo de Vehículo	Paradero
Todas las variables de transporte público	TRIA(6.5, 10.3, 28.5)	Transp. Público	Todos
Todas las variables de Taxi	TRIA(6.5, 13, 26.5)	Taxi	Todos

Tabla 45: Resultados de los tiempos en paraderos de los vehículos de Transporte Público y de Taxi

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

En la *Tabla 45* se muestra la distribución estadística para la mayoría de variables relacionadas con el tiempo de detención en los paraderos, las variables provenientes de paraderos con características físicas particulares, que obviamente tienen una distribución estadística distinta, las muestro a continuación:

Variable	Distribución Estadística	Tipo de Vehículo	Paradero
X101-T1	TRIA(4.5, 10.3, 35)	Transp Público	Zamácola 1
X101-T234	TRIA(4.5, 10.3, 35)	Transp Público	Zamácola 1
X114-T5	TRIA(8, 13, 26.5)	Taxi	Real Plaza
X117-T234	TRIA(8.5, 10.3, 35)	Transp Público	Claro
X117-T5	TRIA(8.5, 10.3, 35)	Transp Público	Claro
X122-T1	TRIA(7, 9, 14)	Transp Público	Ampatacocha
X122-T234	TRIA(7, 9, 15)	Transp Público	Ampatacocha
X122-T5	TRIA(7, 9, 14)	Transp Público	Ampatacocha

Tabla 46: Tabla de distribuciones estadísticas de variables con tiempos de detención atípicos comparado con los demás paraderos

Por otro lado, tenemos los *Paraderos Regulares* que son paraderos que ocasionalmente son usados por los transportistas y que, por lo tanto, no ocasionan cuello de botella. Para casos prácticos consideré que los vehículos que se detienen en estos paraderos tienen un solo comportamiento a lo largo del día, a continuación, muestro su distribución estadística:

Variable	Distribución Estadística	Tipo de Vehículo	Paradero
X127	TRIA(7.5, 10.3,15)	Transp Público	Essalud
X128	TRIA(7.5, 10.3,15)	Transp Público	Monte Bello
X129	TRIA(7.5, 10.3,15)	Transp Público	Femaco
X130	TRIA(7.5, 10.3,15)	Transp Público	Moisés Heresi
X131	TRIA(7.5, 10.3,15)	Transp Público	Colegio Domingo Sabio

Tabla 47: Distribuciones estadísticas de los paraderos regulares

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Los datos de la tabla anterior sólo son válidos para los vehículos de transporte público pues son los mayores usuarios de estos paraderos, para casos prácticos consideré que los demás tipos de vehículos no usan estos paraderos.

4.6.2 **Resultados: Porcentaje de vehículos que se detienen en las estaciones de bus**

Para terminar con el tema de las distribuciones estadísticas de las variables relacionadas con el tema de detención de los vehículos tengo que tener en cuenta un dato estadístico tan importante como las distribuciones de las variables, me refiero al porcentaje de vehículos que se detienen en los paraderos (estaciones), lo explico con un ejemplo.

Los vehículos de transporte público entran a los paraderos (estaciones) para que los usuarios suban y bajen; este tiempo de detención tiene un comportamiento estadístico, cuyos resultados los muestro en el párrafo 4.6.1 (Resultados distribución estadística de los tiempos de detención de vehículos de Transporte Público y Taxi), la pregunta cae por si sola: ¿Pero, de todos los buses cuantos se detienen en un paradero (estación)? ¿Todos los buses se detienen en cada uno de los paraderos estudiados? Para dar respuesta a estas interrogantes es que se hizo el estudio del **porcentaje de vehículos que se detienen en los distintos paraderos.** Cabe mencionar que el porcentaje buses y taxis que se detienen en una zona depende del tipo de paradero y de la hora de circulación, dicho lo anterior, los resultados son los siguientes:

Avenida Aviación - Transporte Público					
Ubicación en mapas	1° Zona - Datos en porcentaje de paradas en estaciones				
	Zamácola 1	Paradero 1	Paradero 2	Paradero 3	Paradero 4
https://goo.gl/maps/p4eF9ZMHk9p	Turno Mañana	10%	68%	0%	0%
	Turno Tarde	82%	10%	0%	0%

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

	Turno Noche	70%	0%	0%	0%
https://goo.gl/maps/DZD9qJsNtMm	Zamácola 2	Paradero 1	Paradero 2	Paradero 3	Paradero 4
	Turno Mañana	20%	50%	46%	2%
	Turno Tarde	58%	20%	0%	0%
	Turno Noche	44%	0%	0%	0%
https://goo.gl/maps/JzsrWnMA9dN2	Essalud	Paradero 1	Paradero 2	Paradero 3	Paradero 4
	Turno Mañana	22%	0%	0%	0%
	Turno tarde	10%	0%	0%	0%
	Turno Noche	0%	0%	0%	0%
https://goo.gl/maps/vHPrwQAYnbn	Monte Bello	Paradero 1	Paradero 2	Paradero 3	Paradero 4
	Turno Mañana	10%	0%	0%	0%
	Turno tarde	0%	0%	0%	0%
	Turno Noche	0%	0%	0%	0%
https://goo.gl/maps/yZEaFLtDu3E2	Femaco	Paradero 1	Paradero 2	Paradero 3	Paradero 4
	Turno Mañana	20%	4%	0%	0%
	Turno tarde	10%	0%	0%	0%
	Turno Noche	16%	0%	0%	0%
https://goo.gl/maps/Ywtbez1pyLm	Villa florida	Paradero 1	Paradero 2	Paradero 3	Paradero 4
	Turno Mañana	20%	50%	30%	0%
	Turno tarde	24%	30%	20%	0%
	Turno Noche	30%	40%	0%	0%

Tabla 48: Porcentaje de detenciones de los vehículos de Transporte Público en los paraderos de la Avenida Aviación a diferentes horas del día

Avenida Pumacahua - Transporte Público	
Ubicación en Mapas	2° Zona - Datos en porcentaje de paradas en estaciones

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

https://goo.gl/maps/yCn4ATiLaRA2	General Morán	Paradero 1	Paradero 2	Paradero 3	Paradero 4
	Turno Mañana	60%	20%	0%	0%
	Turno Tarde	56%	10%	0%	0%
	Turno Noche	44%	10%	0%	0%
https://goo.gl/maps/nenwDZ94NJH2	Hernando de Luque	Paradero 1	Paradero 2	Paradero 3	Paradero 4
	Turno Mañana	22%	0%	0%	0%
	Turno Tarde	14%	0%	0%	0%
	Turno Noche	10%	0%	0%	0%
https://goo.gl/maps/tzmz6ZP1df72	Challapampa	Paradero 1	Paradero 2	Paradero 3	Paradero 4
	Turno Mañana	20%	0%	0%	0%
	Turno Tarde	16%	0%	0%	0%
	Turno Noche	0%	0%	0%	0%
https://goo.gl/maps/DRupcYWoWc12	Circunvalación	Paradero 1	Paradero 2	Paradero 3	Paradero 4
	Turno Mañana	64%	20%	20%	0%
	Turno Tarde	14%	20%	0%	0%
	Turno Noche	10%	20%	0%	0%

Tabla 49: Porcentaje de detenciones de los vehículos de Transporte Público en los paraderos de la Avenida Pumacahua a diferentes horas del día

Avenida Ejército - Transporte Público					
	3° Zona - Datos en porcentaje de paradas en estaciones				
https://goo.gl/maps/2yTAZ7yN9d82	San Juan de Dios	Paradero 1	Paradero 2	Paradero 3	Paradero 4
	Turno Mañana	40%	52%	20%	10%
	Turno Tarde	14%	28%	10%	0%
	Turno Noche	32%	48%	0%	0%

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

https://goo.gl/maps/F5Gvhsaw96E2	Real Plaza	Paradero 1	Paradero 2	Paradero 3	Paradero 4
	Turno Mañana	0%	0%	0%	0%
	Turno Tarde	0%	0%	0%	0%
	Turno Noche	0%	0%	0%	0%
https://goo.gl/maps/iSLi7XURYJ42	Entel	Paradero 1	Paradero 2	Paradero 3	Paradero 4
	Turno Mañana	12%	30%	0%	0%
	Turno Tarde	24%	30%	0%	0%
	Turno Noche	20%	8%	0%	0%
https://goo.gl/maps/UDvwMu21LPp	Banco Comercio	Paradero 1	Paradero 2	Paradero 3	Paradero 4
	Turno Mañana	22%	60%	0%	0%
	Turno Tarde	34%	50%	0%	0%
	Turno Noche	52%	10%	0%	0%
https://goo.gl/maps/EACxAs9ua7U2	Metro	Paradero 1	Paradero 2	Paradero 3	Paradero 4
	Turno Mañana	28%	60%	0%	0%
	Turno Tarde	8%	30%	0%	0%
	Turno Noche	8%	40%	0%	0%
https://goo.gl/maps/TWvK5rsefDx	Comisaria	Paradero 1	Paradero 2	Paradero 3	Paradero 4
	Turno Mañana	8%	6%	0%	0%
	Turno Tarde	10%	20%	0%	0%
	Turno Noche	32%	22%	0%	0%

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

https://goo.gl/maps/pUZdibMQUmK2	BCP	Paradero 1	Paradero 2	Paradero 3	
	Turno Mañana	10%	0%	0%	0%
	Turno Tarde	8%	0%	0%	0%
	Turno Noche	8%	0%	0%	0%
https://goo.gl/maps/5iXVskjihG82	Recoleta	Paradero 1	Paradero 2	Paradero 3	
	Turno Mañana	12%	70%	20%	0%
	Turno Tarde	28%	76%	14%	0%
	Turno Noche	44%	34%	8%	0%

Tabla 50: Porcentaje de detenciones de los vehículos de Transporte Público en los paraderos de la Avenida Ejército a diferentes horas del día

En las tablas podemos distinguir que existen estaciones, en cada una de ellas se tiene paraderos con un número al costado, en mi investigación estoy considerando que en cada paradero existen hasta 4 lugares donde los vehículos pueden detenerse para que los pasajeros suban y bajen, en las tablas el número de paradero (Paradero 1, Paradero 2, Paradero 3, Paradero 4) hace referencia a esos lugares. Por otro lado, podemos ver que en la tabla para una misma estación tenemos valores en distintos paraderos, eso describe algo que sucede en nuestra realidad, un vehículo puede detenerse en una zona para que los pasajeros bajen y tan solo unos metros después este vehículo se vuelve a detener para que bajen pasajeros, es más, puede volverse a detener más adelante en la misma cuadra, en mi propuesta de solución esta realidad tiene que cambiar y el vehículo tendrá que detenerse solo una vez por estación como sucede en otras ciudades.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Aquí cabe aclarar que, se nombra como *estación* a la zona donde se aglomeran las personas para hacer uso del transporte público, y se nombra *paradero*, a la posición que ocupa cada vehículo cuando están en las estaciones.

Hecha la aclaración y dados los datos de los vehículos de transporte público ahora continuaré con los datos de taxi:

Avenida Aviación - Taxi					
Ubicación en mapas	1° Zona - Datos en porcentaje de paradas de vehículos				
	Zamácola 1	Paradero 1	Paradero 2	Paradero 3	Paradero 4
https://goo.gl/maps/p4eF9ZMHk9p	Turno Mañana	0%	8%	20%	0%
	Turno Tarde	0%	8%	0%	0%
	Turno Noche	0%	0%	6%	0%
https://goo.gl/maps/DZD9qJsNtMm	Zamácola 2	Paradero 1	Paradero 2	Paradero 3	Paradero 4
	Turno Mañana	0%	24%	8%	2%
	Turno Tarde	0%	0%	20%	0%
	Turno Noche	0%	10%	0%	0%
https://goo.gl/maps/JzsrWnMA9dN2	Essalud	Paradero 1	Paradero 2	Paradero 3	Paradero 4
	Turno Mañana	0%	4%	0%	0%
	Turno tarde	8%	0%	0%	0%
	Turno Noche	0%	2%	0%	0%
https://goo.gl/maps/vHPrwQAYnbn	Monte Bello	Paradero 1	Paradero 2	Paradero 3	Paradero 4
	Turno Mañana	0%	4%	0%	0%
	Turno tarde	0%	4%	0%	0%
	Turno Noche	0%	4%	0%	0%

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

https://goo.gl/maps/yZEaFLtDu3E2	Femaco	Paradero 1	Paradero 2	Paradero 3	Paradero 4
	Turno Mañana	0%	0%	0%	0%
	Turno tarde	0%	0%	0%	0%
	Turno Noche	0%	0%	0%	0%
https://goo.gl/maps/Ywtbez1pyLm	Villa florida	Paradero 1	Paradero 2	Paradero 3	Paradero 4
	Turno Mañana	20%	0%	0%	0%
	Turno tarde	0%	16%	0%	0%
	Turno Noche	4%	0%	0%	0%

Tabla 51: Porcentaje de detenciones de los Taxis en los paraderos de la Avenida Aviación a diferentes horas del día

Avenida Pumacahua - Taxi					
Ubicación en Mapas	2° Zona - Datos en porcentaje de paradas de vehículos				
https://goo.gl/maps/yCn4ATiLaRA2	General Morán	Paradero 1	Paradero 2	Paradero 3	Paradero 4
	Turno Mañana	6%	10%	0%	0%
	Turno Tarde	0%	14%	0%	0%
	Turno Noche	0%	8%	0%	0%
https://goo.gl/maps/nenwDZ94NJH2	Hernando de Luque	Paradero 1	Paradero 2	Paradero 3	Paradero 4
	Turno Mañana	0%	8%	0%	0%
	Turno Tarde	0%	6%	0%	0%
	Turno Noche	0%	4%	0%	0%
https://goo.gl/maps/tzmz6ZP1df72	Challapampa	Paradero 1	Paradero 2	Paradero 3	Paradero 4
	Turno Mañana	0%	16%	0%	0%
	Turno Tarde	0%	10%	0%	0%
	Turno Noche	0%	0%	0%	0%
https://goo.gl/maps/DRupcYWoWc12	Circunvalación	Paradero 1	Paradero 2	Paradero 3	Paradero 4

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

	Turno Mañana	0%	20%	0%	0%
	Turno Tarde	0%	10%	0%	0%
	Turno Noche	0%	10%	0%	0%

Tabla 52: Porcentaje de detenciones de los Taxis en los paraderos de la Avenida Pumacahua a diferentes horas del día

Avenida Ejército - Taxi					
	3° Zona - Datos en porcentaje de paradas de vehículos				
https://goo.gl/maps/2yTAZ7yN9d82	San Juan de Dios	Paradero 1	Paradero 2	Paradero 3	Paradero 4
	Turno Mañana	4%	20%	0%	0%
	Turno Tarde	4%	16%	0%	0%
	Turno Noche	0%	4%	0%	0%
https://goo.gl/maps/F5Gvhsaw96E2	Real Plaza	Paradero 1	Paradero 2	Paradero 3	Paradero 4
	Turno Mañana	0%	0%	0%	0%
	Turno Tarde	0%	24%	0%	0%
	Turno Noche	10%	30%	0%	0%
https://goo.gl/maps/iSLi7XURYJ42	Entel	Paradero 1	Paradero 2	Paradero 3	Paradero 4
	Turno Mañana	0%	8%	0%	0%
	Turno Tarde	10%	0%	0%	0%
	Turno Noche	0%	16%	0%	0%
https://goo.gl/maps/UDvwMu21LPp	Banco Comercio	Paradero 1	Paradero 2	Paradero 3	Paradero 4
	Turno Mañana	0%	10%	0%	0%
	Turno Tarde	16%	0%	0%	0%
	Turno Noche	0%	14%	0%	0%
https://goo.gl/maps/EACxAs9ua7U2	Metro	Paradero 1	Paradero 2	Paradero 3	Paradero 4
	Turno Mañana	0%	0%	0%	0%
	Turno Tarde	10%	0%	0%	0%
	Turno Noche	10%	24%	0%	0%

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

https://goo.gl/maps/TWvK5rsefDx	Comisaria	Paradero 1	Paradero 2	Paradero 3	Paradero 4
	Turno Mañana	0%	0%	0%	0%
	Turno Tarde	0%	10%	0%	0%
	Turno Noche	0%	10%	0%	0%
https://goo.gl/maps/pUZdibMQUmK2	BCP	Paradero 1	Paradero 2	Paradero 3	
	Turno Mañana	0%	0%	0%	0%
	Turno Tarde	0%	10%	0%	0%
	Turno Noche	0%	10%	0%	0%
https://goo.gl/maps/5iXVskjihG82	Recoleta	Paradero 1	Paradero 2	Paradero 3	
	Turno Mañana	0%	10%	0%	0%
	Turno Tarde	8%	16%	0%	0%
	Turno Noche	4%	18%	0%	0%

Tabla 53: Porcentaje de detenciones de los Taxis en los paraderos de la Avenida Ejército a diferentes horas del día

Aquí notamos que, en la tabla tenemos varios valores con 0% esto es lógico pues, los taxis cuando en un paradero cogen pasajeros a la siguiente cuadra no vuelven a subir pasajeros como si lo hacen los vehículos de Transporte Público.

Por otro lado, los taxis al tener una frecuencia de subida y bajada de pasajeros pequeña en comparación con los vehículos de transporte público tienen valores de porcentajes relativamente bajos, en nuestra zona de investigación los lugares donde se presenta mayor porcentaje de uso de estos vehículos, es en el Real Plaza, Metro de la Avenida Ejército seguidos del Banco el Comercio.

Ahora si tenemos todo listo para el diseño del modelo de simulación, que es el siguiente paso que voy a realizar.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

4.7 Identificación de elementos de simulación dentro de mi modelo

4.7.1 **Entidades:**

Mi sistema se trata de estudio de la fluidez vehicular, por lo tanto, las entidades serían:

- Vehículos: todos los vehículos entran a la zona de estudio, dentro de esto y por casos prácticos para mi simulación subdividiré estos en 3 tipos:
    - Vehículos particulares
    - Vehículos de Transporte Público
    - Vehículos Taxi

Cada uno de estos tipos tendrá su propio *create* en el modelo de simulación

- Personas: en algunos puntos de mi simulación, utilizaré personas, estas personas representan entidades en el modelo.
- Control de Semáforos: El control de las señales de tránsito serán controlados por entidades en el modelo.

4.7.2 **Recursos:**

Como recursos dentro de mi sistema usé:

- Ciclo del semáforo: donde puedo apreciar el tiempo para determinado color del semáforo en un momento en específico.
- Paraderos: Representan el principal recurso dentro de mi simulación y básicamente tienen 2 estados, lleno y disponible.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

4.7.3 **Colas**

Tal vez, la parte más importante a analizar en mi sistema, las colas se presentan en todas las partes de la vía:

- Cola en semáforo
- Cola en Paradero

Justamente los tiempos de espera en cola serán los indicadores principales para la propuesta de solución.

4.7.4 **Estaciones**

Me refiero al módulo *Station*, las estaciones las usaré para indicar movimiento de las entidades en el sistema, básicamente tendré una estación antes del paradero y otra después del paradero.

4.7.5 **Procesos**

En mi caso los procesos representarán el tiempo de detención de los vehículos en un paradero, entonces cada uno de los paraderos serán simbolizados por un módulo de proceso.

4.8 Modelo de simulación:

Mi objetivo dentro de mi estudio es analizar el comportamiento del flujo vehicular a diferentes horas del día en las principales avenidas de la ciudad de Arequipa, entonces es lógico que el modelo de simulación que representé esto, a un nivel de exactitud alto, debe ser relativamente grande, razón por la que opté por hacer el modelo de simulación por partes y obviamente tener los resultados de

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

cada una de estas zonas para después hacer un análisis conjunto todas las vías de estudio. También tengo que indicar que hice varios modelos de la misma zona, unos complejos y otros sencillos; los modelos sencillos me sirven para darle un primer análisis al sistema y verificar los efectos de la no sincronización de los semáforos mientras que los modelos más complejos me sirven para analizar el desorden de los paraderos usados por los vehículos de transporte público y su gran efecto en la fluidez vehicular. Dicho esto, empecemos a mostrar los modelos de simulación.

4.8.1 **Representación del control de los semáforos**

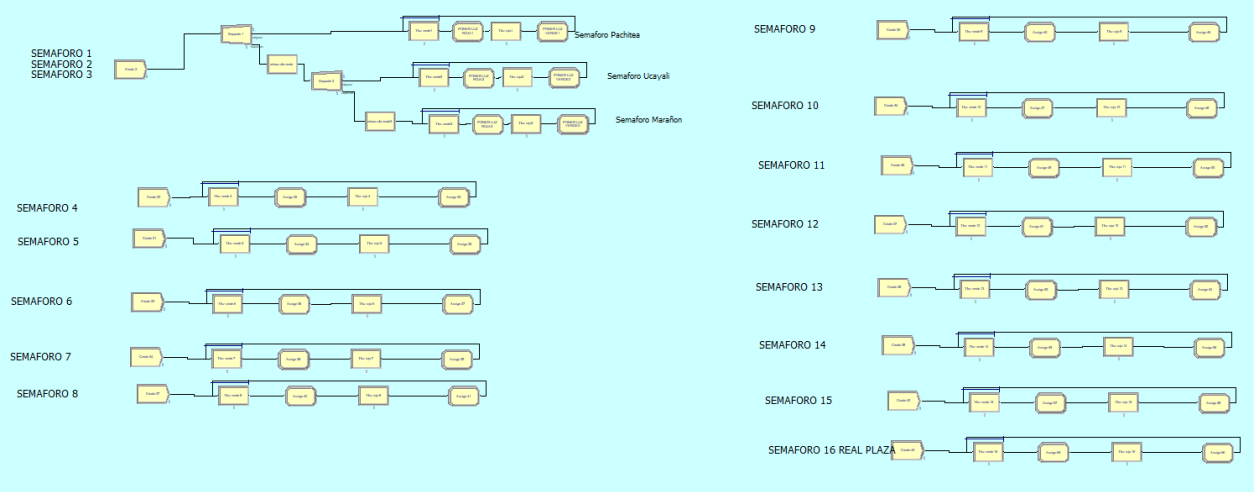


Ilustración 102: Modelo que representa el control de todos los semáforos de la avenida aviación

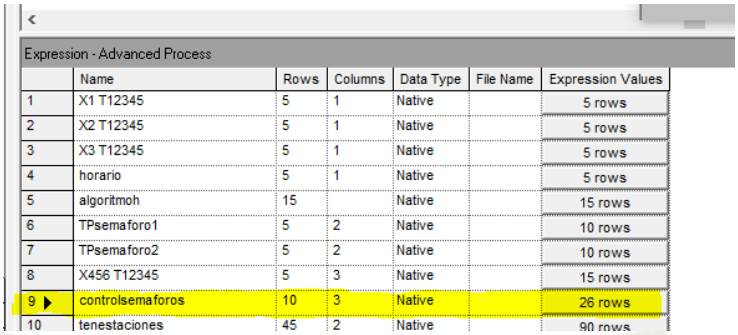
Para ver este modelo a detalle ver el *Anexo 1: Modelo de simulación en Arena situación actual Av. Aviación-Pumacahua-Ejército*

En esta parte considero importante indicar que se centralizó el control de tiempo en una *expresión del software:*

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

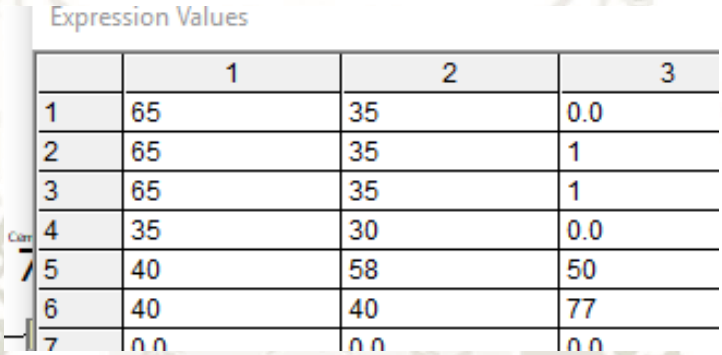
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA



Expression - Advanced Process

	Name	Rows	Columns	Data Type	File Name	Expression Values
1	X1 T12345	5	1	Native		5 rows
2	X2 T12345	5	1	Native		5 rows
3	X3 T12345	5	1	Native		5 rows
4	horario	5	1	Native		5 rows
5	algoritmoh	15		Native		15 rows
6	TPsemaforo1	5	2	Native		10 rows
7	TPsemaforo2	5	2	Native		10 rows
8	X456 T12345	5	3	Native		15 rows
9	controlsemaforos	10	3	Native		26 rows
10	tenestaciones	45	2	Native		90 rows

Ilustración 103: Modulo expresión, centralizando el control de las variables



Expression Values

	1	2	3
1	65	35	0.0
2	65	35	1
3	65	35	1
4	35	30	0.0
5	40	58	50
6	40	40	77
7	0.0	0.0	0.0

Ilustración 104: Ejemplo de tiempos de control de los semáforos: Tiempo en Rojo, Tiempo en Verde, Tiempo de desfase entre semáforos

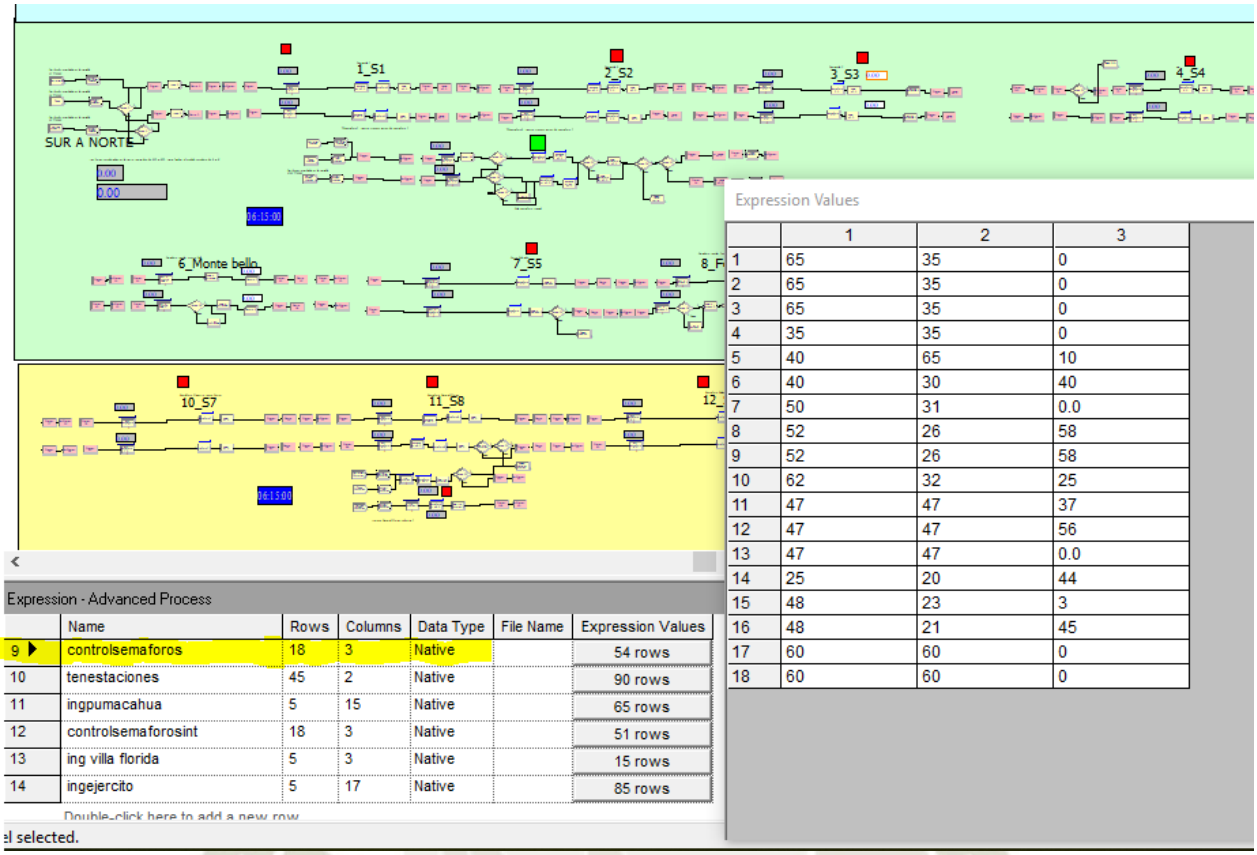
En la tabla podemos ver un ejemplo del control de las variables del modelo, en este caso el control de los primeros semáforos; la columna 1 representa el tiempo en verde, la columna 2 el tiempo en rojo y la columna 3 el tiempo de desfase entre semáforos, el tiempo en amarillo lo estoy considerando dentro del tiempo en verde.

Los tiempos de los semáforos en dirección norte a sur y los semáforos de intercepción colocados en la arena de acuerdo a los tablas del *párrafo 3.6-Semáforos* los presento a continuación:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA



	1	2	3
1	65	35	0
2	65	35	0
3	65	35	0
4	35	35	0
5	40	65	10
6	40	30	40
7	50	31	0.0
8	52	26	58
9	52	26	58
10	62	32	25
11	47	47	37
12	47	47	56
13	47	47	0.0
14	25	20	44
15	48	23	3
16	48	21	45
17	60	60	0
18	60	60	0

Ilustración 105: Datos de los semáforos en el modelo Arena

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

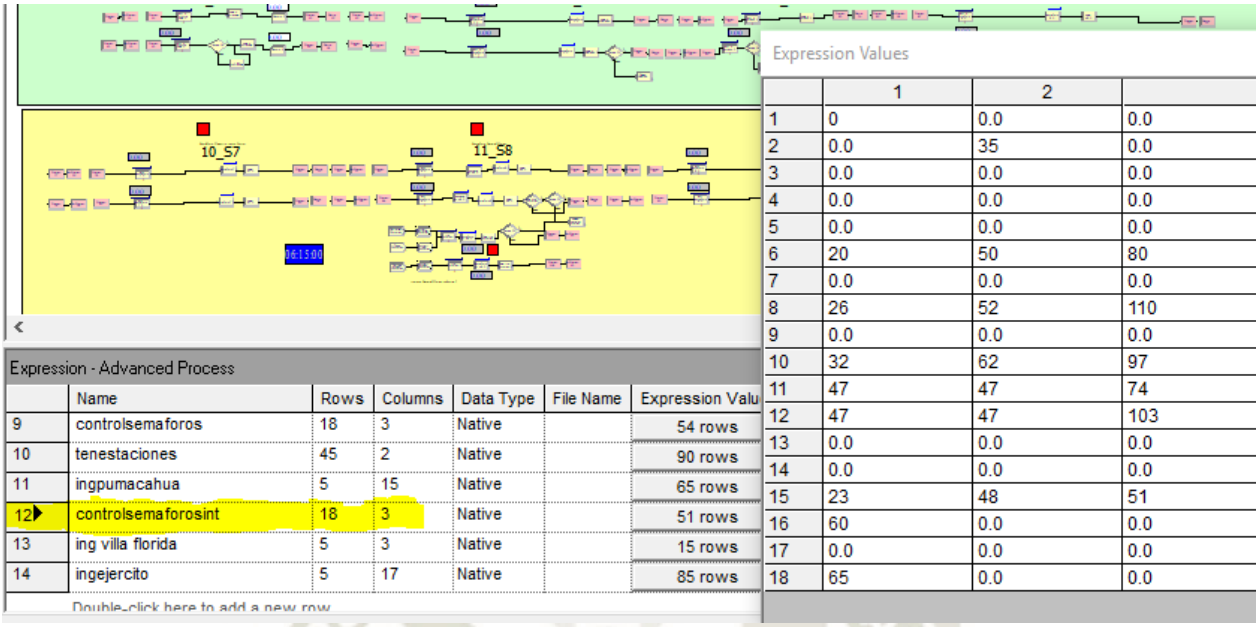


Ilustración 106: Datos de los semáforos en las intercepciones el modelo Arena

En el control de los semáforos también agregué un módulo *delay* que representará el tiempo en que el ciclo de un semáforo está retrasado con respecto a otro y lo hice agregando un módulo entre el *create* de cada semáforo y su respectivo control, de la siguiente forma:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

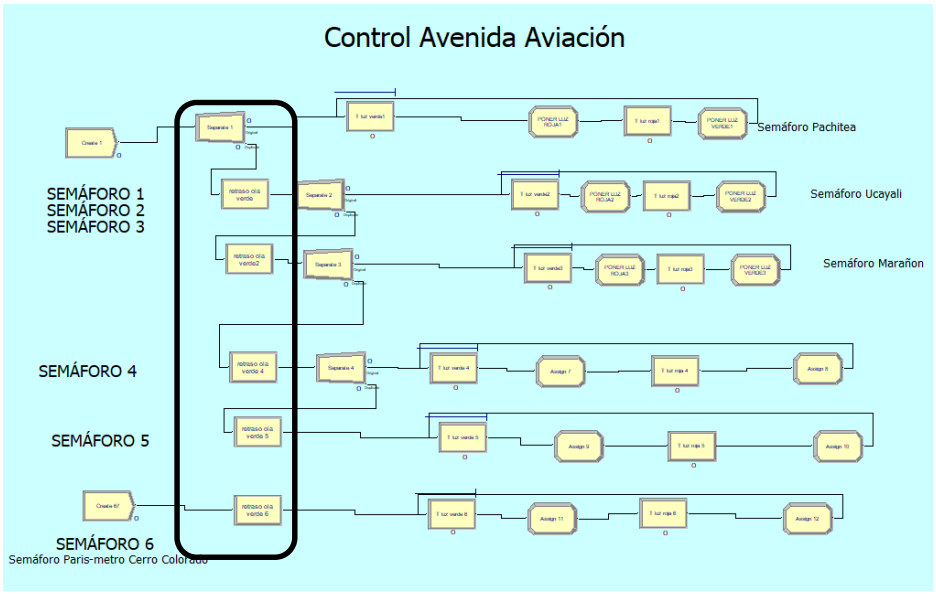


Ilustración 107: Control de los semáforos de la Av. Aviación agregando el módulo para el inicio de ciclo

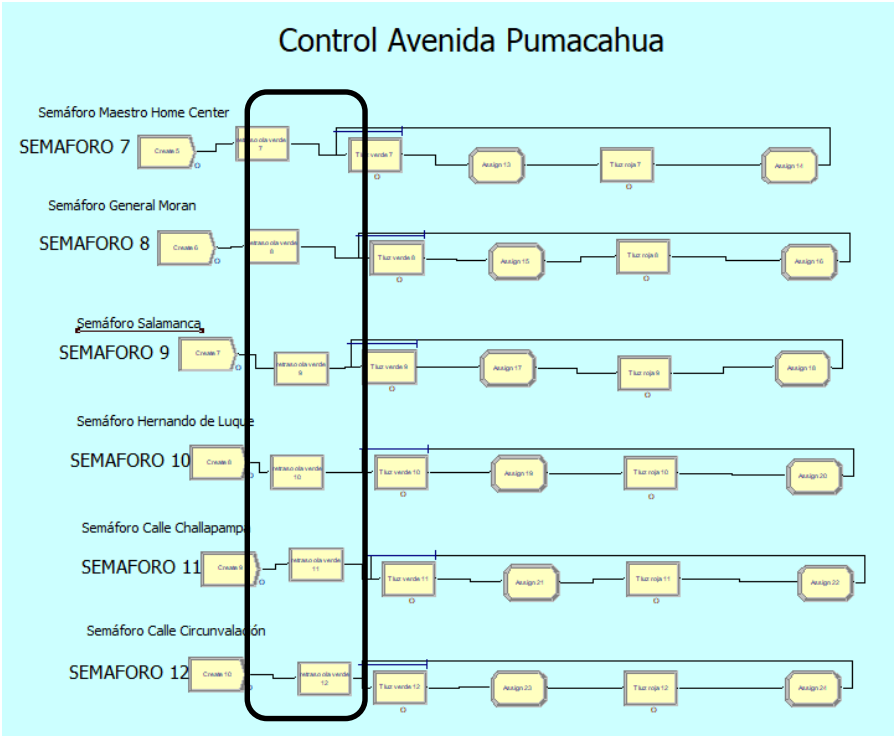


Ilustración 108: Control de los semáforos de la Av. Pumacahua agregando el módulo para el inicio de ciclo

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

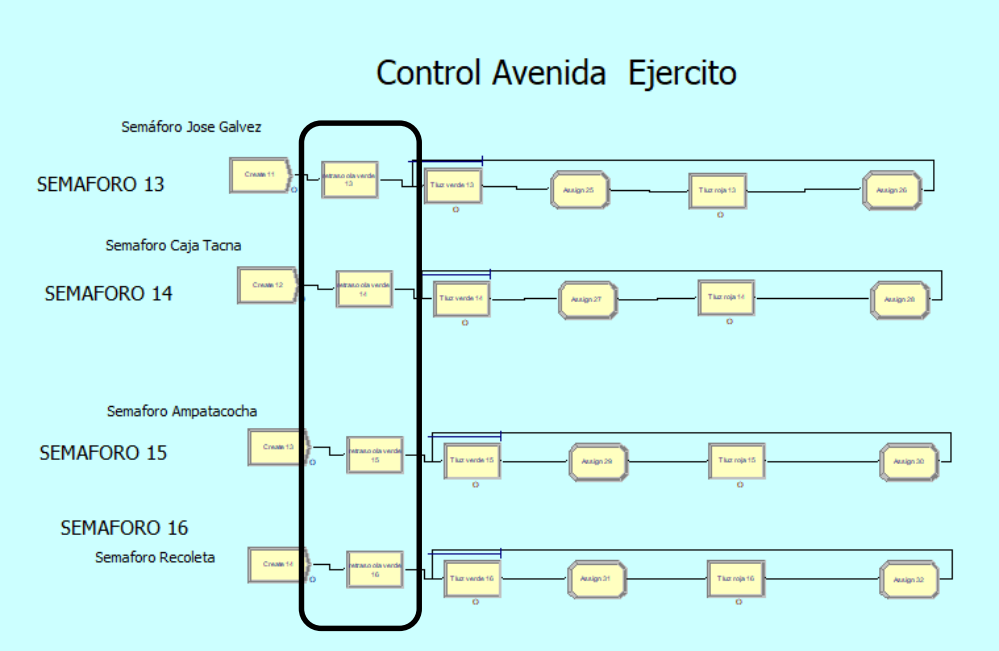


Ilustración 109: Control de los semáforos de la Av. Ejército agregando el módulo para el inicio de ciclo

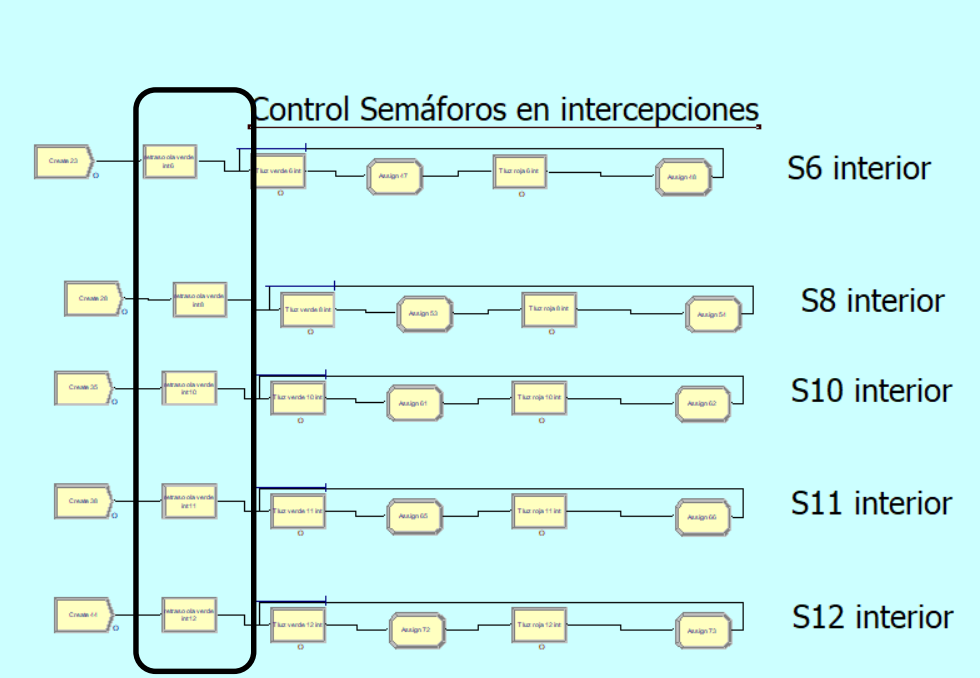


Ilustración 110: Control de los semáforos de la Av. Ejército agregando el módulo para el inicio de ciclo

Por último, en esos módulos ponemos los datos correspondientes a la expresión que contiene sus datos, de la siguiente manera:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

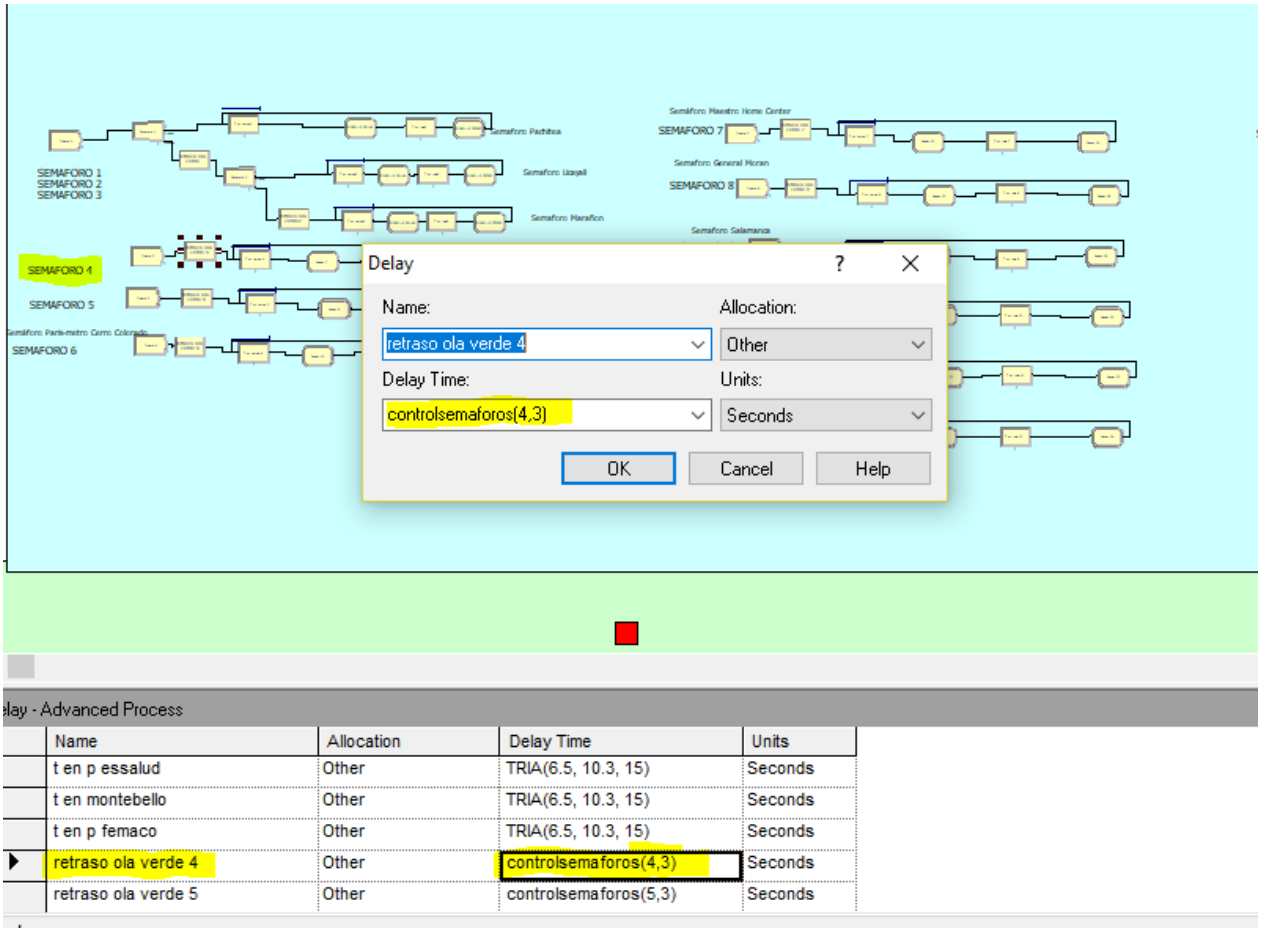


Ilustración 111:Configuración del módulo delay para el control de los semáforos

Esta misma configuración se realizó con sus respectivos datos en los semáforos de la vía principal (*expression: controlsemaforos)* y en los semáforos de las intercepciones de las avenidas (*expression: controlsemaforosint).*

Para verlo completo revisar el *Anexo 1: Modelo de simulación en Arena situación actual Av. Aviación-Pumacahua-Ejército*

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

4.8.2 **Modelos de simulación para la optimización de los tiempos de ciclo de los semáforos:**

En esta parte desarrollaré los modelos que me ayudarán a determinar los mejores tiempos de ciclo para la optimización del flujo vehicular de las avenidas en estudio.

4.8.2.1 Modelo de simulación Av. Aviación

A continuación, presento el modelo de simulación de la Avenida Aviación, mostrando los semáforos, las entradas y salidas de vehículos, también pongo en la parte superior de cada paradero o semáforo una etiqueta donde se muestra el número actual de entidades (vehículos) en cada cola.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

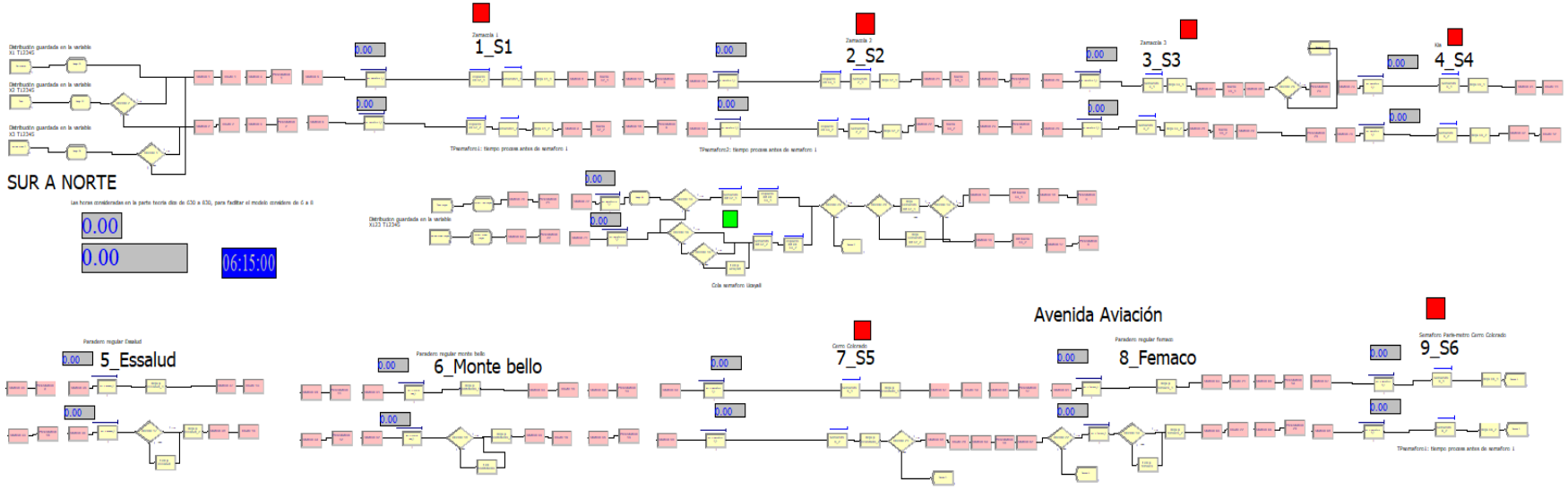


Ilustración 112: Modelo de simulación de la avenida Aviación distrito de Cerro Colorado

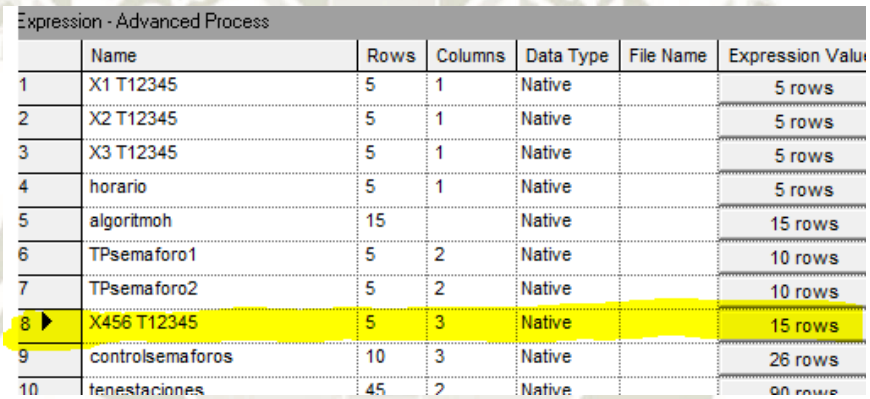
Para ver el modelo con más detalle ver el *Anexo 1: Modelo de simulación en Arena situación actual Av. Aviación-Pumacahua-Ejército*

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

4.8.2.1.1 Programación de diferentes distribuciones a distintas horas del día

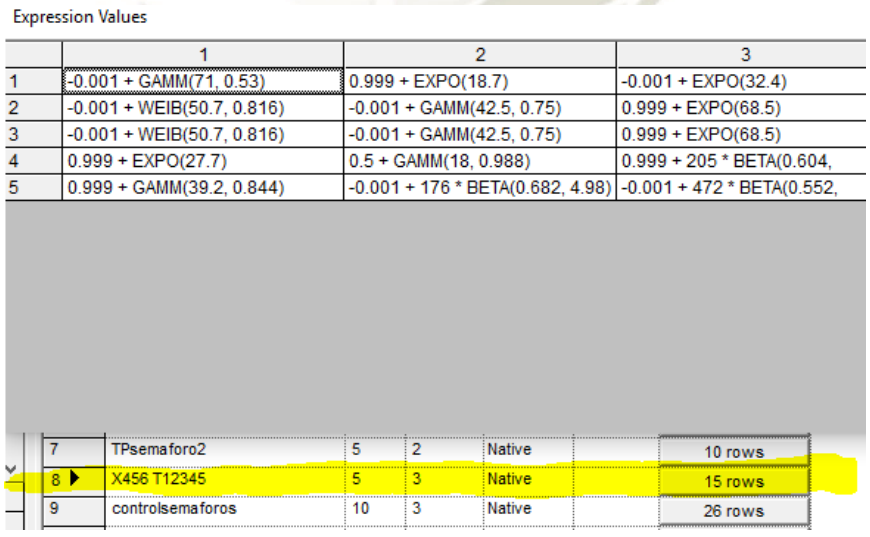
Aprovecho este punto para indicar que, así como en el modelo anterior, se hizo el control centralizado de toda la información de los *módulos create*, esto para su mejor control y observación de datos, pues recordemos que las distribuciones de ingresos dependen del tipo de vehículo, de la zona y la hora en la que se transita, a continuación, muestro como se subió estos datos al modelo, de la misma forma se hará para todas las demás distribuciones estadísticas que dependen del tiempo.



Expression - Advanced Process

	Name	Rows	Columns	Data Type	File Name	Expression Valu
1	X1 T12345	5	1	Native		5 rows
2	X2 T12345	5	1	Native		5 rows
3	X3 T12345	5	1	Native		5 rows
4	horario	5	1	Native		5 rows
5	algoritmoh	15		Native		15 rows
6	TPsemaforo1	5	2	Native		10 rows
7	TPsemaforo2	5	2	Native		10 rows
8	X456 T12345	5	3	Native		15 rows
9	controlsemaforos	10	3	Native		26 rows
10	tenestaciones	45	2	Native		90 rows

Ilustración 113: Ejemplo de control centralizado de los *módulos Create*



Expression Values

	1	2	3
1	-0.001 + GAMM(71, 0.53)	0.999 + EXPO(18.7)	-0.001 + EXPO(32.4)
2	-0.001 + WEIB(50.7, 0.816)	-0.001 + GAMM(42.5, 0.75)	0.999 + EXPO(68.5)
3	-0.001 + WEIB(50.7, 0.816)	-0.001 + GAMM(42.5, 0.75)	0.999 + EXPO(68.5)
4	0.999 + EXPO(27.7)	0.5 + GAMM(18, 0.988)	0.999 + 205 * BETA(0.604,
5	0.999 + GAMM(39.2, 0.844)	-0.001 + 176 * BETA(0.682, 4.98)	-0.001 + 472 * BETA(0.552,

7	TPsemaforo2	5	2	Native		10 rows
8	X456 T12345	5	3	Native		15 rows
9	controlsemaforos	10	3	Native		26 rows

Ilustración 114: Distribuciones estadísticas de las variables X4, X5, X6 en los 5 turnos

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Pusimos la información de las 3 variables mencionadas en el ejemplo en los 5 turnos del día, ahora explicaré como hacer la programación en el software para que lea cierta distribución dependiendo del tiempo:

En primer lugar, agrego una *expresión* que me servirá de algoritmo para que el software haga la lectura de las distribuciones estadísticas según la hora del día, a esta expresión le puse el nombre *algoritmoh.*

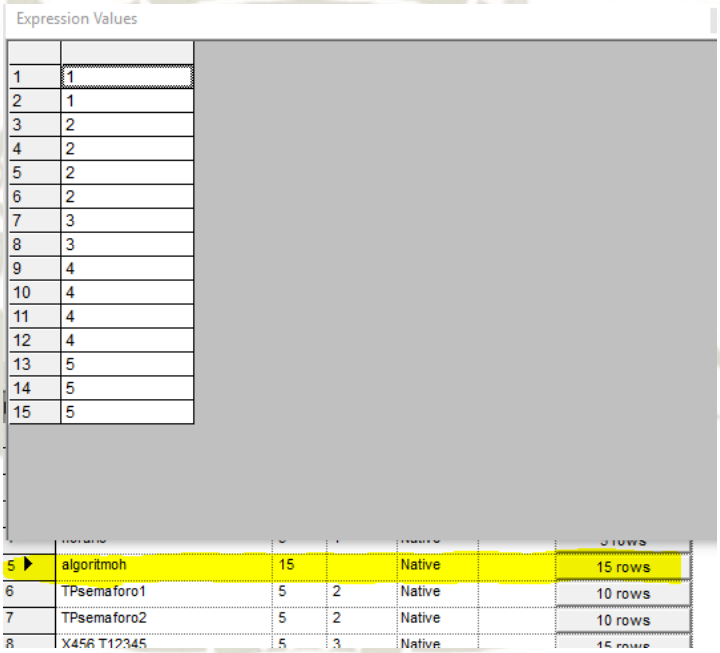


Ilustración 115: Creación de la expresión *algoritmoh* para la identificación de los turnos y las asignaciones de las distribuciones estadísticas

Con esto, lo que hice fue asignar turnos (5) a cada una de las horas de simulación (14 horas, de 6:30 am a 8:30 pm), aquí cae una pregunta: ¿Por qué si son 14 horas en la gráfica se observan 15?, la respuesta es que se agrega una hora más para evitar problemas técnicos durante la corrida de la simulación en el instante 14:00:00 (recordemos que la duración de la corrida por día es 14

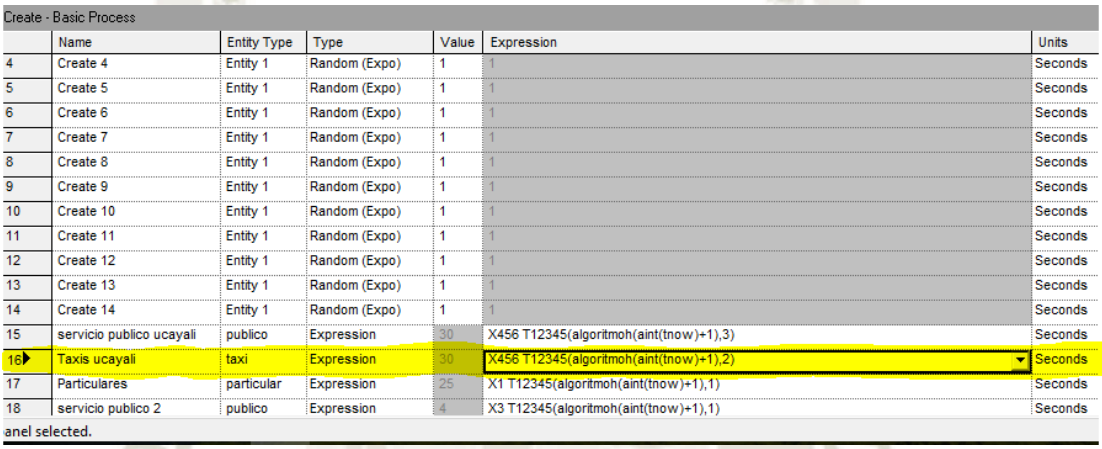
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

horas), pues así como el instante 0:00:00 pertenece a la primera hora de simulación, el instante 14:00:00 pertenece a la 15 hora de simulación

Ahora para terminar con la programación de diferentes distribuciones estadísticas durante distintos horarios tengo que programar esto en cada módulo *create*, como, por ejemplo:



Create - Basic Process

	Name	Entity Type	Type	Value	Expression	Units
4	Create 4	Entity 1	Random (Expo)	1	1	Seconds
5	Create 5	Entity 1	Random (Expo)	1	1	Seconds
6	Create 6	Entity 1	Random (Expo)	1	1	Seconds
7	Create 7	Entity 1	Random (Expo)	1	1	Seconds
8	Create 8	Entity 1	Random (Expo)	1	1	Seconds
9	Create 9	Entity 1	Random (Expo)	1	1	Seconds
10	Create 10	Entity 1	Random (Expo)	1	1	Seconds
11	Create 11	Entity 1	Random (Expo)	1	1	Seconds
12	Create 12	Entity 1	Random (Expo)	1	1	Seconds
13	Create 13	Entity 1	Random (Expo)	1	1	Seconds
14	Create 14	Entity 1	Random (Expo)	1	1	Seconds
15	servicio publico ucayali	publico	Expression	30	X456 T12345(algoritmoh(aint(tnow)+1),3)	Seconds
16	Taxis ucayali	taxi	Expression	30	X456 T12345(algoritmoh(aint(tnow)+1),2)	Seconds
17	Particulares	particular	Expression	25	X1 T12345(algoritmoh(aint(tnow)+1),1)	Seconds
18	servicio publico 2	publico	Expression	4	X3 T12345(algoritmoh(aint(tnow)+1),1)	Seconds

anel selected.

Ilustración 116: Programación de diferentes distribuciones estadísticas en distintos horarios en el módulo *create*

Notemos que, en la tabla del *módulo create* relacionado con el ingreso de taxis en la calle Ucayali ingresé una expresión en el campo donde tendría que ir la distribución estadística, dicha expresión es: X456 T12345 (algortimoh(aint(tnow)+1),3), con esto damos valor a las variables 4, 5 y 6 en los 5 turnos, usando el *algoritmoh* para identificación de los turnos con el comando matemático *aint* que jala el valor entero de un número, número que en esta ocasión es el comando *tnow* que me da la hora actual en el sistema; adicionalmente ponemos un *3* que me ubica la columna que queremos usar, recordemos que en el módulo *expresión X456 T12345* tenemos guardado en 3 columnas y 5 filas las 15 distribuciones correspondientes a los 3 tipos de vehículos en 5 turnos.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

4.8.2.2 Modelo de simulación Av. Pumacahua

A continuación, presento el modelo de simulación de la avenida Pumacahua con las mismas características que el modelo anterior (control centralizado de semáforos, de ingreso de entidades, entre otros), el proceso del control centralizado de las entidades (vehículos) lo explicaré a detalle en *4.8.2.3.1****Centralización de las distribuciones estadísticas de la avenida Ejército en el módulo Expression.***

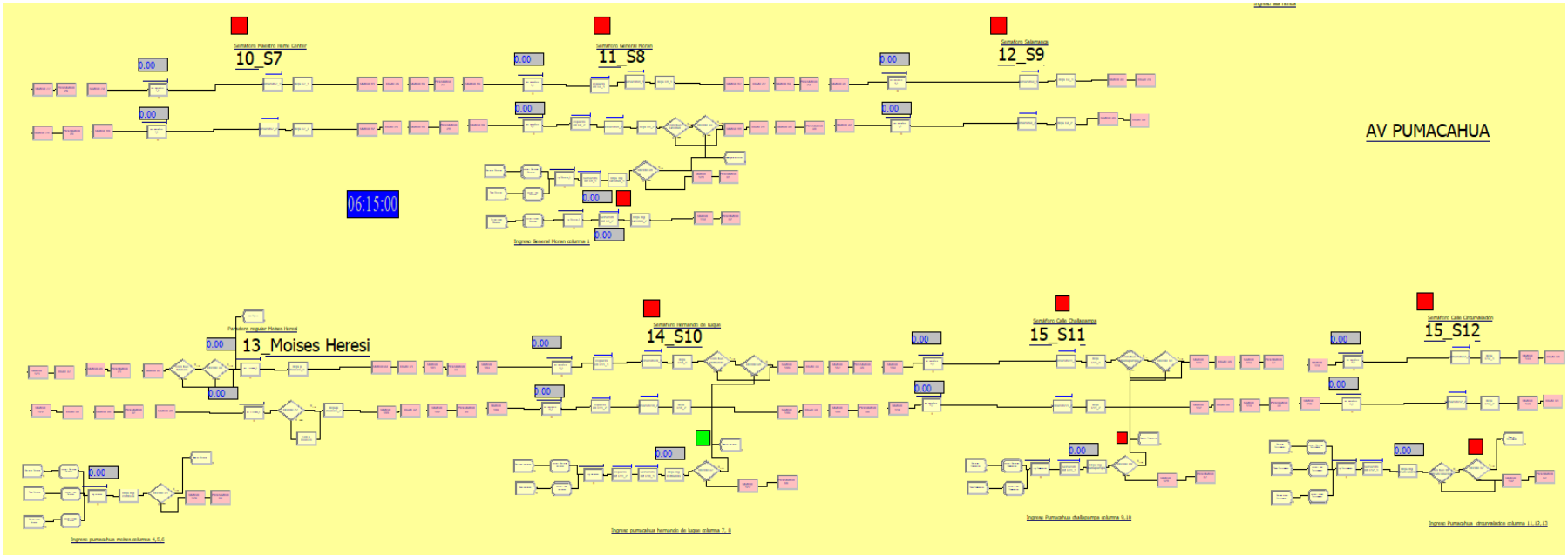


Ilustración 117: Modelo de simulación de la avenida Pumacahua distritos Cerro Colorado- Cayma

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Para ver el modelo con más detalle ver el *Anexo 1: Modelo de simulación en Arena situación actual Av. Aviación-Pumacahua-Ejército.*

4.8.2.3 Modelo de simulación Av. Ejército

A continuación, presento el modelo de simulación de la avenida Ejército con las mismas características que los modelos anteriores (control centralizado de semáforos, semáforos, vehículos entre otros), hago recodar a mis lectores que estos modelos aún no están al 100%, aunque representan gran parte de los modelos finales, tener los modelos a este nivel me servirá para determinar cuánto se pierde por no tener semáforos sincronizados.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

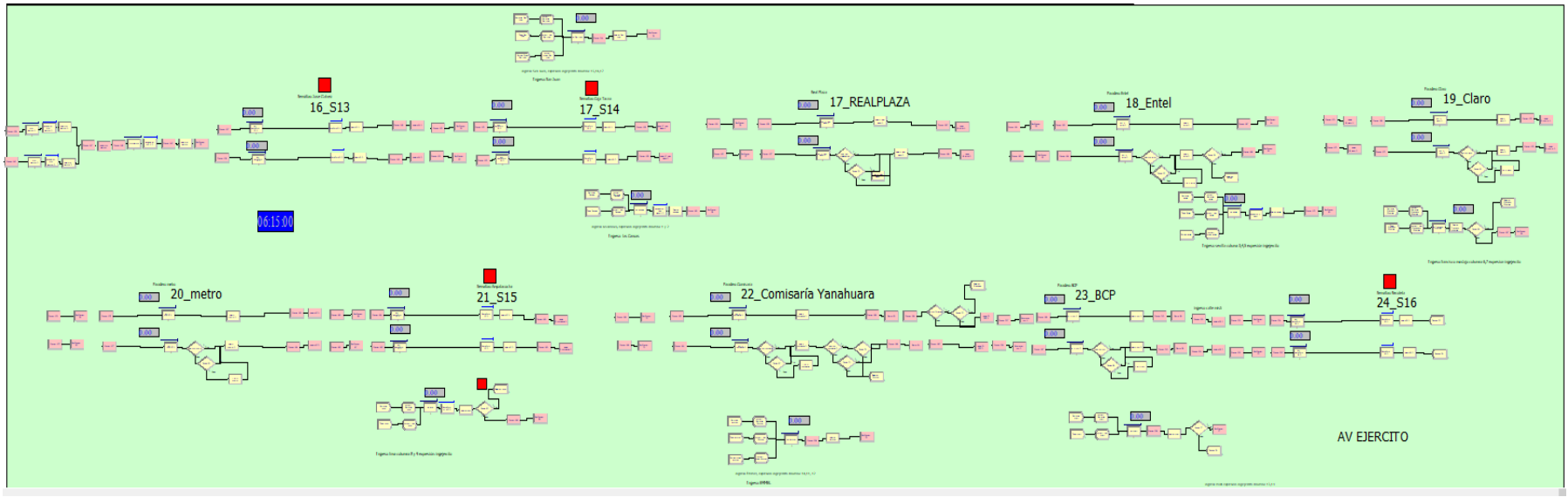


Ilustración 118: Modelo de simulación de la avenida Ejército distritos Cerro- Cayma- Yanahuara- Cercado

Para ver el modelo con más detalle ver el *Anexo 1: Modelo de simulación en Arena situación actual Av. Aviación-Pumacahua-Ejército*

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

4.8.2.3.1 Centralización de las distribuciones estadísticas de la avenida Ejército en el módulo Expression.

Voy a aprovechar esta parte para explicar cómo se centralizó la información de los módulos de la simulación perteneciente a la avenida ejército (se usó el mismo procedimiento para la centralización de datos de las demás avenidas), específicamente trataré el módulo *create* y el agrupamiento de sus datos en un conjunto llamado *expression*, hago recordar que la distribución estadística de las entidades depende del tipo de vehículo, de la hora del día, y del lugar por donde llegan; estos datos los agregó conjuntamente en una expresión llamada *ingEjército* (haciendo referencias a todos los vehículos que ingresan en la avenida Ejército), para tal fin voy al módulo *Expression* en la parte izquierda de la ventana y agrego un campo llamado *ingEjército* donde colocaré todas las distribuciones estadísticas de los vehículos que ingresan en la cualquier vía de la avenida Ejército:

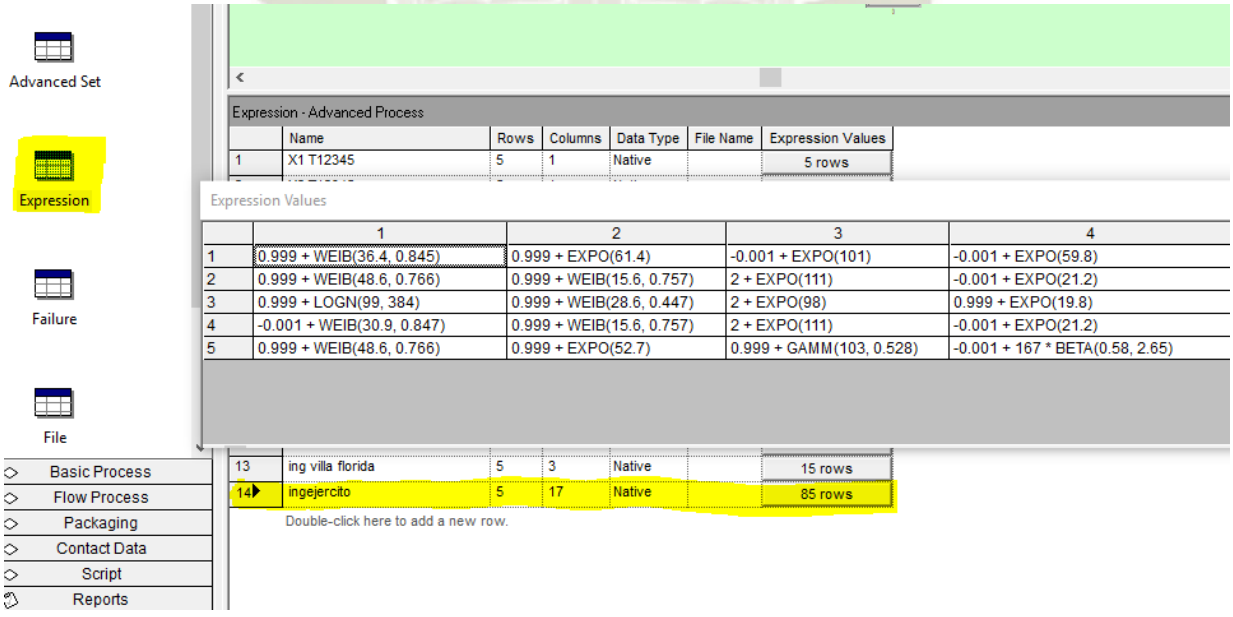


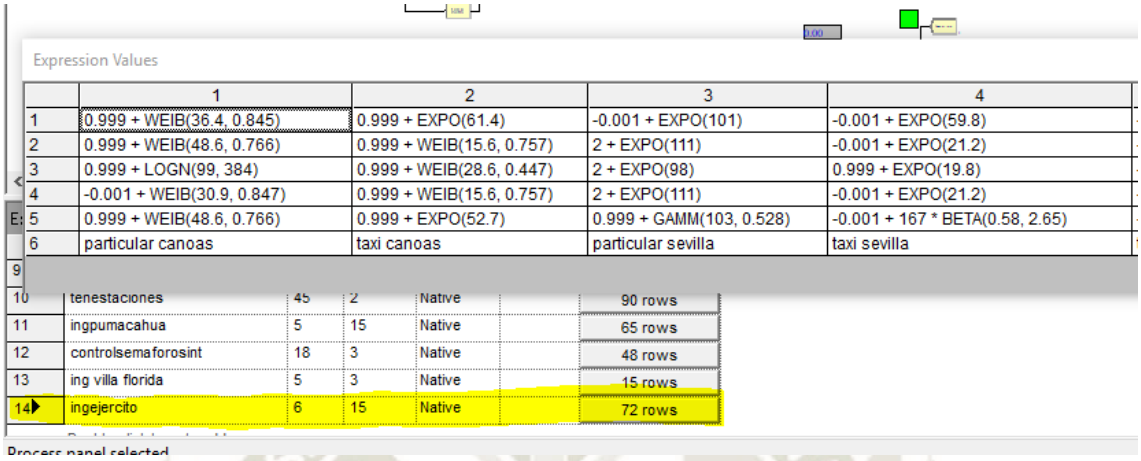
Ilustración 119: Adición del campo *ingEjército* en el módulo expresión

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Después de ingresados los datos al software la matriz quedaría de la siguiente forma, en dicha matriz también indico el lugar de ingreso a la avenida en estudio:



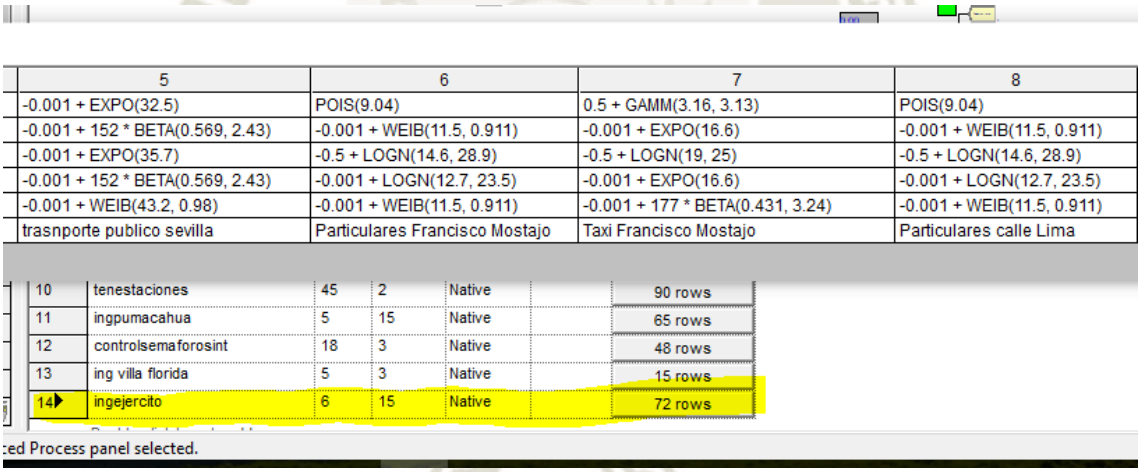
Expression Values

	1	2	3	4
1	0.999 + WEIB(36.4, 0.845)	0.999 + EXPO(61.4)	-0.001 + EXPO(101)	-0.001 + EXPO(59.8)
2	0.999 + WEIB(48.6, 0.766)	0.999 + WEIB(15.6, 0.757)	2 + EXPO(111)	-0.001 + EXPO(21.2)
3	0.999 + LOGN(99, 384)	0.999 + WEIB(28.6, 0.447)	2 + EXPO(98)	0.999 + EXPO(19.8)
4	-0.001 + WEIB(30.9, 0.847)	0.999 + WEIB(15.6, 0.757)	2 + EXPO(111)	-0.001 + EXPO(21.2)
5	0.999 + WEIB(48.6, 0.766)	0.999 + EXPO(52.7)	0.999 + GAMM(103, 0.528)	-0.001 + 167 * BETA(0.58, 2.65)
6	particular canoas	taxi canoas	particular sevilla	taxi sevilla

10	tenestaciones	45	2	Native		90 rows
11	ingpumacahua	5	15	Native		65 rows
12	controlsemaforosint	18	3	Native		48 rows
13	ing villa florida	5	3	Native		15 rows
14	ingejercito	6	15	Native		72 rows

Process panel selected

Ilustración 120: Distribuciones estadísticas de la Avenida Ejército indicando el turno y la vía de acceso a la zona de estudio parte 1



	5	6	7	8
	-0.001 + EXPO(32.5)	POIS(9.04)	0.5 + GAMM(3.16, 3.13)	POIS(9.04)
	-0.001 + 152 * BETA(0.569, 2.43)	-0.001 + WEIB(11.5, 0.911)	-0.001 + EXPO(16.6)	-0.001 + WEIB(11.5, 0.911)
	-0.001 + EXPO(35.7)	-0.5 + LOGN(14.6, 28.9)	-0.5 + LOGN(19, 25)	-0.5 + LOGN(14.6, 28.9)
	-0.001 + 152 * BETA(0.569, 2.43)	-0.001 + LOGN(12.7, 23.5)	-0.001 + EXPO(16.6)	-0.001 + LOGN(12.7, 23.5)
	-0.001 + WEIB(43.2, 0.98)	-0.001 + WEIB(11.5, 0.911)	-0.001 + 177 * BETA(0.431, 3.24)	-0.001 + WEIB(11.5, 0.911)
	trasnporte publico sevilla	Particulares Francisco Mostajo	Taxi Francisco Mostajo	Particulares calle Lima

10	tenestaciones	45	2	Native		90 rows
11	ingpumacahua	5	15	Native		65 rows
12	controlsemaforosint	18	3	Native		48 rows
13	ing villa florida	5	3	Native		15 rows
14	ingejercito	6	15	Native		72 rows

ed Process panel selected.

Ilustración 121: Distribuciones estadísticas de la Avenida Ejército indicando el turno y la vía de acceso a la zona de estudio parte 2

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

9	10	11	12
0.5 + GAMM(3.16, 3.13)	0.999 + 109 * BETA(0.55, 2.44)	-0.001 + WEIB(15.6, 0.826)	-0.001 + EXPO(96.8)
-0.001 + EXPO(16.6)	0.5 + LOGN(12.9, 13.4)	0.999 + EXPO(28.6)	0.999 + 361 * BETA(0.851,
-0.5 + LOGN(19, 25)	-0.5 + LOGN(13.8, 36.6)	1.5 + LOGN(9.69, 10.3)	0.999 + 341 * BETA(0.834,
-0.001 + EXPO(16.6)	-0.001 + WEIB(5.97, 0.482)	-0.001 + LOGN(17.2, 30.6)	0.999 + 361 * BETA(0.851,
-0.001 + 177 * BETA(0.431,	0.5 + LOGN(12.9, 13.4)	0.999 + EXPO(28.6)	0.999 + WEIB(108, 1.07)
Taxi Calle Lima	Particular Emmel	Taxi Emmel	Publico Emmel

11	ingpumacahua	5	15	Native		65 rows
12	controlsemaforosint	18	3	Native		48 rows
13	ing villa florida	5	3	Native		15 rows
14	ingejercito	6	15	Native		72 rows

anced Process panel selected.

Ilustración 122: Distribuciones estadísticas de la Avenida Ejército indicando el turno y la vía de acceso a la zona de estudio parte 3

4.8.3 Modelo de simulación completo del sistema para la ubicación de los paraderos

A continuación, presento el modelo de simulación con el que determinaré la ubicación optima de los paraderos en las vías de estudio, el modelo está divido en 3 partes según las 3 avenidas en estudio:

La diferencia de estos modelos con los anteriores básicamente radica en que los paraderos están representados propiamente como tal, es decir están compuesto por módulos *process, delay, decide y reléase* mientras que en la representación anterior los paraderos únicamente estaban representados por módulos *process* (no era necesario una representación tan exacta de los paraderos puesto que nuestro objetivo de estudio eran los semáforos y no los paraderos).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

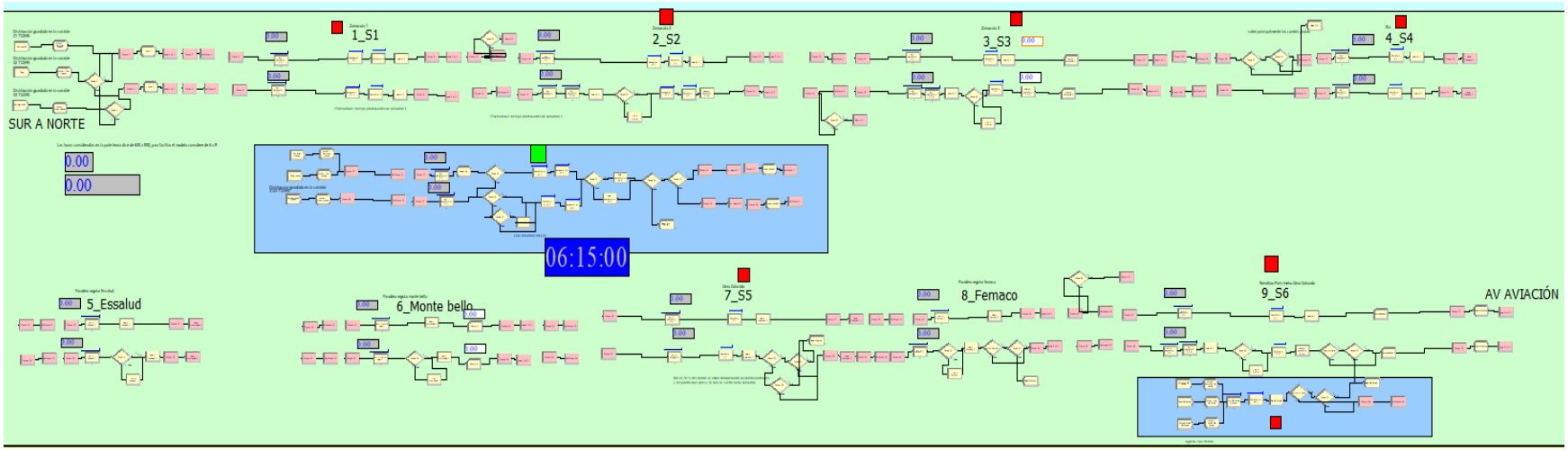


Ilustración 123: Modelo de simulación a detalle de la avenida Aviación.

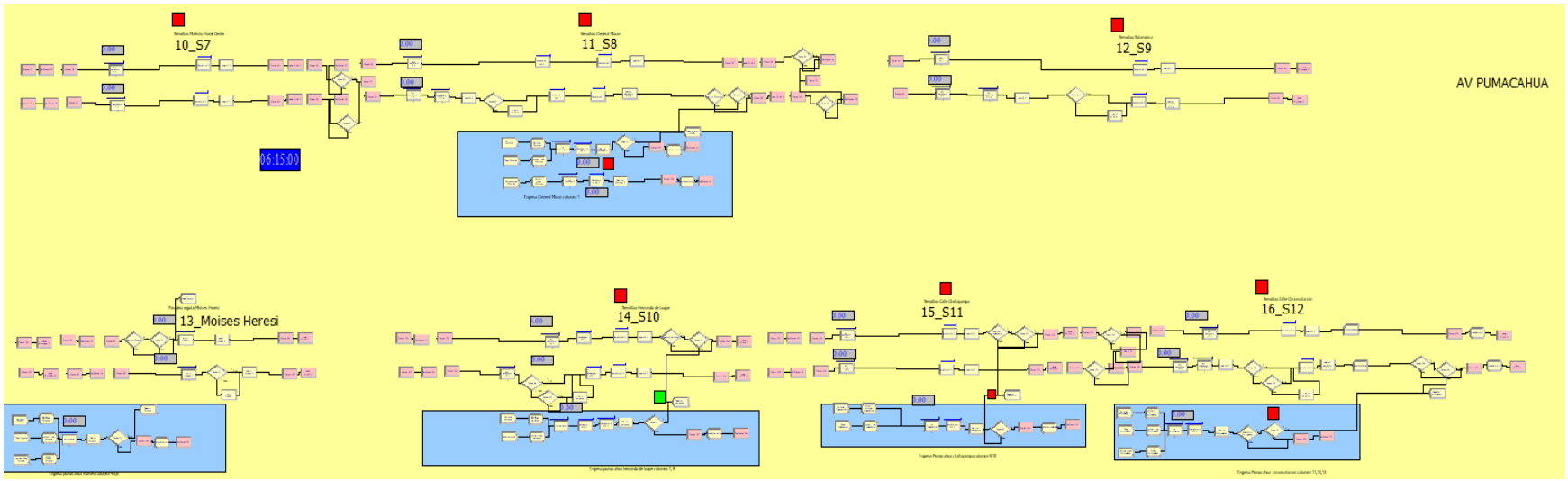


Ilustración 124: Modelo de simulación a detalle de la avenida Pumacahua

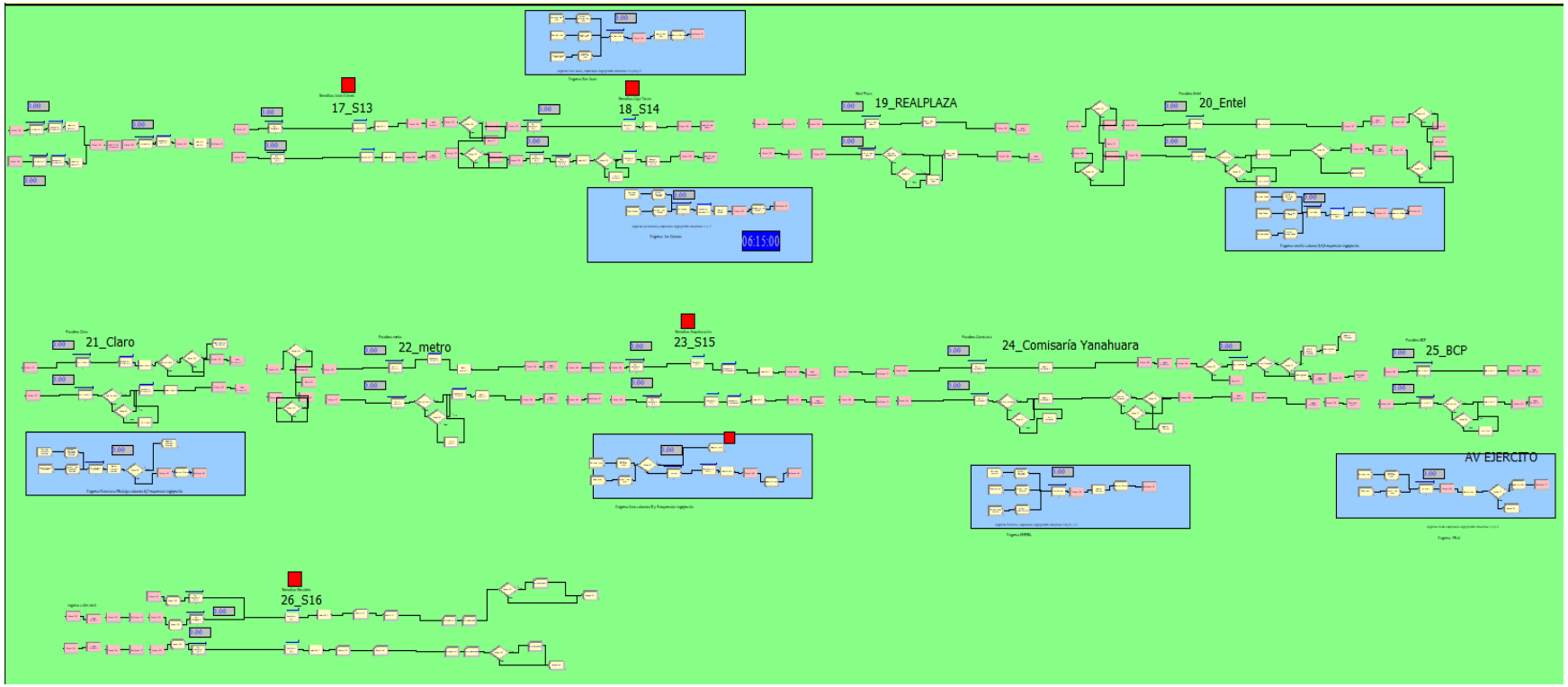


Ilustración 125: Modelo de simulación a detalle de la avenida Ejército

Para ver los diagramas a detalle ver el Anexo 2: Modelo de simulación en Arena “Propuesta para la implementación de paraderos Av. Aviación-Pumacahua-Ejército”Anexo 3: Modelo de simulación en Arena “Propuesta para la implementación de paraderos y sincronización de semáforos Av. Aviación-Pumacahua-Ejército”

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

4.9 Validación del modelo

En nuestro proceso de investigación tenemos dos conjuntos de datos:

- Los datos reales, obtenidos del muestreo
- Los datos del modelo obtenidos de la corrida de la simulación

Para que nuestro modelo de simulación sea válido es necesario que los resultados de la variable más significativa, comparando los datos reales con los de la simulación, sean lo más parecidos posibles, esto se logra con *la prueba de hipótesis para 2 muestras* utilizando un estadístico de prueba (t de student o z, f, xi), por la magnitud de la investigación y debido a la gran cantidad de datos que se tiene en solo una variable usaré el estadístico Z.

La variable a elegir para la obtención de datos en mi caso es:

Intervalo de tiempos de llegada de vehículos de transporte público que ingresan a la avenida ejército durante todo el día.

Escojo esta variable debido a que, bajo un criterio propio, si se soluciona el tema de transporte público en la ciudad se mejorará en gran parte la fluidez vehicular de todo el sistema, por otro lado, elegí la avenida ejército pues al ser esta zona muy comercial se tiene un bajo ritmo de transitabilidad comparado con las otras avenidas en estudio.

Cabe mencionar que, para hacer esta prueba es necesario los datos reales y los datos del modelo, para la obtención de datos reales se hizo un nuevo muestreo de los vehículos de transporte público en punto de ingreso a la avenida ejército en dirección norte a sur durante todo un día.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

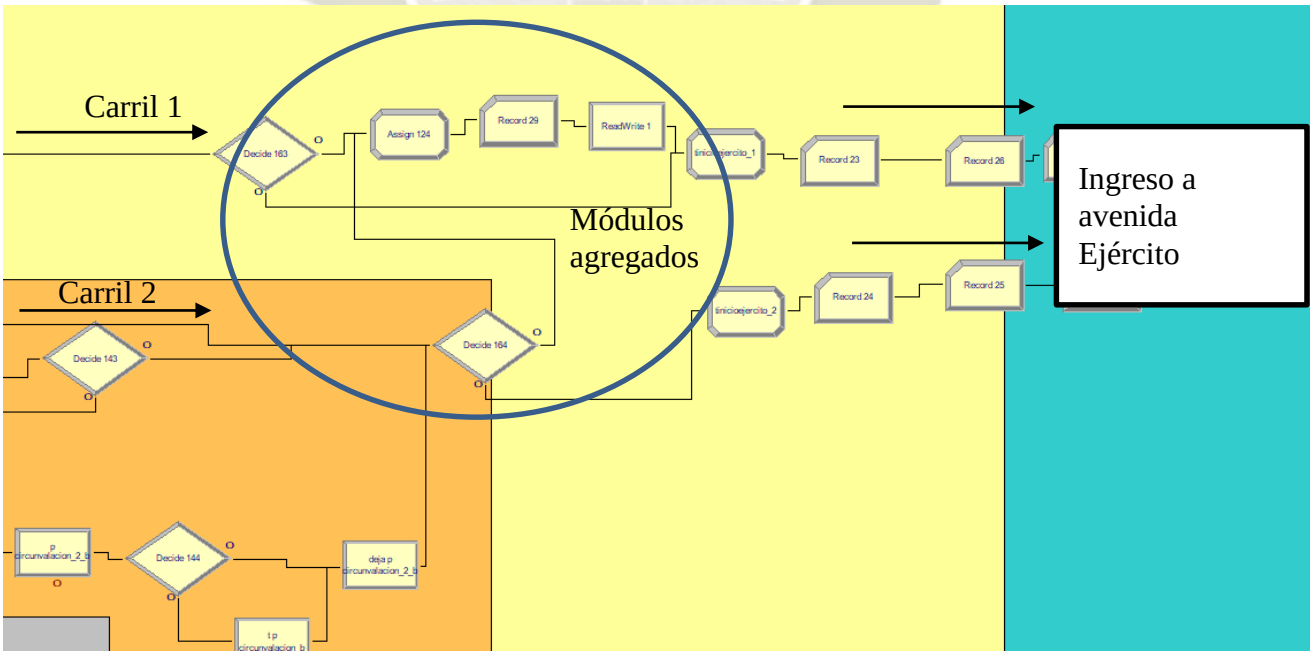
REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA



Ilustración 126: avenida ejército, lugar donde se hizo el muestreo de los vehículos de transporte público

Para la obtención de los datos del Arena se modificó un poco el modelo en la parte correspondiente al punto de ingreso a la avenida ejército, para de esta forma obtener el intervalo de llegada entre vehículos, quedando de la siguiente forma:



Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Ilustración 127: Módulos adicionales para la validación de datos

Nótese que, agregamos módulos *decide* para obligar a solamente las entidades que representen vehículos de transporte público a pasar por los módulos *assign*, *record* y *readwrite* para anotar la hora de llegada, contar y escribir dicha hora en un block de notas, para con esa información determinar el intervalo de llegada de cada entidad y realizar la validación correspondiente.

Mencionado lo anterior pasaré a plantear el tema:

¿Existe diferencia entre el intervalo de llegada de los vehículos del transporte público a la avenida ejército en la vida real comparado con el mismo intervalo representado en el modelo de simulación tomando como referencia los datos de un día entero?

Para dar solución a esto lo dividiré en 5 pasos

Paso 1:

Hipótesis nula $H_0 : \mu_1 = \mu_2$ las medias no tienen diferencia significativa

Hipótesis alternativa $H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$ las medias tienen diferencia significativa

De acuerdo al planteamiento de la hipótesis alternativa (diferencia de medias) la campana de Gauss será de dos colas.

Paso 2:

El nivel de significancia es 0.05: $1-\alpha = 0.05$

Paso 3

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

El estadístico de prueba es Z y la formula usar es:

$$Z = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{s^2{}_1}{n_1} + \frac{s^2{}_2}{n_2}}}$$

Donde:

Z: $Estadístico\ de\ prueba$ (número de desviaciones estándares)

$\bar{x}_1$: Media muestral del primer grupo de datos

$\bar{x}_2$: Media muestral del primer grupo de datos

s_1^2: Varianza muestral del primero grupo de datos

s_2^2: Varianza muestral del segundo grupo de datos

n_1: Número de elementos del primer grupo de datos

n_2: Número de elementos del segundo gupo de datos

Cabe mencionar debido a la cantidad de datos es factible usar la varianza poblacional (σ^2) en vez de la muestral (s^2)

Reemplazando:

Grupo 1: Datos del Arena obtenidos del punto de ingreso a la avenida ejército al simular un día completo en el modelo

Grupo 2: Datos reales tomados en el muestreo que se hizo al inicio de la avenida ejército en dirección norte a sur durante un día completo

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

$\bar{x}_1 = 14.56$

$\bar{x}_2 = 14.04$

$\sigma_2^2 = 202.47$

$\sigma_2^2 = 412.86$

$n_1 = 3385$

$n_{2=}3047$

$Z = 1.03$

Paso 4: Considerando que 1-α = 0.05 y una campana de gauss de dos colas se tendría la siguiente gráfica:

$$\frac{1-\alpha}{2} = \frac{0.05}{2} = 0.025$$

$\alpha_1 = 0.025$	límite inferior
$\alpha_2 = 1- 0.025= 0.975$	límite superior

Con estos valores de probabilidad se calcula el Z crítico con la formula en Excel

distr.norm.estand.inv(probabilidad) que se refiere a la distribución normal estándar inversa

distr.norm.estand.inv (0.025) = -1.95 =Z_1
distr.norm.estand.inv (0.975) = +1.95 =Z_2

Valor critico es igual a +/- 1.95 (valor obtenido de la distribución normal estándar inversa de 0.025 y 0.975)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

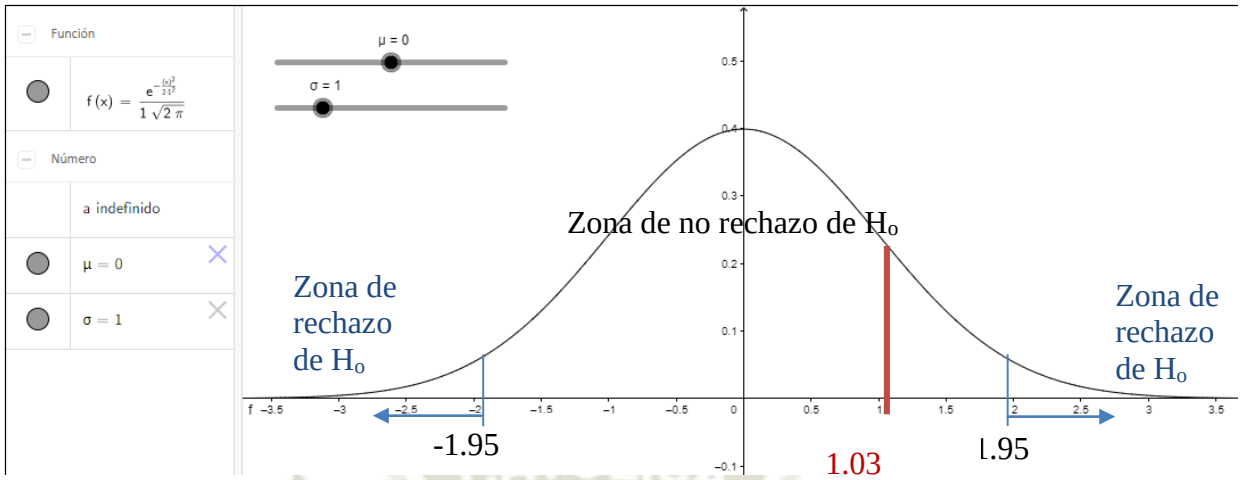
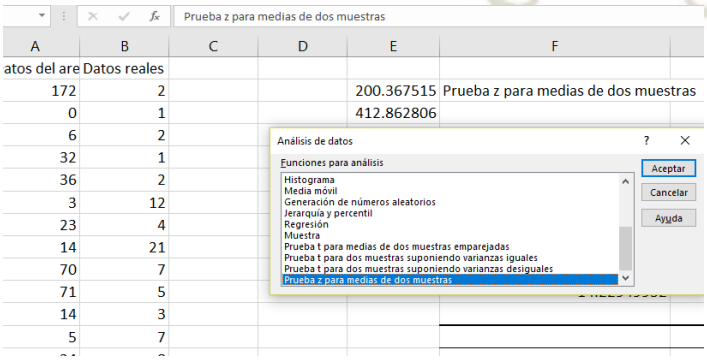


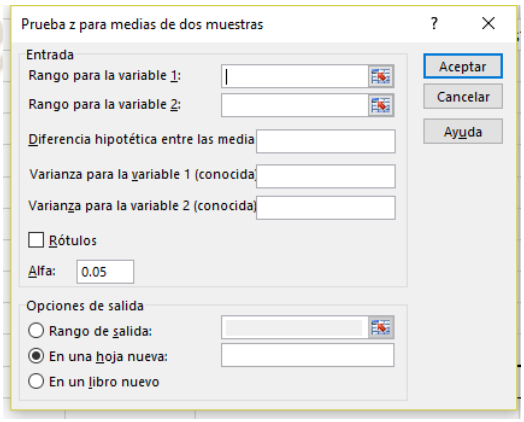
Ilustración 128: Campana de Gauss para la validación del modelo

Paso 5: Z= 1.03 al estar entre -1.95 y 1.95 la conclusión es:

No se rechaza la hipótesis H_0, de esto se puede inferir que se **acepta la hipótesis nula,** la media de los datos reales y la de la simulación no tienen diferencia significativa, por lo tanto, se deduce que **el modelo de simulación efectivamente representa la realidad.**

Esta misma información la obtenemos al ejecutar la herramienta de análisis de datos del Excel, cuyos resultados fueron:





Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Ilustración 129: Uso de la herramienta análisis de datos del Excel para la validación del modelo

Prueba z para medias de dos muestras		
	Datos del Arena	*Datos reales*
Media	14.50100719	14.04397768
Varianza (conocida)	202.4786567	412.862806
Desviación estándar	14.22949952	20.31902571
Observaciones	3475	3047
Diferencia hipotética de las medias	0	
z	**1.038260095**	
P(Z<=z) una cola	0.149574491	
Valor crítico de z (una cola)	1.644853627	
P(Z<>z) dos colas	0.299148981	
Valor crítico de z (dos colas)	**1.959963985**	

Tabla 54: Resultados del análisis de datos del Excel en la validación de resultados

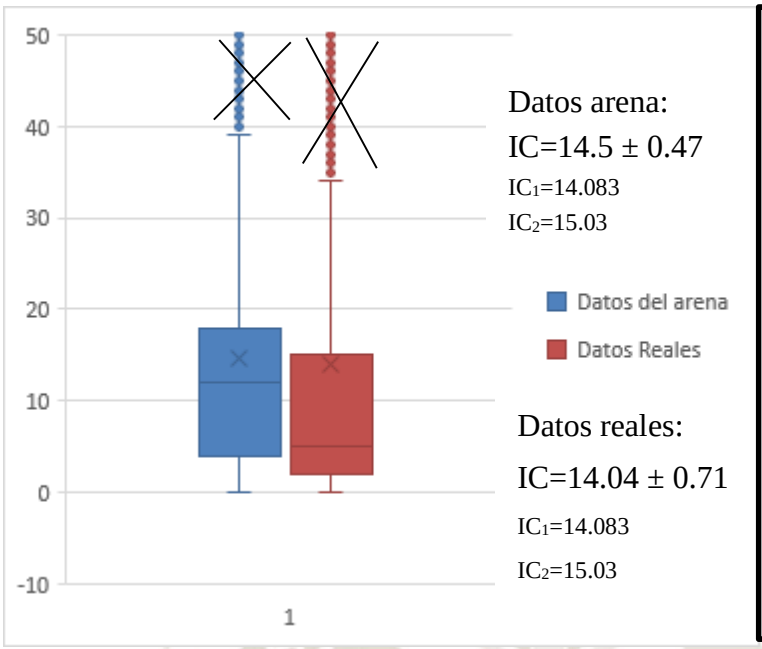
Notemos que,f los datos que obtuve a las hacer las operaciones fueron los mismos que están en negrita, adicionalmente agregué a los resultados los valores de desviación estándar para cada conjunto de datos para ser usados después.

A continuación, muestro el diagrama de caja y bigote y el intervalo de confianza de ambos grupos de datos:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA



Datos arena:

IC=14.5 ± 0.47

IC_1=14.083

IC_2=15.03

Datos reales:

IC=14.04 ± 0.71

IC_1=14.083

IC_2=15.03

Intervalos de confianza al 95%

$$Ic = \bar{x} \pm Z \frac{s}{\sqrt{n}}$$

Bajo la misma lógica que en el paso 4, Z=1.95

Los demás valores se obtienen de cada grupo de datos

Ilustración 130: Diagrama de caja y bigote de los datos estadísticos

Notemos que en el diagrama de caja y bigotes se tienen que eliminar los valores atípicos, Analizando los datos, el diagrama y los intervalos de confianza podemos concluir que el **modelo de simulación efectivamente representa la realidad.**

4.10 Resultados Modelo para la optimización de los tiempos de ciclo de semáforos:

Hago recordar que tengo varios modelos de simulación, los cuales representan el comportamiento del flujo vehicular en las avenidas Aviación- Pumacahua- Ejército (ambos validados).

- Modelo para la optimización de los tiempos de ciclo para semáforos
- Modelo para la optimización de recursos (paraderos)

En este ítem estoy considerando el tiempo de espera y costos de absolutamente todos los vehículos del sistema (entidades que están en calles perpendiculares a las avenidas de estudio y las que están en estas avenidas), aquí debemos considerar que:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- Existen vehículos que están en calles perpendiculares a las avenidas en estudio que al final no ingresan a la dirección que estoy estudiando (norte a sur) sino que se van en sentido contrario o simplemente siguen de frente y no ingresan a la avenida, ver la *Ilustración 101: Cambio de dirección de los vehículos que ingresan a las avenidas de estudio provenientes de las vías alimentadoras*, por ejemplo, veamos la siguiente imagen:



Ilustración 131: Vehículos que están en las calles perpendiculares, algunos de ellos ingresan a la vía de estudio y otros continúan en una ruta diferente

- Existen vehículos que salen de la zona es estudio a mitad de la vía.
- Existen vehículos que ingresan en cualquier parte de la zona de estudio.
- Este tiempo es el promedio de las sumatoria de todas las colas (tiempos de espera) en todos los semáforos y todos los paraderos por tipo de vehículo que están en mi zona de estudio.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Para el párrafo *5.2 Propuesta de mejora para la optimización de paraderos*, consideraré el tiempo de espera y costos de los vehículos que están exclusivamente en la vía de estudio (no consideraré a vehículos que están en las calles perpendiculares), con la finalidad de ser más objetivo en la presente investigación.

Ahora revisemos los resultados, esta información la obtuve después de hacer correr la simulación en el Arena.



publico	0.00
taxi	0.00

Wait Time

	Average
particular	0.07841715
publico	0.1148
taxi	0.07820925

Transfer Time

	Average
particular	0.03666962

Ilustración 132: Tiempo promedio de espera por vehículo a lo largo de toda la vía de estudio

Tiempo de espera promedio		
	Horas	Minutos
Particular	0.07841715	3.30
Público	0.1148	5.23
Taxi	0.07820925	2.90

Tabla 55: Tiempo promedio de espera por vehículo a lo largo de toda la vía de estudio

Este tiempo promedio al parecer es pequeño y comprensible, pero si lo multiplicamos para obtener los tiempos de espera al año y calculamos sus respectivos costos en combustible y horas-hombre, notaremos la real importancia de estos datos, para calcular lo anterior primero necesitamos saber algunos datos como:

Primero. Cantidad de vehículos a lo largo de la vía: lo obtenemos del mismo modelo

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Number In	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
particular	36132.40	788.89	35494.00	36951.00
publico	7331.80	119.95	7249.00	7487.00
taxi	33256.00	127.80	33109.00	33383.00



Ilustración 133: Número de entidades promedio que ingresan a la zona de estudio

Segundo. Costo del consumo de combustible en ralentí.

- Obviamente el consumo en ralentí dependerá del tipo vehículo, antigüedad, tipo de combustible entre otros, así que, después de investigación exploratoria a mecánicos y personas afines a este rubro, los resultados en promedio son:

Costo del consumo de combustible en ralentí		
	Soles/min	Soles/hora
Particular	0.09	5.4
Taxi	0.075	4.5
Transporte público	0.11	6.6

Tabla 56: Costo del consumo en ralentí de los 3 tipos de vehículos en soles/min

Tercero. Costo de las horas-hombre

- Si bien este no es un indicador que represente un gasto real, nos ayudará para tener una idea de lo que se podría llegar a ahorrar en caso se tome medidas para la solución del trafico

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- Para esto tomaré como primer indicador el sueldo mínimo vital 930 soles/mes lo que equivale a 5.1 soles/hora y como segundo indicador la cantidad de pasajeros por tipo de vehículo, para obtener este dato, nuevamente, realicé una investigación exploratoria con choferes, cobradores, taxistas y personas afines al rubro, siendo los resultados:

Tipo de vehículo	Pasajeros promedio por vehículo
Particular	2
Taxi	2.50
Transporte público	14

Tabla 57: Cantidad de pasajeros por tipo de vehículo

Bueno, ahora con los datos de inicio les muestro los costos asociados a los tiempos de espera

	Tiempo de espera promedio por tipo de vehículo (horas)	Tiempo de espera promedio por tipo de vehículo por día (minuto)	Tiempo de espera total anual (horas)	Costo de Combustible Total	Horas - hombre
Particular	0.07841715	4.71	28.23	S/ 5,508,129.27	5667
Público	0.1148	6.89	41.33	S/ 1,363,390.06	2104
Taxi	0.07820925	4.69	28.16	S/ 6,178,687.17	36406
Total	**0.2714264**	**16.29**	**97.71**	**S/ 13,050,206.50**	**44177**

Tabla 58: Costos asociados al tiempo de espera en las colas de los semáforos – situación real

Estos son los resultados de los costos del tiempo de espera que actualmente le cuesta al *sistema* el no tener una adecuada sincronización de los semáforos (recordemos que en este punto únicamente evaluó los semáforos, la reubicación de paraderos lo analizaré posteriormente).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

La solución a esto lo presento en el párrafo *5.1-Propuesta de mejora Modelo para la optimización de los tiempos de ciclo de semáforos:* en la página 223.

4.11 Resultados para la optimización de los paraderos

El presente cálculo a diferencia del párrafo anterior considera únicamente a los vehículos en las avenidas en estudio y no a los que están en las calles perpendiculares a la vía principal. Primero debemos partir analizando los costos actuales del sistema, y esto lo representaré en la tabla siguiente, donde indico el paradero, el tiempo de espera promedio por paradero, las entidades (vehículos) que transitan por día y la sumatoria de los tiempos de espera por cada vehículo en un determinado paradero.

Tabla de tiempos de espera por paradero

Paradero	Tiempo de espera promedio por paradero (horas)	Número de unidades promedio por paradero	Tiempo total de espera (sumando todos los vehículos) (horas)
ant p bcp_1.Queue	0.00045153	16021.50	7.23
ant p bcp_2.Queue	0.0008661	10663.50	9.24
ant p claro_1.Queue	0.00530073	15767.10	83.58
ant p claro_2.Queue	0.00922699	9712.17	89.61
ant p comisaría_1.Queue	0.00128591	18291.93	23.52
ant p comisaría_2.Queue	0.00179334	13858.90	24.85
ant p entel_1.Queue	0.00234637	18003.77	42.24
ant p entel_2.Queue	0.00966821	6630.53	64.11
ant p essalud_1.Queue	0.00049298	7253.97	3.58
ant p essalud_2.Queue	0.00099294	4520.70	4.49
ant p femaco_1.Queue	0.00044842	6073.63	2.72
ant p femaco_2.Queue	0.001194	3715.73	4.44
ant p metro_1.Queue	0.00118189	20869.47	24.67
ant p metro_2.Queue	0.00434923	9839.60	42.79
ant p moises_1.Queue	0.00037043	8909.07	3.30
ant p moises_2.Queue	0.00137663	6051.57	8.33
ant p monte bello_1.Queue	0.00026144	7517.93	1.97
ant p monte bello_2.Queue	0.00058427	4235.83	2.47
ant p real plaza_1.Queue	0.00179343	16515.27	29.62

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

ant p real plaza_2.Queue	0.00509572	8139.30	41.48
ant p semáforo 5_1.Queue	0.01062587	6224.47	66.14
ant p semáforo 5_2.Queue	0.0110684	5490.03	60.77
ant p semáforo 6_1.Queue	0.00270614	4815.30	13.03
ant p semáforo 6_2.Queue	0.00546832	3739.77	20.45
ant quesada .Queue	0.00548077	14984.13	82.12
ant semáforo 1_1.Queue	0.00346214	8219.90	28.46
ant semáforo 1_2.Queue	0.010226	3216.10	32.89
ant semáforo 10_1.Queue	0.002203	8811.80	19.41
ant semáforo 10_2.Queue	0.00299375	6132.27	18.36
ant semáforo 11_1.Queue	0.00428537	8541.70	36.60
ant semáforo 11_2.Queue	0.00431246	7232.13	31.19
ant semáforo 12_1.Queue	0.00542092	11744.23	63.66
ant semáforo 12_2.Queue	0.0176574	5171.73	91.32
ant semáforo 13_1.Queue	0.00575312	10338.93	59.48
ant semáforo 13_2.Queue	0.00634581	8780.33	55.72
ant semáforo 14_1.Queue	0.00508075	12973.40	65.91
ant semáforo 14_2.Queue	0.01584309	6128.17	97.09
ant semáforo 15_1.Queue	0.00376399	15708.83	59.13
ant semáforo 15_2.Queue	0.00356066	14973.03	53.31
ant semáforo 16_1.Queue	0.02233526	14776.37	330.03
ant semáforo 16_11.Queue	0.02272397	14776.37	335.78
ant semáforo 16_2.Queue	0.01127902	13271.20	149.69
ant semáforo 2_1.Queue	0.00249269	7408.03	18.47
ant semáforo 2_2.Queue	0.00725771	4019.37	29.17
ant semáforo 3_1.Queue	0.00254601	8122.43	20.68
ant semáforo 3_2.Queue	0.00661431	4085.33	27.02
ant semáforo 4_1.Queue	0.00350683	6346.50	22.26
ant semáforo 4_2.Queue	0.00321186	5430.40	17.44
ant semáforo 7_1.Queue	0.00172171	6065.63	10.44
ant semáforo 7_2.Queue	0.00176479	4320.87	7.63
ant semáforo 8_1.Queue	0.00204847	5895.83	12.08
ant semáforo 8_2.Queue	0.00337039	4481.70	15.11
ant semáforo 9_1.Queue	0.00198002	8674.60	17.18
prol ejército.Queue	0.00072475	19129.77	13.86
prol ejército_1.Queue	0.00084917	12934.00	10.98
prol ejército_2.Queue	0.00021225	6205.67	1.32
		Total	**2508.41**

Tabla 59: Tiempo de espera promedio y número de vehículos por paradero- situación actual

Para calcular los costos necesito realizar un cálculo ponderado considerando los diferentes tipos de vehículos que circulan por las vías, para facilitar esto y obtener un resultado para comparar

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

con los resultados de la propuesta es que utilizaré la siguiente tabla obtenida de la corrida de la simulación:

Number In	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
particular	36542.80	97.00	36138.00	37035.00
publico	7350.67	28.09	7205.00	7471.00
taxi	33340.17	88.91	32957.00	33783.00



Ilustración 134: Número de entidades en la corrida:

	Unidades	*Porcentaje*
Particular	36542	47%
Público	33340	43%
Taxi	7350	10%
Total	77232	

Tabla 60: Porcentaje de entidades en la corrida

Por último, necesito los costos de consumo de combustible en ralentí y la cantidad de pasajeros por vehículo, recordemos que estos datos ya los tengo, así que volveré a usarlos.

Costo del consumo de combustible en ralentí		
	Soles/min	Soles/hora
Particular	0.09	5.4
Taxi	0.075	4.5
Transporte público	0.11	6.6

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Costo del consumo de combustible en ralentí		
	Soles/min	Soles/hora
Particular	0.09	5.4
Taxi	0.075	4.5
Transporte público	0.11	6.6

Tabla 56: Costo del consumo en ralentí de los 3 tipos de vehículos en soles/min

Tipo de vehículo	Pasajeros promedio por vehículo
Particular	2
Taxi	2.50
Transporte público	14

Tabla 57: Cantidad de pasajeros por tipo de vehículo

Paradero	*Tiempo total de espera por día sumando todos los vehículos (horas)*	*Tiempo anual (horas)*	*Costo anual de combustible ponderando según el tipo de vehículo (soles)*	*Horas-Hombre anuales ponderando según el tipo de vehículos*
ant p bcp_1.Queue	7.23	2604.33	S/ 13,348.97	34656
ant p bcp_2.Queue	9.24	3324.85	S/ 17,042.15	44245
ant p claro_1.Queue	83.58	30087.78	S/ 154,220.43	400384
ant p claro_2.Queue	89.61	32261.08	S/ 165,360.08	429305
ant p comisaria_1.Queue	23.52	8467.87	S/ 43,403.63	112684
ant p comisaria_2.Queue	24.85	8947.32	S/ 45,861.12	119064
ant p entel_1.Queue	42.24	15207.64	S/ 77,949.56	202371
ant p entel_2.Queue	64.11	23077.93	S/ 118,290.18	307103
ant p essalud_1.Queue	3.58	1287.38	S/ 6,598.72	17131
ant p essalud_2.Queue	4.49	1615.97	S/ 8,282.94	21504
ant p femaco_1.Queue	2.72	980.47	S/ 5,025.57	13047
ant p femaco_2.Queue	4.44	1597.17	S/ 8,186.57	21254
ant p metro_1.Queue	24.67	8879.52	S/ 45,513.60	118162
ant p metro_2.Queue	42.79	15406.08	S/ 78,966.68	205012
ant p moises_1.Queue	3.30	1188.05	S/ 6,089.58	15810
ant p moises_2.Queue	8.33	2999.08	S/ 15,372.31	39909
ant p monte bello_1.Queue	1.97	707.58	S/ 3,626.83	9416
ant p monte bello_2.Queue	2.47	890.96	S/ 4,566.76	11856

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

ant p real plaza_1.Queue	29.62	10662.80	S/	54,654.16	141892
ant p real plaza_2.Queue	41.48	14931.20	S/	76,532.62	198693
ant p semáforo 5_1.Queue	66.14	23810.54	S/	122,045.28	316852
ant p semáforo 5_2.Queue	60.77	21875.72	S/	112,128.02	291105
ant p semáforo 6_1.Queue	13.03	4691.11	S/	24,045.16	62426
ant p semáforo 6_2.Queue	20.45	7362.08	S/	37,735.70	97969
ant quesada.Queue	82.12	29564.87	S/	151,540.19	393426
ant semáforo 1_1.Queue	28.46	10245.04	S/	52,512.85	136333
ant semáforo 1_2.Queue	32.89	11839.62	S/	60,686.14	157552
ant semáforo 10_1.Queue	19.41	6988.47	S/	35,820.70	92997
ant semáforo 10_2.Queue	18.36	6609.04	S/	33,875.87	87948
ant semáforo 11_1.Queue	36.60	13177.58	S/	67,544.09	175357
ant semáforo 11_2.Queue	31.19	11227.79	S/	57,550.09	149411
ant semáforo 12_1.Queue	63.66	22919.22	S/	117,476.68	304991
ant semáforo 12_2.Queue	91.32	32874.96	S/	168,506.66	437474
ant semáforo 13_1.Queue	59.48	21413.19	S/	109,757.24	284950
ant semáforo 13_2.Queue	55.72	20058.58	S/	102,813.96	266924
ant semáforo 14_1.Queue	65.91	23729.24	S/	121,628.57	315770
ant semáforo 14_2.Queue	97.09	34952.07	S/	179,153.23	465115
ant semáforo 15_1.Queue	59.13	21286.06	S/	109,105.62	283258
ant semáforo 15_2.Queue	53.31	19192.98	S/	98,377.14	255405
ant semáforo 16_1.Queue	330.03	118812.25	S/	608,994.02	1581060
ant semáforo 16_11.Queue	335.78	120879.96	S/	619,592.41	1608575
ant semáforo 16_2.Queue	149.69	53887.02	S/	276,207.83	717086
ant semáforo 2_1.Queue	18.47	6647.75	S/	34,074.25	88463
ant semáforo 2_2.Queue	29.17	10501.71	S/	53,828.44	139748
ant semáforo 3_1.Queue	20.68	7444.74	S/	38,159.38	99069
ant semáforo 3_2.Queue	27.02	9727.79	S/	49,861.58	129450
ant semáforo 4_1.Queue	22.26	8012.20	S/	41,067.98	106620
ant semáforo 4_2.Queue	17.44	6279.01	S/	32,184.19	83556
ant semáforo 7_1.Queue	10.44	3759.57	S/	19,270.34	50029
ant semáforo 7_2.Queue	7.63	2745.15	S/	14,070.77	36530
ant semáforo 8_1.Queue	12.08	4347.88	S/	22,285.87	57858
ant semáforo 8_2.Queue	15.11	5437.82	S/	27,872.55	72362
ant semáforo 9_1.Queue	17.18	6183.31	S/	31,693.70	82283
prol ejército.Queue	13.86	4991.18	S/	25,583.22	66419
prol ejército_1.Queue	10.98	3953.95	S/	20,266.68	52616
prol ejército_2.Queue	1.32	474.18	S/	2,430.48	6310
Total	**2508.41**	**903028.68**	**S/**	**4,628,639.34**	**12016794**

Tabla 61: Costos y Horas hombre relacionados con los tiempos de espera por zona – situación real

Resumiré estos datos en la siguiente tabla:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla de costos totales	*Tiempo total de espera por día (horas)*	*Tiempo anual (horas)*	*Costo anual ponderando según el tipo de vehículo (soles)*	*Horas-Hombre anuales ponderando según el tipo de vehículos*
Total	**2508.41**	**903028.68**	**S/ 4,628,639.34**	**12016794**

Tabla 62: Resumen de costos, tiempos de espera y horas hombre relacionados con los tiempos de espera por zona – situación real

La propuesta para disminuir estos costos los presento en el párrafo *5.2.5-Resultados del modelo de simulación completo5.2.5* con cuyos datos contrastaré los actuales.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

CAPITULO 5. PROPUESTA DE MEJORA

5.1 Propuesta de mejora Modelo para la optimización de los tiempos de ciclo de semáforos:

En el párrafo *4.10-Resultados Modelo para la optimización de los tiempos de ciclo de semáforos:* mostré los resultados de lo que actualmente le cuesta al *sistema* estar en la cola del semáforo esperando a que estos se pongan en verde en cada una de las cuadras por la que se circula, en esta oportunidad mostraré cuanto esos costos disminuirían si se tiene los semáforos sincronizados, recordando que este es un estudio de solo semáforos, por lo tanto me servirá como estudio preliminar para dar un resultados más complejo donde intervengan no solo los semáforos sino también las ubicaciones de los paraderos y, por lo tanto, dar una solución completa al sistema de transportes en Arequipa.

5.1.1 Control centralizado de semáforos

Para dar hallar los tiempos adecuados de inicio de ciclo de los semáforos, tengo que hacerle un pequeño arreglo al modelo, el cual describo a continuación:

5.1.1.1 Control de los tiempos de inicio de ciclo entre semáforos

Para lograr nuestro objetivo de tener una ola verde en funcionamiento en toda la avenida Aviación, Pumacahua, y ejército, es necesario primero tener estos datos en un solo lugar para poder controlarlos, para eso creé las siguientes variables:

Nombre de la variable	seudónimo
Tiempo de retraso en el semáforo 1	Tiem retraso semaf_1
Tiempo de retraso en el semáforo 2	Tiem retraso semaf_2
Tiempo de retraso en el semáforo 3	Tiem retraso semaf_3
Tiempo de retraso en el semáforo 4	Tiem retraso semaf_4

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tiempo de retraso en el semáforo 5	Tiem retraso semaf_5
Tiempo de retraso en el semáforo 6	Tiem retraso semaf_6
Tiempo de retraso en el semáforo 7	Tiem retraso semaf_7
Tiempo de retraso en el semáforo 8	Tiem retraso semaf_8
Tiempo de retraso en el semáforo 9	Tiem retraso semaf_9
Tiempo de retraso en el semáforo 10	Tiem retraso semaf_10
Tiempo de retraso en el semáforo 11	Tiem retraso semaf_11
Tiempo de retraso en el semáforo 12	Tiem retraso semaf_12
Tiempo de retraso en el semáforo 13	Tiem retraso semaf_13
Tiempo de retraso en el semáforo 14	Tiem retraso semaf_14
Tiempo de retraso en el semáforo 15	Tiem retraso semaf_15
Tiempo de retraso en el semáforo 16	Tiem retraso semaf_16

Tabla 63: Creación de variables para control de los tiempos de inicio de ciclo

Quedando en el Arena de la siguiente forma:

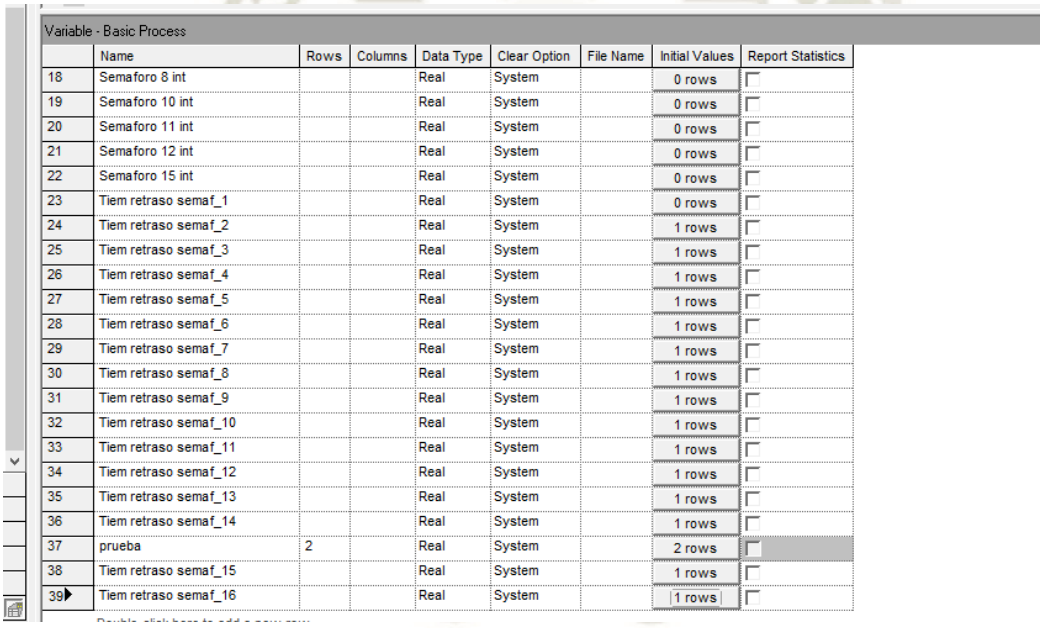


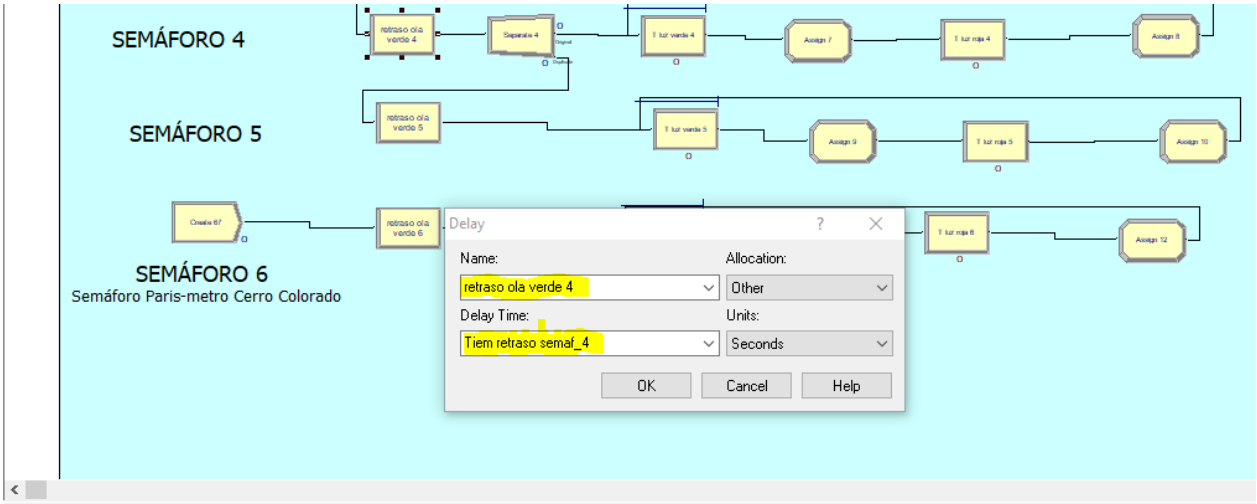
Ilustración 135: Creación de variables para control de los tiempos de inicio de ciclo en el Arena

Después de esto se tiene que modificar el control de los semáforos que antes estaban programados en un módulo *expression*, para llegar a la solución óptima se tiene que agregar un control mediante variables, de la siguiente forma:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA



Delay - Advanced Process

	Name	Allocation	Delay Time	Units
3	t en p ucayali	Other	TRIA(6.5, 8, 10)	Seconds
4	t en p essalud	Other	TRIA(6.5, 10.3, 15)	Seconds
5	t en montebello	Other	TRIA(6.5, 10.3, 15)	Seconds
6	t en p femaco	Other	TRIA(6.5, 10.3, 15)	Seconds
7	retraso ola verde 4	Other	Tiem retraso semaf_4	Seconds
8	retraso ola verde 5	Other	Tiem retraso semaf_5	Seconds

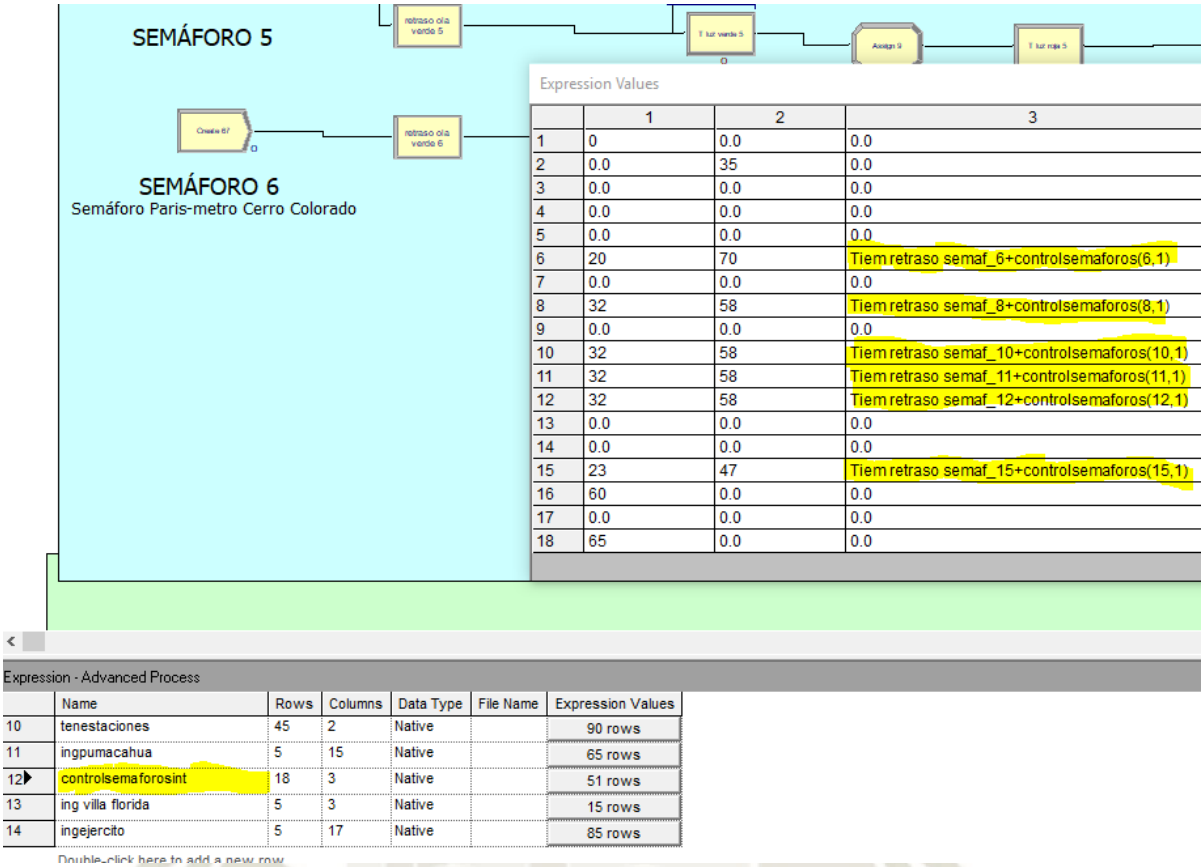
Ilustración 136: configuración del módulo *delay* para la realización de la optimización

Notemos que en el módulo delay *retraso ola verde* antes colocaba el *controlsemaforos(4,3)* que era el lugar donde estaban almacenado el tiempo de inicio de ciclo respectivo a ese semáforo, ahora cambio esa expresión por esta otra: *tiem retraso semaf_4* , que es la variable creada en la *Tabla 63: Creación de variables para control de los tiempos de inicio de ciclo* para optimizar el tiempo de inicio de ciclo de cada semáforo, esta operación se repite para cada uno de ellos. Adicionalmente existen los semáforos de las intercepciones, ahí también se tiene que hacer un arreglo para que estén sincronizados con los de la vía principal, aquí doy el ejemplo:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA



	1	2	3
1	0	0.0	0.0
2	0.0	35	0.0
3	0.0	0.0	0.0
4	0.0	0.0	0.0
5	0.0	0.0	0.0
6	20	70	Tiem retraso semaf_6+controlsemaforos(6,1)
7	0.0	0.0	0.0
8	32	58	Tiem retraso semaf_8+controlsemaforos(8,1)
9	0.0	0.0	0.0
10	32	58	Tiem retraso semaf_10+controlsemaforos(10,1)
11	32	58	Tiem retraso semaf_11+controlsemaforos(11,1)
12	32	58	Tiem retraso semaf_12+controlsemaforos(12,1)
13	0.0	0.0	0.0
14	0.0	0.0	0.0
15	23	47	Tiem retraso semaf_15+controlsemaforos(15,1)
16	60	0.0	0.0
17	0.0	0.0	0.0
18	65	0.0	0.0

Expression - Advanced Process

	Name	Rows	Columns	Data Type	File Name	Expression Values
10	tenestaciones	45	2	Native		90 rows
11	ingpumacahua	5	15	Native		65 rows
12	controlsemaforosint	18	3	Native		51 rows
13	ing villa florida	5	3	Native		15 rows
14	ingejercito	5	17	Native		85 rows

Double-click here to add a new row

Ilustración 137: configuración de los semáforos de las intercepciones para que estén sincronizados

Tenemos 6 semáforos en intercepciones, es en ellos donde debemos cambiarle el algoritmo para que, cuando el semáforo de la vía principal este en verde el de la intercepción este en rojo y viceversa de forma que presente un comportamiento sincronizado.

5.1.1.2 Manipulación de los tiempos de ciclo de los semáforos:

Entendamos que para hacer una ola verde se necesita **que todos los semáforos tengan los mismos tiempos de ciclo**

Para este fin vamos a cambiar los tiempos de ciclo actuales por estos:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Número de Semáforo	Tiempo Verde	Tiempo Amarillo	Tiempo Rojo	Avenida de estudio
Semáforo 1	56	2	32	Av. Aviación
Semáforo 2	56	2	32	
Semáforo 3	56	2	32	
Semáforo 4	56	2	32	
Semáforo 5	56	2	32	
Semáforo 6	56	2	32	
Semáforo 7	56	2	32	Av. Pumacahua
Semáforo 8	56	2	32	
Semáforo 9	56	2	32	
Semáforo 10	56	2	32	
Semáforo 11	56	2	32	
Semáforo 12	56	2	32	
Semáforo 13	56	2	32	Av. Ejército
Semáforo 14	56	2	32	

Tabla 64: Nuevos tiempos de ciclo de los semáforos

Número de Semáforo	Tiempo Verde	Tiempo Amarillo	Tiempo Rojo	Avenida en estudio
Semáforo 15	45	2	23	Av. Ejército
Semáforo 16	45	2	23	

Tabla 65: Nuevos tiempos de ciclo semáforos 2

Para implementar la ola verde no sólo los tiempos de ciclo deben ser iguales, sino también las características físicas de las vías que la componen deben ser parecidas, de todas las características, principalmente, el número de carriles y el flujo de vehículos por zona son las más importantes a cumplir; y esta condición existe en los lugares donde están los semáforos del 1 al 14; por otro lado las vías donde se encuentran los semáforos 15 y 16 tienen también más o menos el mismo comportamiento; esa es la razón de la división de tiempos de ciclo en 2 tablas.

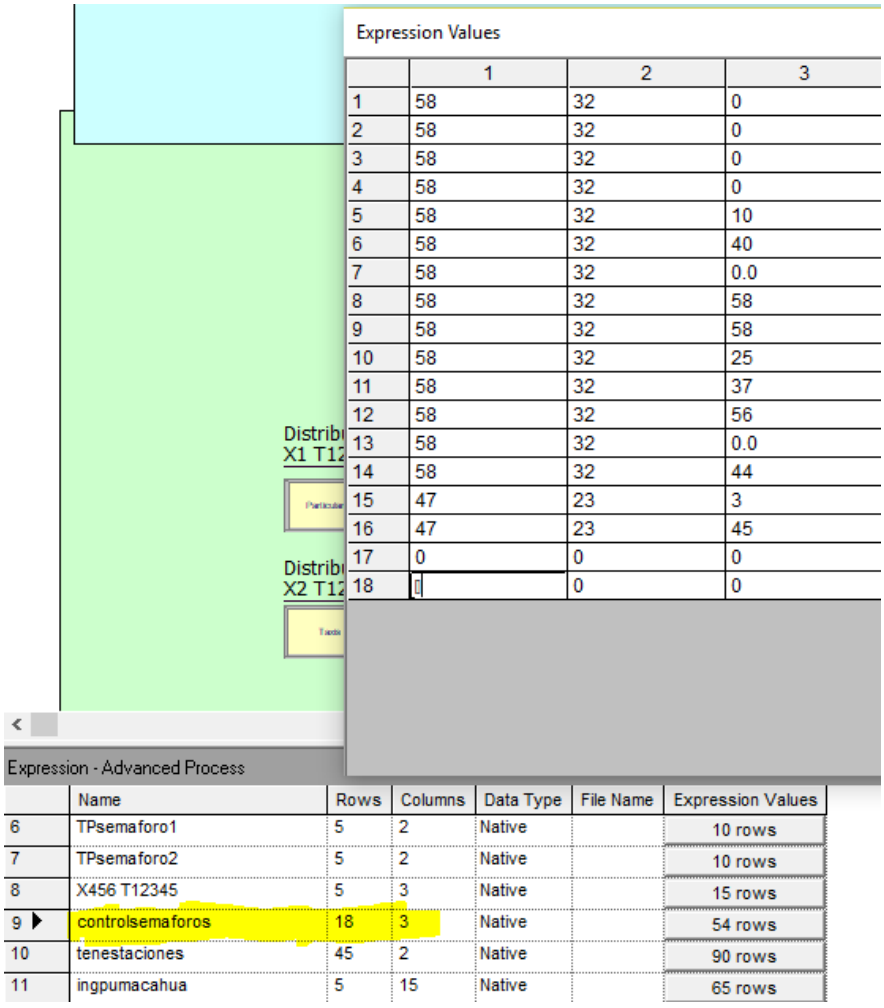
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Cabe resaltar que, para determinar los tiempos de ciclo se calculó el promedio de los tiempos de todos los semáforos que componen cada una de las tablas anteriores. En el estudio siguiente donde ubicaré paraderos, el flujo vehicular será regularmente constante, gracias a eso podré utilizar el OptQuest de Arena para la determinación de los tiempos de ciclo óptimos de los semáforos.

Los datos en el modelo de Arena quedan de la siguiente forma:



Expression Values

	1	2	3
1	58	32	0
2	58	32	0
3	58	32	0
4	58	32	0
5	58	32	10
6	58	32	40
7	58	32	0.0
8	58	32	58
9	58	32	58
10	58	32	25
11	58	32	37
12	58	32	56
13	58	32	0.0
14	58	32	44
15	47	23	3
16	47	23	45
17	0	0	0
18		0	0

Expression - Advanced Process

	Name	Rows	Columns	Data Type	File Name	Expression Values
6	TPsemaforo1	5	2	Native		10 rows
7	TPsemaforo2	5	2	Native		10 rows
8	X456 T12345	5	3	Native		15 rows
9	controlsemaforos	18	3	Native		54 rows
10	tenestaciones	45	2	Native		90 rows
11	ingpumacahua	5	15	Native		65 rows

Ilustración 138: Datos de los nuevos tiempos de ciclo de los semáforos

Los tiempos de la columna 3 que representan el tiempo en que inicia el ciclo no los cambio porque ahora los tiempos de inicio de ciclo controlados por las variables *tiem retraso semaf_1*...etc.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Realizado esto, se procedió a usar el OptQuest para hallar los valores óptimos de inicio de ciclo de cada semáforo:

5.1.2 **Procedimiento para la aplicación del OptQuest**

Terminado el modelo se abre el OptQuest

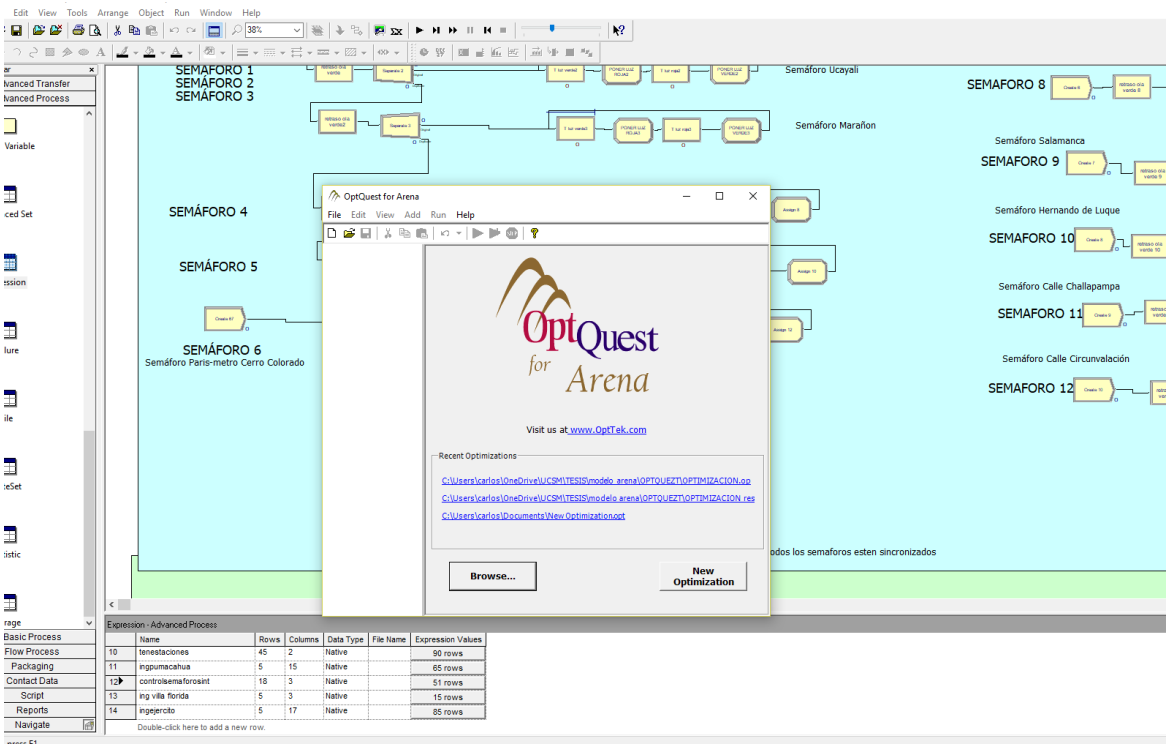


Ilustración 139: OptQuest de Arena, software para la optimización de modelos de simulación

Seleccionamos los recursos que queremos manipular para, en mi caso, llegar al objetivo que es disminuir el tiempo de espera en semáforos.

Recordemos que para este fin es que creé las variables (*Tiem retraso semaf_1… etc.)*, entonces procedo a seleccionarlas y darles valores mininos, máximos y más probables que yo (evaluador)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

estime como posibles respuestas para tener el tiempo mínimo de espera en las colas de los semáforos:

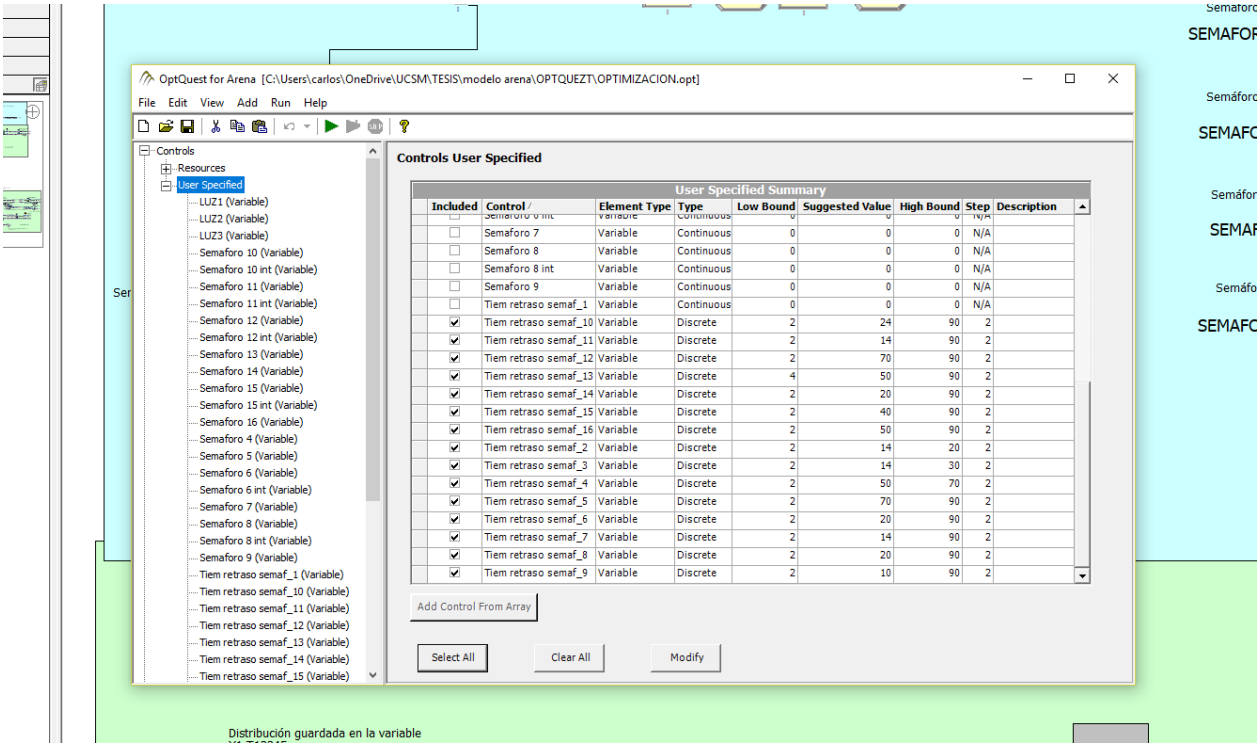


Ilustración 140: Selección de los recursos a manipular y configuración de los valores

Nótese que no selecciono la variable *tiem retraso semaf_1*, pues el ciclo del semáforo 1 comienza cuando inicia el sistema por lo tanto esta variable es igual a cero; no tendría sentido ponerle un tiempo de retraso al inicio de ciclo del semáforo 1.

Seguidamente se procede a escoger las variables que serían parte de la respuesta, en este caso seleccione *el número promedio de entidades en cola* de cada semáforo por cada corrida en la simulación, ejemplo: *ant semaforo1_1.queue.numberinqueue, ant semaforo1_2…* etc.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

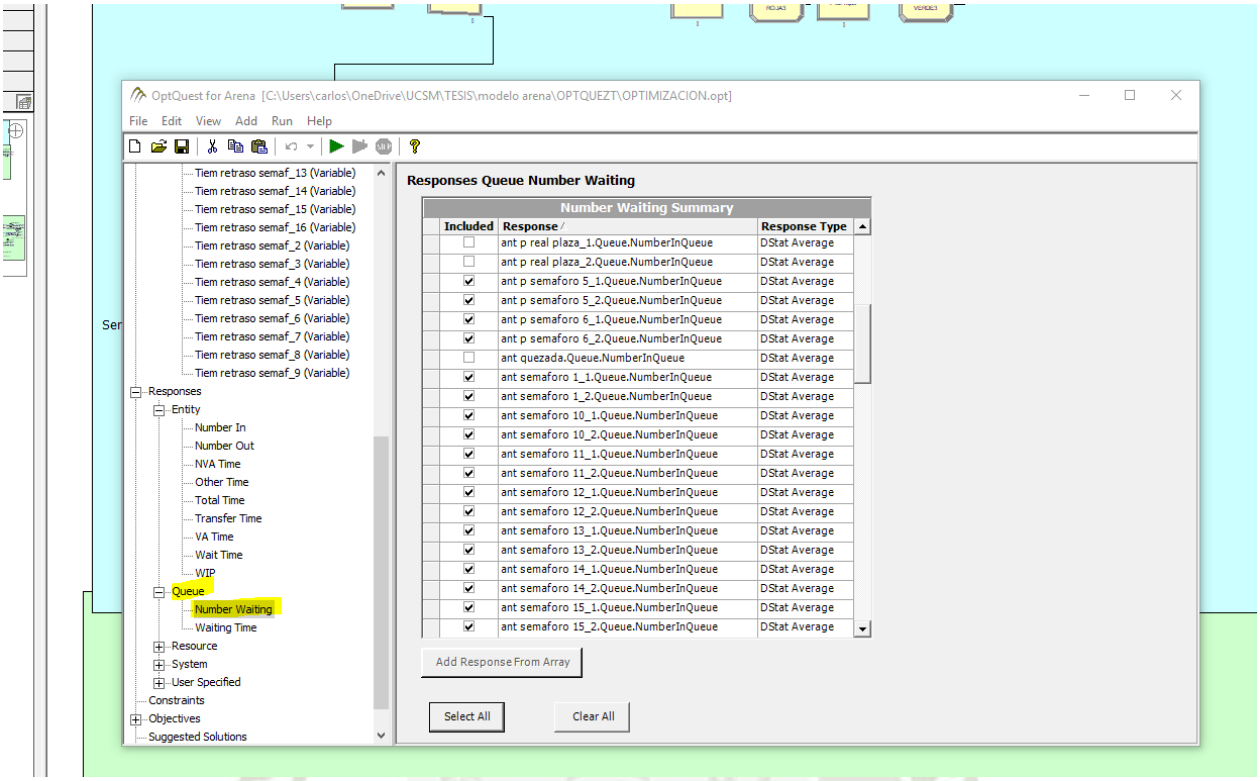


Ilustración 141: Selección de variables respuesta

Seguidamente se escribe la función objetivo, que representará lo que se quiere optimizar (en mi caso *minimizar el número de entidades promedio en las colas* de los semáforos). El software manipulará los controles de acuerdo a los limites dados por el evaluador y según estos calculará los valores que deben tener dichos controles (variables) para obtener el resultado que optimice la función objetivo

En este estudio se quiere minimizar el tiempo de espera en los semáforos, por lo tanto, mi función objetivo será *minimizar el número de entidades promedio por cada cola de cada semáforo,* bajo la siguiente ecuación:

Función: Minimizar (

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

[ant p semáforo 5_1.Queue.NumberInQueue]+[ant p semaforo5_2.Queue.NumberInQueue]+[ant p semáforo 6_1.Queue.NumberInQueue]+[ant p semáforo 6_2.Queue.NumberInQueue]+[ant semáforo 1_1.Queue.NumberInQueue]+[ant semáforo 1_2.Queue.NumberInQueue]+[ant semáforo 10_1.Queue.NumberInQueue]+[ant semáforo 10_2.Queue.NumberInQueue]+[ant semáforo 11_1.Queue.NumberInQueue]+[ant semáforo 11_2.Queue.NumberInQueue]+[ant semáforo 12_1.Queue.NumberInQueue]+[ant semáforo 12_2.Queue.NumberInQueue]+[ant semáforo 13_1.Queue.NumberInQueue]+[ant semáforo 13_2.Queue.NumberInQueue]+[ant semáforo 14_1.Queue.NumberInQueue]+[ant semáforo 14_2.Queue.NumberInQueue]+[ant semáforo 15_1.Queue.NumberInQueue]+[ant semáforo 15_2.Queue.NumberInQueue]+[ant semáforo 16_1.Queue.NumberInQueue]+[ant semáforo 16_2.Queue.NumberInQueue]+[ant semáforo 2_1.Queue.NumberInQueue]+[ant semáforo 2_2.Queue.NumberInQueue]+[ant semáforo 3_1.Queue.NumberInQueue]+[ant semáforo 3_2.Queue.NumberInQueue]+[ant semáforo 4_2.Queue.NumberInQueue]+[ant semáforo 4_1.Queue.NumberInQueue]+[ant semáforo 7_1.Queue.NumberInQueue]+[ant semáforo 7_2.Queue.NumberInQueue]+[ant semáforo 8_1.Queue.NumberInQueue]+[ant semáforo 8_2.Queue.NumberInQueue]+[ant semáforo 9_1.Queue.NumberInQueue]+[ant semáforo 9_2.Queue.NumberInQueue])

Esto lo muestro en la siguiente imagen:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

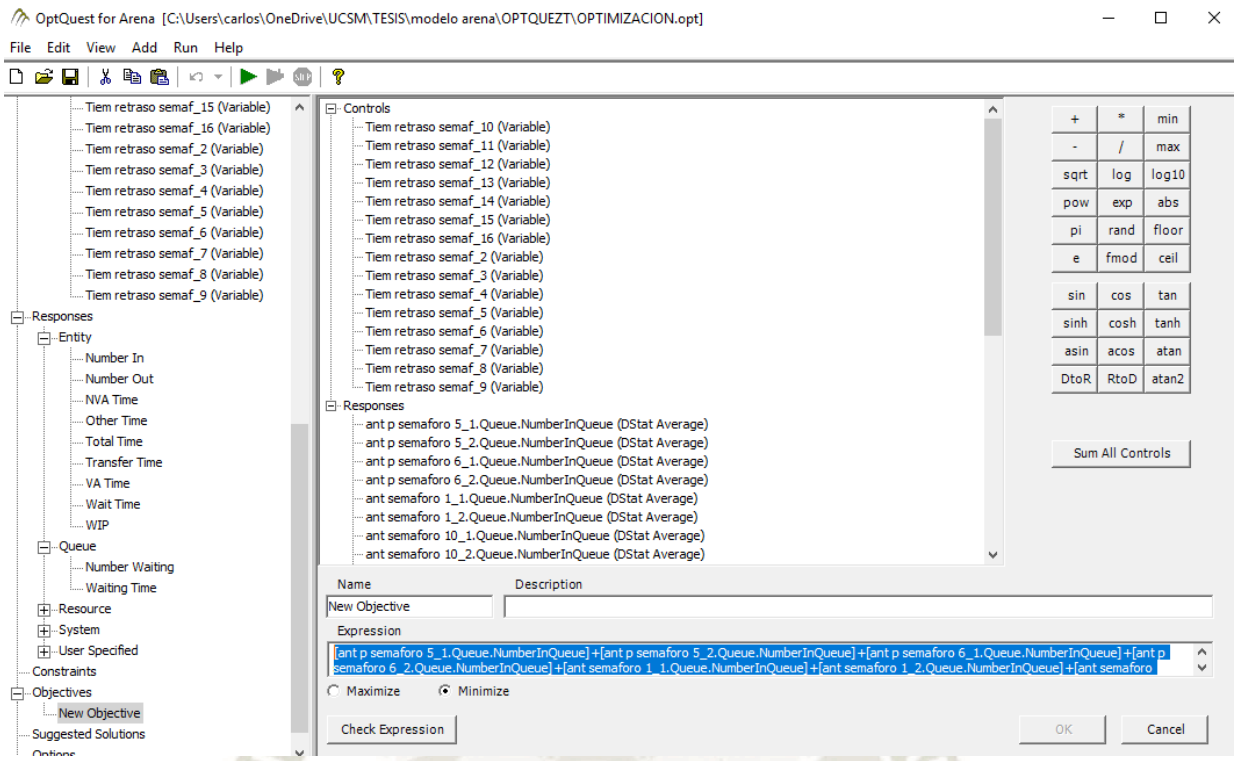


Ilustración 142: Función objetivo en el software OptQuest

En mi primera optimización no puse restricciones porque para la obtención del tiempo de inicio de ciclo de los semáforos no es necesario, pero, optativamente dependiendo de las circunstancias existirán restricciones en las soluciones, una de ellas podría ser, por ejemplo:

> Se sabe que: los vehículos que ingresan a la vía de estudio lo podrían hacer por una de las intercepciones de la avenida principal, también se sabe que este ingreso de vehículos podría ser controlado por un semáforo, imaginemos que la capacidad máxima de vehículos que pueden estar en la intercepción es de 7, puesto que, si se supera este rango, en la cuadra anterior a la intercepción mencionada no se dejaría pase a los vehículos que vienen de la vía que intercepta con la calle de ingreso a la vía principal, ejemplo:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA



Ilustración 143: ejemplo de restricciones en las vías

Para que esto no ocurra es que configura las restricciones, esto se hace en la siguiente ventana:

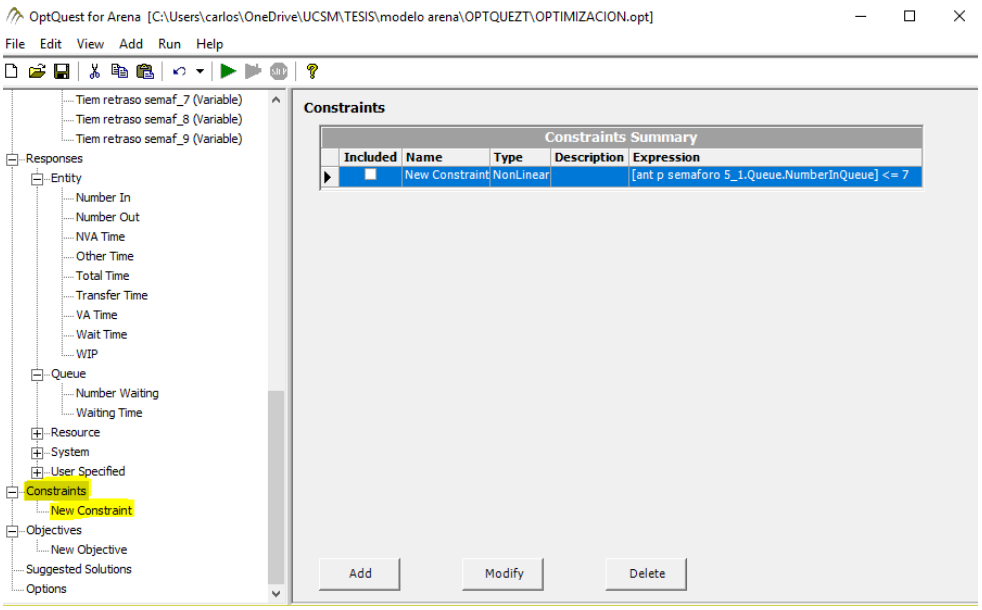


Ilustración 144: configuración de las restricciones

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

5.1.3 **Optimización del modelo**

Se hizo correr el software OptQuest según lo descrito en el párrafo *5.1.2-Procedimiento para la aplicación del* , de esta corrida se obtuvo las siguientes imágenes:



Ilustración 145: OptQuest buscando el valor de las variables que minimicen el tiempo de espera en los semáforos

Optimization **Running**

Minimize		
	Objective Value	**Status**
Best Value	230.081867	Feasible
Current Value	307.023770	Feasible

Controls		
Control Name	**Best Value**	**Current Value**
Tiem retraso semaf_10	42	56
Tiem retraso semaf_11	14	24
Tiem retraso semaf_12	58	80
Tiem retraso semaf_13	128	32
Tiem retraso semaf_14	24	6
Tiem retraso semaf_15	184	26
Tiem retraso semaf_16	128	32
Tiem retraso semaf_2	12	6
Tiem retraso semaf_3	18	4
Tiem retraso semaf_4	30	40
Tiem retraso semaf_5	94	44
Tiem retraso semaf_6	30	30
Tiem retraso semaf_7	18	2
Tiem retraso semaf_8	30	12
Tiem retraso semaf_9	34	18

Ilustración 146: Valores de las variables controladas (tiempo de inicio de ciclo de semáforos) a media corrida

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Los resultados finales fueron:

```
Simulation: 1   ****NEW BEST SOLUTION****
19/05/2018 10:47:33 a. m.
Number of Replications: 3

Values of Decision Variables
Tiem retraso semaf_10:  62
Tiem retraso semaf_11:  4
Tiem retraso semaf_12:  12
Tiem retraso semaf_13:  20
Tiem retraso semaf_14:  12
Tiem retraso semaf_15:  26
Tiem retraso semaf_16:  42
Tiem retraso semaf_2:  14
Tiem retraso semaf_3:  6
Tiem retraso semaf_4:  60
Tiem retraso semaf_5:  22
Tiem retraso semaf_6:  8
Tiem retraso semaf_7:  46
Tiem retraso semaf_8:  78
Tiem retraso semaf_9:  88

Values of Output Variables
ant p semaforo 5_1.Queue.NumberInQueue:  1.11502798359211
ant p semaforo 5_2.Queue.NumberInQueue:  0.822019154704266
ant p semaforo 6_1.Queue.NumberInQueue:  0.252316302284623
ant p semaforo 6_2.Queue.NumberInQueue:  0.127948861471192
ant semaforo 1_1.Queue.NumberInQueue:  1.5397781275219
ant semaforo 1_2.Queue.NumberInQueue:  1.98104384770395
ant semaforo 10_1.Queue.NumberInQueue:  1.77899277064086
ant semaforo 10_2.Queue.NumberInQueue:  1.48042858734437
ant semaforo 11_1.Queue.NumberInQueue:  0.947139477840538
ant semaforo 11_2.Queue.NumberInQueue:  0.666538079461443
ant semaforo 12_1.Queue.NumberInQueue:  1.05442003836872
ant semaforo 12_2.Queue.NumberInQueue:  0.784892553917102
ant semaforo 13_1.Queue.NumberInQueue:  2.42479342191867
ant semaforo 13_2.Queue.NumberInQueue:  2.15020711794391
ant semaforo 14_1.Queue.NumberInQueue:  5.09109150039415
ant semaforo 14_2.Queue.NumberInQueue:  5.14293504168254
ant semaforo 15_1.Queue.NumberInQueue:  121.130300657285
ant semaforo 15_2.Queue.NumberInQueue:  120.558734224574
ant semaforo 16_1.Queue.NumberInQueue:  1.39997289971794
ant semaforo 16_2.Queue.NumberInQueue:  1.30165158566361
ant semaforo 2_1.Queue.NumberInQueue:  0.245029514495172
ant semaforo 2_2.Queue.NumberInQueue:  0.643289327517281
ant semaforo 3_1.Queue.NumberInQueue:  0.494104266678732
ant semaforo 3_2.Queue.NumberInQueue:  0.912506674721232
ant semaforo 4_1.Queue.NumberInQueue:  0.46419105571919
ant semaforo 4_2.Queue.NumberInQueue:  0.228794511209138
ant semaforo 7_1.Queue.NumberInQueue:  0.289654330727379
ant semaforo 7_2.Queue.NumberInQueue:  0.118784605884241
ant semaforo 8_1.Queue.NumberInQueue:  0.343588892954282
ant semaforo 8_2.Queue.NumberInQueue:  0.183700548888382
ant semaforo 9_1.Queue.NumberInQueue:  1.267482661365
ant semaforo 9_2.Queue.NumberInQueue:  0.986077519795958
```

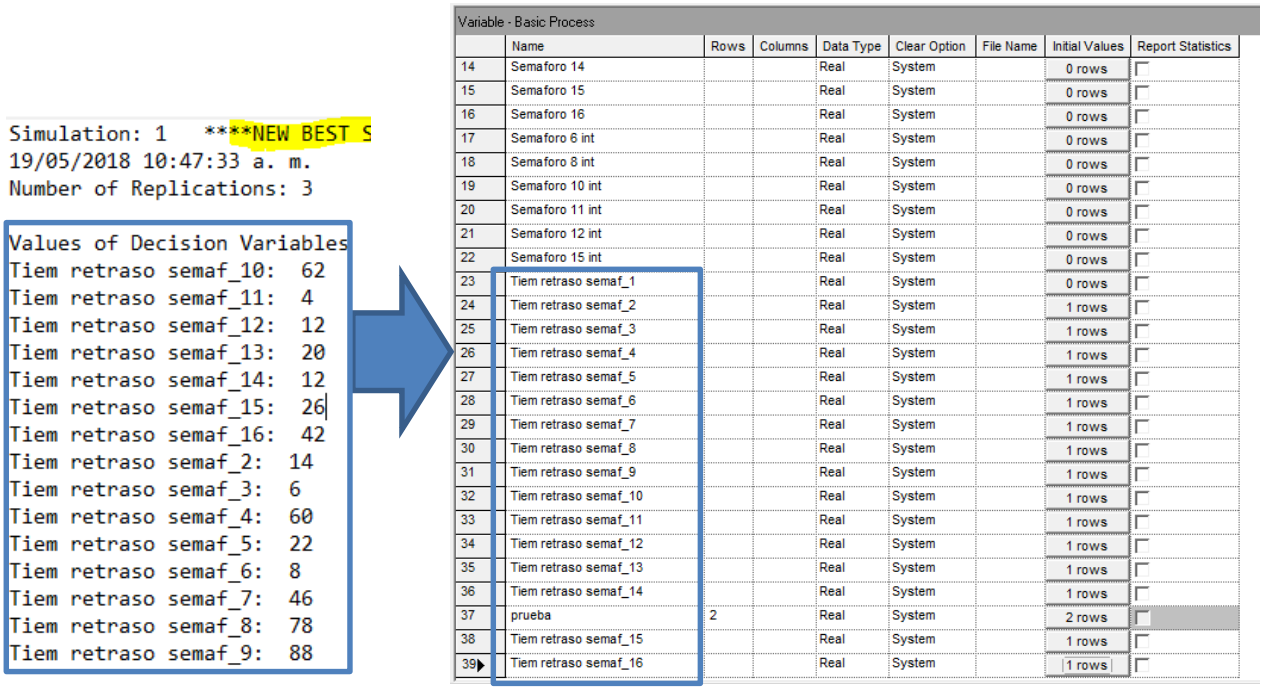
Ilustración 147: Resultados de la corrida del OptQuest del estudio de mejoramiento de tiempos de ciclo de los semáforos

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Estos resultados representan los instantes en el que debe empezar el ciclo de funcionamiento cada uno de los semáforos con respecto al primero, estos datos se copiaron a las variables creadas en el párrafo *5.1.1.1-Control de los tiempos de inicio de ciclo entre semáforos* (*tiempo retraso semaf_1…etc.)* que están en el modelo de simulación, el procedimiento se realizó de la siguiente manera:



	Name	Rows	Columns	Data Type	Clear Option	File Name	Initial Values	Report Statistics
14	Semaforo 14			Real	System		0 rows	
15	Semaforo 15			Real	System		0 rows	
16	Semaforo 16			Real	System		0 rows	
17	Semaforo 6 int			Real	System		0 rows	
18	Semaforo 8 int			Real	System		0 rows	
19	Semaforo 10 int			Real	System		0 rows	
20	Semaforo 11 int			Real	System		0 rows	
21	Semaforo 12 int			Real	System		0 rows	
22	Semaforo 15 int			Real	System		0 rows	
23	Tiem retraso semaf_1			Real	System		0 rows	
24	Tiem retraso semaf_2			Real	System		1 rows	
25	Tiem retraso semaf_3			Real	System		1 rows	
26	Tiem retraso semaf_4			Real	System		1 rows	
27	Tiem retraso semaf_5			Real	System		1 rows	
28	Tiem retraso semaf_6			Real	System		1 rows	
29	Tiem retraso semaf_7			Real	System		1 rows	
30	Tiem retraso semaf_8			Real	System		1 rows	
31	Tiem retraso semaf_9			Real	System		1 rows	
32	Tiem retraso semaf_10			Real	System		1 rows	
33	Tiem retraso semaf_11			Real	System		1 rows	
34	Tiem retraso semaf_12			Real	System		1 rows	
35	Tiem retraso semaf_13			Real	System		1 rows	
36	Tiem retraso semaf_14			Real	System		1 rows	
37	prueba	2		Real	System		2 rows	
38	Tiem retraso semaf_15			Real	System		1 rows	
39	Tiem retraso semaf_16			Real	System		1 rows	

Ilustración 148: Copiado de los resultados a las variables creadas en el modelo de simulación

Y con esto estamos listos para correr el modelo en el Arena y que nos arroje los resultados (tiempo de espera promedio, entidades en cola, entre otros) correspondientes a los nuevos tiempos de inicio de ciclo de los semáforos.

5.1.4 **Resultados de la optimización**

Después de hacer las configuraciones explicadas en el titulo anterior y de usar el software OptQuest los resultados son:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

publico	0.00
taxi	0.00

Wait Time	Average	Hal
particular	0.05505536	
publico	0.08723812	
taxi	0.04833439	

Transfer Time	Average	Hal
particular	0.03646597	

Ilustración 149: Resultado tiempo de espera con las mejoras implementadas en la sincronización de los semáforos

Tiempo de espera promedio		
	Horas	Minutos
Particular	0.05505536	3.30
Público	0.08723812	5.2
Taxi	0.04833439	2.90

Tabla 66: Tiempo de espera promedio de los vehículos después de la mejora

Hago énfasis en que los datos calculados son a partir de los tiempos de espera promedio de todos los vehículos que están en el sistema (entidades presentes en la vía de estudio, así como entidades que están en las calles perpendiculares a dicha vía); es lógico que necesitemos para este cálculo el número de vehículos totales en todo el sistema y estos son:

Number In	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
particular	36605.00	563.47	35977.00	37240.00
publico	7341.20	123.77	7235.00	7505.00
taxi	33201.20	161.14	33036.00	33390.00

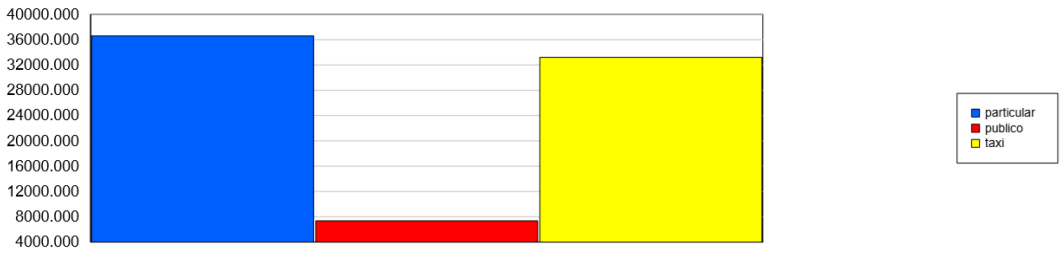


Ilustración 150: Número de vehículos en todo el sistema

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Ahora, con estos datos ya se puede determinar los costos asociados al tiempo de espera en los semáforos después de hacer la mejora:

	Tiempo de espera promedio por tipo de vehículo (horas)	Tiempo de espera promedio por tipo de vehículo por día (minuto)	Tiempo de espera total anual (horas)	Costo de Combustible Total	Horas hombre
Particular	0.05505536	3.30	19.82	S/ 3,867,164.77	3979
Público	0.08723812	5.23	31.41	S/ 1,036,059.11	1599
Taxi	0.04833439	2.90	17.40	S/ 3,818,513.48	22500
Total	**0.19062787**	**11.44**	**68.63**	**S/ 8,721,737.36**	**28077**

Tabla 67: Costos del sistema después de la mejora

Contrastando estos datos con los de la *Tabla 58: Costos asociados al tiempo de espera en las colas de los semáforos – situación* podemos calcular cuánto se ahorraría en tiempo de espera y por ende en costos si, tan solo, implementaríamos un sistema sincronizado de semáforos, los resultados son los siguientes:

	Tiempo de espera promedio por tipo de vehículo (horas)	Tiempo de espera promedio por tipo de vehículo por día (minuto)	Tiempo de espera total anual (horas)	Costo de Combustible Total	Horas hombre
Particular	0.07841715	4.71	28.23	S/ 5,508,129.27	5667
Público	0.1148	6.89	41.33	S/ 1,363,390.06	2104
Taxi	0.07820925	4.69	28.16	S/ 6,178,687.17	36406
Total	**0.2714264**	**16.29**	**97.71**	**S/ 13,050,206.50**	**44177**

Tabla 58: Costos asociados al tiempo de espera en las colas de los semáforos – situación real

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla resumen y de ahorro	Tiempo de espera promedio por tipo de vehículo (horas)	Tiempo de espera promedio por tipo de vehículo por día (minuto)	Tiempo de espera total anual (horas)	Costo de Combustible Total	Horas hombre
Situación actual	0.2714264	16.285584	97.713504	S/ 13,050,206.50	44177
Situación con sincronización de semáforos	0.19062787	11.4376722	68.6260332	S/ 8,721,737.36	28077
Ahorro	**0.08079853**	**4.8479118**	**29.0874708**	**S/ 4,328,469.14**	**16100**

Tabla 68: Tabla resumen y de ahorro al implementar la sincronización de semáforos en las avenidas en estudio con respecto a la situación real

Notemos, en primer lugar, lo más tangible: el ahorro en combustible es de **S/. 4,328,469** soles, ahora veamos que en productividad (horas hombre) perdemos **16100 HH,** este es buen indicador para tomar la decisión que se tiene que hacer algo para mejorar la fluidez del tráfico y lo más sencillo en este caso es manipular tiempos de ciclo de los semáforos.

Nota: recordemos que el presente cálculo considera a todos los vehículos del sistema, es decir a las entidades que están en las avenidas en estudio y también a las que no, por ejemplo las entidades que están en las calles perpendiculares a la vía principal que, muchas veces toman otras rutas y no ingresan a las avenidas en estudio, *ver la Ilustración 101: Cambio de dirección de los vehículos que ingresan a las avenidas de estudio provenientes de las vías alimentadoras.*

5.2 Propuesta de mejora para la optimización de paraderos

Esta propuesta, a diferencia de la anterior, considera en el cálculo únicamente a los vehículos que están en las avenidas de estudio excluyendo a las entidades que están en las calles perpendiculares a la vía principal, con la finalidad de ser más objetivo en los resultados, para mayor

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

información revisar la *Ilustración 131: Vehículos que están en las calles perpendiculares, algunos de ellos ingresan a la vía de estudio y otros continúan en una ruta diferente*

Dentro de la propuesta de mejora que hicimos en el planteamiento del problema, mencionamos 3 aspectos a cumplirse dentro de nuestra propuesta de solución, los cuales procedo a enumerar:

5.2.1 **Características de la propuesta**

5.2.1.1 Poniendo un 3er carril de paradero para que sean usado por el transporte Público:

De forma que cuando estos se detengan para que suban o bajen los pasajeros no obstaculicen el paso de los vehículos que vienen detrás que simplemente quieren pasar.

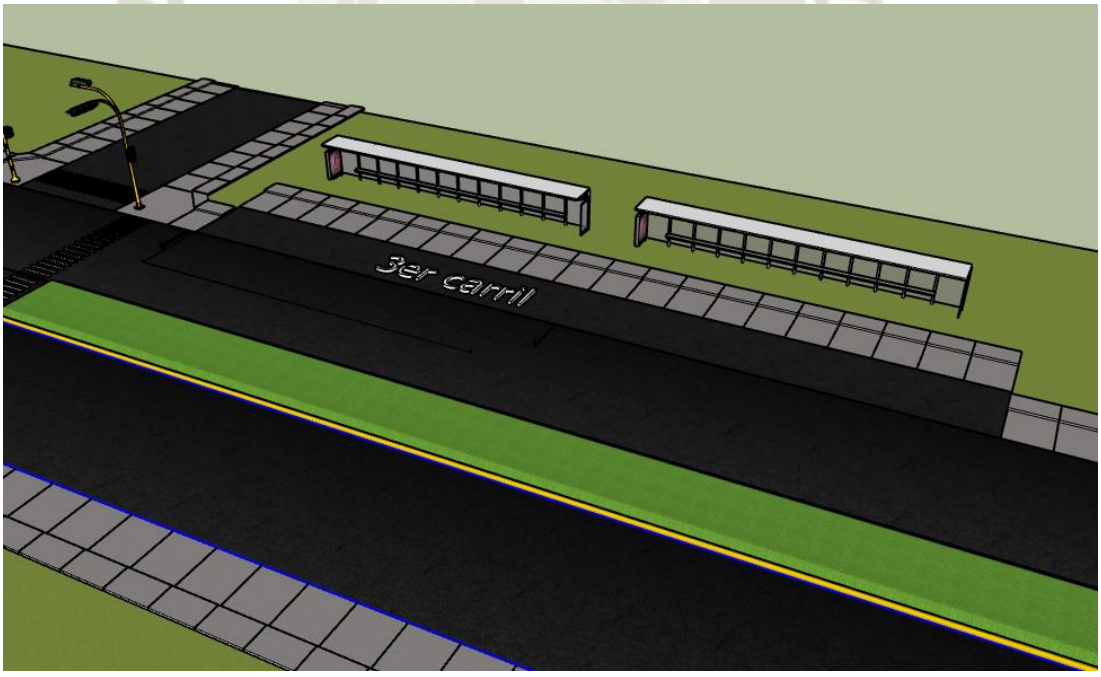


Ilustración 151: Ubicación de un tercer carril para ser usado como paradero

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

5.2.1.2 El paradero tiene que estar después de los semáforos respectivos

Los paraderos tienen que estar después de los semáforos y no antes, aparénteme deberíamos aprovechar el rojo de los semáforos para que suban los pasajeros, pero en la realidad no funciona así, el hecho que los paraderos estén detrás de los semáforos provoca que los vehículos de transporte público se detengan a jalar pasajeros, a pesar de estar en verde, y no dejen pasar a los vehículos que vienen detrás de ellos, es por eso que en mi propuesta de solución pondré los paraderos delante de los semáforos.

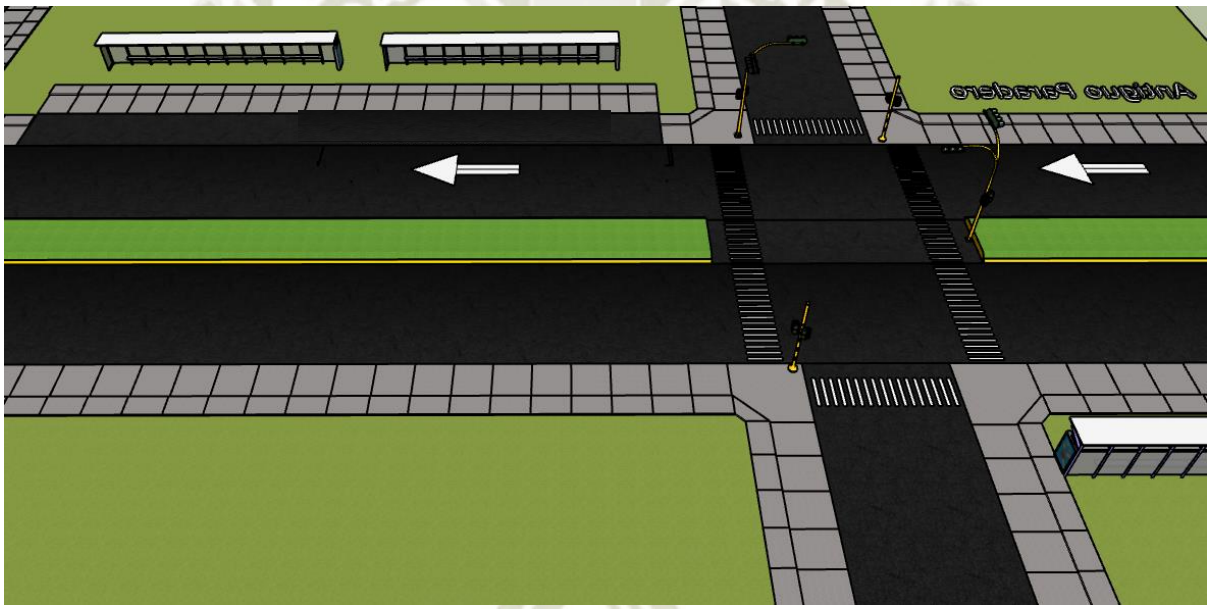


Ilustración 152: Ubicación de los paraderos después de los semáforos

5.2.1.3 Usar diferentes paraderos para las distintas líneas de transporte público

Bueno, en mi solución planteo usar paraderos normales, es decir paraderos donde cualquier tipo de línea de transporte Público puede detenerse para que suban o bajen pasajeros, pero también usaré lo que a partir de ahora llamaré *Paraderos Duales* que básicamente se trata de dos estaciones que están relativamente cerca una de otra, pero

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

donde los buses asignados a la primera estación solo pueden hacer uso de esta y no de la segunda, lo propio con los buses de la segunda estación, de esta forma impediré que se forme largas colas de vehículos de transporte público esperando a usar el paradero ocupado y que en su desesperación terminan por usar lugares no asignados para que los pasajeros suban y bajen.

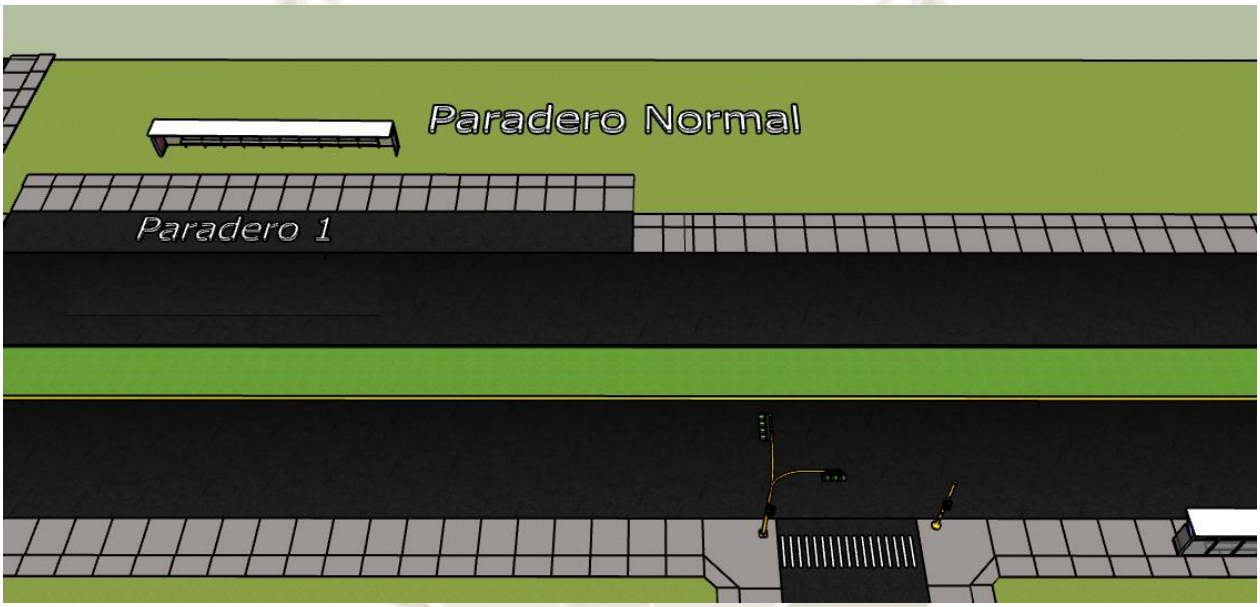


Ilustración 153: Paradero normal a usar en la propuesta

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA



Ilustración 154: Paradero Dual a usar en la propuesta

Dependiendo de las características de la zona usaré paraderos normales o paraderos duales, la efectividad de este sistema la determinaré mediante el ahorro total indicado en el párrafo - 5.2.5 - Resultados del modelo de simulación completo

5.2.2 **Propuesta para la ubicación de Paraderos**

Bajo lo mencionado, se tiene que formular una propuesta donde estén ubicados estratégicamente los paraderos, con tal finalidad es que ahora analizaré las rutas que circulan en las avenidas en estudio, recordemos que las rutas están en el párrafo *3.9 Líneas de transporte público que circulan por las vías en estudio,* a continuación presento una tabla que resume esta información.

NÚMERO	EMPRESA	RUTA	DESCRIPCIÓN
1	3 de Octubre	Ruta A 012A	Ejército - Cercado- Miraflores – Socabaya
2	6 de diciembre	Ruta A007	Municipal-Aviación- Pumacahua- Ejército-Real Plaza - Católica – Tasahuayo-Socabaya

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

3	6 de diciembre	Ruta A 019	Villa Fontana-Aviación- Pumacahua- Ejército- Progreso – Bustamante-Socabaya
4	COTUM SA	Ruta C 027	Pachacútec –Ejército – Real Plaza – Católica –Ormeño-Tecsup
5	COTUM SA	Ruta C 028	Pachacútec –Prolongación Ejército – Real Plaza – Católica – Ormeño-Tecsup
6	Cerro Colorado SA	Ruta E 06A	: Alto libertad–Cerro Viejo- Pumacahua- Ejército – Bolívar Sucre
7	Cettar SA	Ruta P 022	Villa Paraíso Aeropuerto Aviación– Pumacahua- Ejército – Bolívar – Av. Parra - Hunter–
8	Cettar SA	Ruta E029	Ciudad Municipal–Aviación- Pumacahua- Ejército – Progreso –Mariano Melgar
9	Cettar SA	Ruta E025A	Ciudad Municipal– Aviación - Pumacahua- Ejército- Bolívar- Ferroviarios –Bustamante
10	Christus SAC	Ruta C019	Pachacútec–Cerro Viejo- Pumacahua- Ejército-Real Plaza-Católica- Vallecito- Independencia-Paucarpata
11	Ciudad Municipal Arequipa	Ruta E029	Ciudad Municipal– Aviación- Pumacahua- Ejército –Progreso –Mariano Melgar - Paucarpata–
12	Cotaspa SA	Ruta 028	Alto Libertad- Cerro Viejo- Pumacahua-Ejército- Bolívar-Avelino- Socabaya
13	Cotaspa SA	Ruta A 029A	Cayma- Yanahuara- Ejército- Bolívar- Miraflores-Independencia- Hunter
14	Deán Valdivia SA	Ruta E 026	Cayma- Mall Plaza- Ejército-Progreso- Miraflores
15	Deán Valdivia SA	E023A	Nazareno – Aviación- Pumacahua- Ejército – Progreso-Miraflores- Mariano Melgar
16	El Calero SA	Ruta E05A	Yura- Aviación- Pumacahua- Ejército – La marina- Bolívar-Av. Parra
17	Escorpiones de Bustamante	Ruta E20	Rio Seco- Aviación- Pachacútec- Parque Industrial-Bustamante
18	Exenatru	Ruta E33A	Cayma- Aviación- Pumacahua- Ejército- Bolívar- Ormeño - Socabaya
19	Florián	Ruta E26 A	Cayma- Ejército- Progreso-Independencia- Ferroviarios
20	Litoral SA	Ruta E 004A	Cayma- Aviación- Pumacahua- Ejército-Bolívar- Ormeño-Avelino
21	Litoral SA	Ruta E 005A	Rio Seco - Aviación- Ejército- Pumacahua- Progreso-Venezuela- Avelino-Ruta
22	Los Ángeles de Ciudad de Dios	Ruta E 010A	Ciudad de Dios- Aviación- Pumacahua- Ejército-Bolívar-Avelino
23	Los Ángeles de Ciudad de Dios	Ruta E019	Ciudad de Dios- Aviación- Pumacahua- Ejército-Bolívar-Avelino

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

24	Los Ángeles de Ciudad de Dios	Ruta P E02	Ciudad de Dios- Aviación- Pumacahua- Ejército-Bolívar-Avelino
25	Los Ángeles de Ciudad de Dios	Ruta E 020	Ciudad de Dios- Aviación- Pumacahua- Ejército-Progreso Mariano Melgar
26	Los Canarios	Ruta E 028	Villa Paraíso-Aviación- Pumacahua- Ejército-Bolívar-Ormeño-Avelino-Socabaya
27	Empresa Los Pioneros	Ruta E 023	Villa Paraíso - Aviación- Pumacahua- Ejército- Progreso-Venezuela-Ferroviarios
28	Empresa Los Pioneros	Ruta E 022B	Cayma - Aviación- Pumacahua- Ejército- Progreso-Venezuela-Ferroviarios
29	Miguel Grau Campiña	Ruta E 017	Cayma - Aviación- Pumacahua- Ejército- Progreso-Independencia
30	Miguel Grau Campiña	Ruta C C06	Cayma - Aviación- Pumacahua- Ejército- Progreso-Paucarpata
31	Monterrey	Ruta A 37A	Cerro Colorado- Pumacahua -Ejército-Real Plaza-Católica-Vallecito Bustamante –Paucarpata
32	Peruarbo Buss	Ruta P 017	Rio Seco-Aviación- Pumacahua- Ejército- Real Plaza-Católica –Miraflores
33	Peruarbo Buss	Ruta P018	Yura-Aviación- Pumacahua- Ejército- Real Plaza-Católica – Miraflores
34	Primavera	Ruta: U03A	Tingo-Tahuaycani- Parque El Avión- Ejército – Bolívar
35	Primavera	U03B	Tingo-Tahuaycani- Parque El Avión- Ejército – Bolívar
36	Primavera	U03C	Tingo-Tahuaycani- Parque El Avión- Ejército – Bolívar
37	Santa Clara	Ruta C032	Villa Paraíso- Aviación- Pumacahua- Ejército-Progreso-Goyeneche-Paucarpata Ruta
38	Santo Domingo	Ruta E008B	Nazareno- Aviación- Pumacahua- Ejército- Bolívar-
39	Santo Domingo	009B	Nazareno- Aviación- Pumacahua- Ejército- Bolívar-
40	Sr. de Lampa	E 018A	Alto Libertad- Cerro Viejo-Pumacahua- Ejército-Bolívar
41	Sr. de Lampa	E 014	Alto Libertad- Cerro Viejo-Pumacahua- Ejército-Bolívar
42	Sr. de Lampa	E 015	Alto Libertad- Cerro Viejo-Pumacahua- Ejército-Bolívar
43	Sr. de Luren	Ruta C 047A	Yura-Aviación-- Ejército-Vallecito-Progreso Paucarpata
44	Sr. Del Gran Poder	A 037	Cerro Colorado- Pumacahua -Ejército-Real Plaza- Católica-Vallecito- Tecsup-Paucarpata
45	Unidos de Hunter	P012A	Rio Seco- Aviación- Pumacahua Ejército-Progreso Venezuela – Hunter
46	Unidos de Hunter	011A	Rio Seco- Aviación- Pumacahua -Ejército-Progreso Venezuela – Hunter

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

47	Unidos de Hunter	P031A	Rio Seco- Aviación- Pumacahua- Ejército-Progreso Venezuela – Hunter
48	Zamácola	Ruta E16A	Villa Paraíso- Aviación- Pumacahua- Ejército-Progreso-Paucarpata

Tabla 69: Empresas de transporte público y rutas que circulan por las avenidas en estudio

Analizando esta información e independientemente del paradero inicial y final de cada ruta, nos podemos dar cuenta que existe patrones en los circuitos que se repiten dependiendo de la avenida por donde transiten, por ejemplo:

En la avenida Aviación y Avenida Pumacahua se repiten los siguientes patrones

- **Aviación- Pumacahua- Ejército-Progreso** y sus variantes a partir de ahora Grupo 1
- **Pumacahua -Ejército-Real Plaza- Católica- Vallecito** y sus variantes a partir de ahora Grupo 2

Mientras que en la avenida Prolongación ejército y Avenida Ejército se repiten los siguientes patrones:

- **Ejército-Bolívar** y sus variantes a partir de ahora Grupo 1
- **Ejército-Progreso** y sus variantes a partir de ahora Grupo 2

Al decir la palabra *variantes* hago referencia a las rutas que tienen en común las zonas mencionadas y que, después, en algún momento del circuito se bifurcarán de estas para continuar con su propia ruta. Entonces dicho esto, ya vamos entendiendo lo de los paraderos duales, en cada estación del paradero dual asignaré solo uno de los patrones encontrados, es por esa razón también que a estas rutas las nombro como grupo 1 y 2, estos nombres los usaré más adelante.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Para la asignación de una zona como paradero usaré mi propio criterio teniendo como base, primero, la ubicación de los paraderos antiguos y, segundo, la cantidad de usuarios en la zona

5.2.2.1 Ubicación de paraderos en las avenidas

Es lógico que habrá zonas en donde por motivos de espacio no se pueda poner el tercer carril para el paradero, teniendo esto en consideración y que estos deben estar después de los semáforos, la propuesta de ubicación de paraderos normales y duales quedaría de la siguiente forma:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis



Ilustración 155: Propuesta de paraderos en la avenida Aviación 1



Ilustración 156: Propuesta de paraderos en la avenida Aviación – Pumacahua- Prolongación Ejército

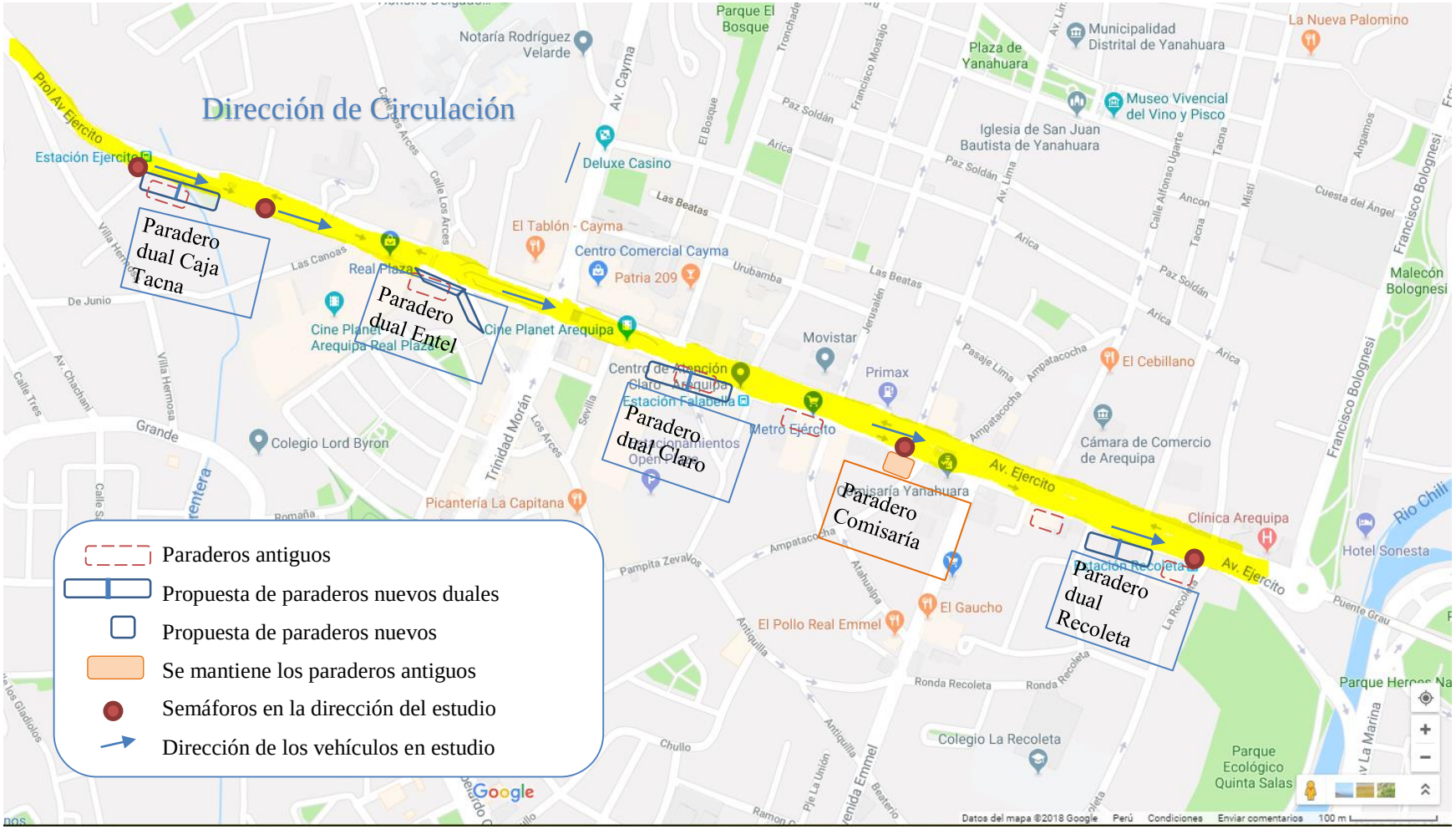


Ilustración 157: Propuesta de paraderos en la avenida Ejército

Para ver a detalle la propuesta de ubicación de paraderos ver el *Anexo 4: Propuesta para la ubicación de paraderos en las Avenidas Aviación-Pumacahua-Ejército.*

Ahora mostraré 2 tablas, en la primera indico los paraderos que tendrán que tener cambios ya sea de ubicación o para convertirse en un paradero dual, cabe mencionar que pongo la ubicación del antiguo paradero y de la propuesta, y en la segunda tabla indico los paraderos que no tendrán cambios y que por lo tanto seguirán en su misma ubicación.

Ubicación de los paraderos que tendrán reformas				
Paradero Antiguo	Ubicación	Paradero Nuevo	Ubicación	Avenida
Paradero Zamácola	https://goo.gl/maps/gRWyhtdVBsT2	**Paradero Dual Zamácola**	https://goo.gl/maps/f1VC9npUvx62	Aviación
Paradero Cuadros	https://goo.gl/maps/XEuuWRkU7p32	Paradero Cuadros	https://goo.gl/maps/XEuuWRkU7p32	Aviación
Paradero Metro	https://goo.gl/maps/5Z7Nni5DMvw	Paradero Metro	https://goo.gl/maps/n6ePbrkuNAD2	Aviación
Paradero General Moran	https://goo.gl/maps/DJ5DNVrHJBw	**Paradero Dual Cerro Viejo**	https://goo.gl/maps/DJ5DNVrHJBw	Pumacahua
Paradero Challapampa	https://goo.gl/maps/VUZaQw8nBpt	Paradero Challapampa	https://goo.gl/maps/NFVGcQMouJT2	Prolongación Ejército
Paradero circunvalación	https://goo.gl/maps/GBZTD5imHRm	**Paradero Dual Circunvalación**	https://goo.gl/maps/iviP7EJc2Ry	Prolongación Ejército
Paradero Caja Tacna	https://goo.gl/maps/iviP7EJc2Ry	**Paradero Dual Caja Tacna**	https://goo.gl/maps/iviP7EJc2Ry	Ejército
Paradero Entel	https://goo.gl/maps/rGj2NaL5JBD2	**Paradero Dual Entel**	https://goo.gl/maps/rGj2NaL5JBD2	Ejército
Paradero Claro	https://goo.gl/maps/FWmKmiBagvA2	**Paradero Dual Claro**	https://goo.gl/maps/FWmKmiBagvA2	Ejército
Paradero Recoleta	https://goo.gl/maps/9cxNbsyAd6s	**Paradero Dual Recoleta**	https://goo.gl/maps/9cxNbsyAd6s	Ejército

Tabla 70: Ubicación de los paraderos antiguos y de los propuestos

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Ubicación de paraderos que no tendrán cambios en Ubicación		
Paradero	Ubicación	Empresas de Transporte
Paradero Essalud	https://goo.gl/maps/NNC8EkikKg32	Aviación
Paradero Montebello	https://goo.gl/maps/f2KRYe8tiCA2	Aviación
Paradero Sagrado Corazón	https://goo.gl/maps/TkYFHkfMMeq	Aviación
Paradero Femaco	https://goo.gl/maps/PRrK3KztV8N2	Aviación
Paradero Moisés Heresi	https://goo.gl/maps/MnrpECv6AQJ2	Pumacahua
Paradero Comisaría - Ampatacocha	https://goo.gl/maps/zNELVf185VH2	Ejército

Tabla 71: Ubicación de los paraderos que no tendrán reformas

5.2.2.2 Asignación de grupos a los paraderos duales

Antes de empezar a hablar de las características específicas que tiene cada uno de los paraderos debo indicar lo siguiente:

Tengo paraderos normales y paraderos duales, los primeros podrán ser usados por todos los vehículos de transporte público, mientras que en los segundos tienen restricciones, pues sabemos que en estos paraderos duales existen 2 paraderos independientes y los vehículos de transporte público podrán usar uno o el otro dependiendo de la asignación que se le dé a estas, para este fin es que ubicamos los patrones de rutas encontrados líneas arriba, entonces va quedando claro que a cada paradero independiente, únicamente, podrán tener acceso las empresas con uno de los dos patrones de ruta encontrados en las respectivas avenidas, obviamente los vehículos asignados a un paradero ya no podrán tener acceso al otro paradero. Analizando las rutas se encontró que la amplia mayoría de vehículos tiene la ruta *Aviación - Pumacahua- Ejército* y a partir de aquí se divide en dos *Bolívar y Progreso* es por eso que las rutas *Aviación - Pumacahua- Ejército – Bolívar* las agregue al grupo 2 *(Pumacahua -Ejército-Real Plaza- Católica- Vallecito y*

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

variantes) en los paraderos que están en la avenida Aviación – Pumacahua, dicho esto, mi propuesta para la asignación de *grupos* quedará finalmente de la siguiente forma:

Paradero dual en la avenida Aviación y Pumacahua		
Paradero 1	Grupo 1	Aviación- Pumacahua- Ejército-Progreso y variantes
Paradero 2	Grupo 2	Pumacahua -Ejército-Real Plaza- Católica- Vallecito y variantes *Aviación - Pumacahua- Ejército –Bolívar*

Tabla 72: Asignación de grupos (patrón de ruta) a paraderos duales Avenida Aviación y Pumacahua

Paradero dual en las avenidas prolongación Ejército y Ejecito		
Paradero 1	Grupo 1	Ejército-Bolívar y variantes
Paradero 2	Grupo 2	Ejército-Progreso y variantes

Tabla 73: Asignación de grupos (patrón de ruta) a paraderos duales Avenida Ejército

Ahora hablemos de las características específicas de estos paraderos, empezaré por los duales que en la *Tabla 70: Ubicación de los paraderos antiguos y de los propuestos* están en negrita.

5.2.2.3 Paradero Dual Zamácola

Paradero ubicado en el tercer carril y después de los semáforos como se indica en *Ilustración 155: Propuesta de paraderos en la avenida Aviación 1*, allí también se puede apreciar que antes se tenía paraderos en las 3 cuadras anteriores a los semáforos los que eran responsable del tráfico en la zona, la ubicación exacta de las estaciones del paradero es:

- Estación 1: https://goo.gl/maps/f1VC9npUvx62
- Estación 2: https://goo.gl/maps/PHwzcRkRm7

La asignación de rutas a los paraderos quedaría de la siguiente manera:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Paradero Dual Zamácola Avenida Aviación		Avenida Aviación	Paradero 1 - Grupo1
Rutas	**Empresa**	**Circuito principal**	**Circuito adicional**
A019	6 de Diciembre	Aviación- Pumacahua- Ejército	Progreso Mariano Melgar
E029	Cettar		Progreso Miraflores Mariano Melgar
E029	Ciudad Municipal Arequipa		Progreso Mariano Melgar Paucarpata
E023A	Deán Valdivia		Progreso Miraflores Mariano Melgar
E 005A	transporte Litoral SA		Progreso Venezuela Avelino
E 020	Los Ángeles de Ciudad de Dios		Progreso Mariano Melgar
E 023	Los Pioneros		Progreso- Venezuela- Ferroviarios
E 022B	Los Pioneros		Progreso- Venezuela- Ferroviarios
E 017	Miguel Grau Campiña		Progreso-Venezuela
E016-C C06	Miguel Grau Campiña		Progreso- Paucarpata
C032	Santa Clara		Progreso- Paucarpata
P012A-P011A-031A	Unidos de Hunter		Progreso-Venezuela-Hunter
E16A	Zamácola		Seguro-Paucarpata

Tabla 74: Rutas para la estación 1 del paradero dual Zamácola

Paradero Dual Zamácola Avenida Aviación		Avenida Aviación	Paradero 2- Grupo 2
Rutas	**Empresa**	**Circuito principal**	**Circuito adicional**
A007	6 de Diciembre	Aviación- Ejército-Los Arces - Católica	Tasahuayo Socabaya
P 017	Peruarbo Buss		Goyeneche - Miraflores
P 018	Peruarbo Buss		Socabaya
C 047A	Sr. de Luren		Goyeneche- Paucarpata

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

E008B – 009B	Santo Domingo		Bolívar
E 028	Los Canarios	Aviación- Pumacahua- Ejército Aviación	Bolívar Avelino Socabaya
E05A	El Calero SA		Bolívar - Av. Parra
E33A	Exenatru		Bolívar Socabaya
P 022	Cettar		Bolívar Parra Hunter
E025A	Cettar		Bolívar Bustamante
E 010A- E 010A- P E02	Los Ángeles de Ciudad de Dios		Bolívar Avelino
E 004A	Transporte Litoral SA		Bolívar-Avelino
E20	Escorpiones de Bustamante		Pachacútec- Terminal- Bustamante

Tabla 75: Rutas asignadas a la estación 2 del paradero dual Zamácola

Para ilustrar mejor esta propuesta mostraré 2 imágenes la primera: situación actual del paradero y la segunda: la propuesta con las dos estaciones y en cada una de ellas están indicadas las rutas que siguen y las empresas que pueden tener acceso a cada estación.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

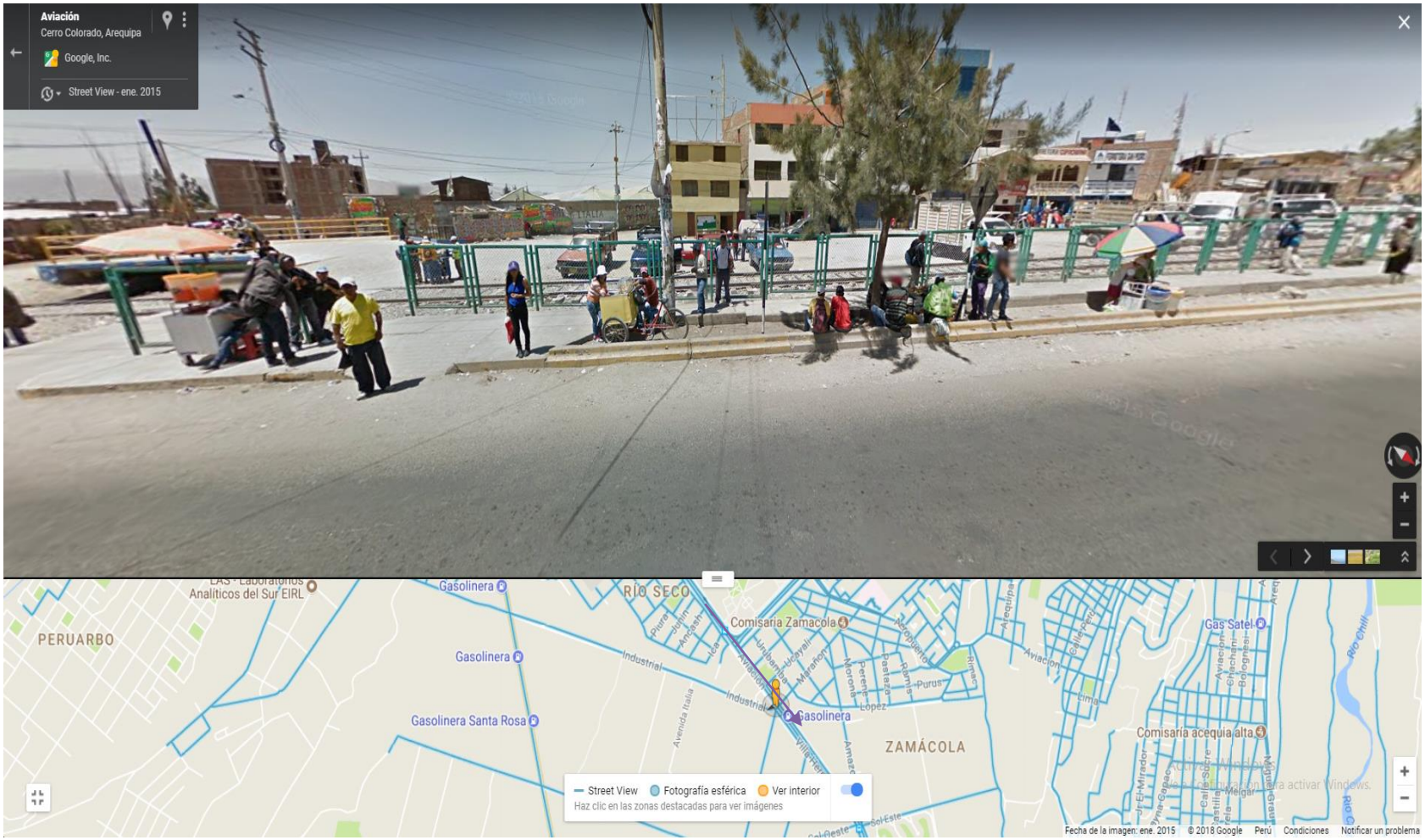


Ilustración 158: Situación actual del paradero Zamácola

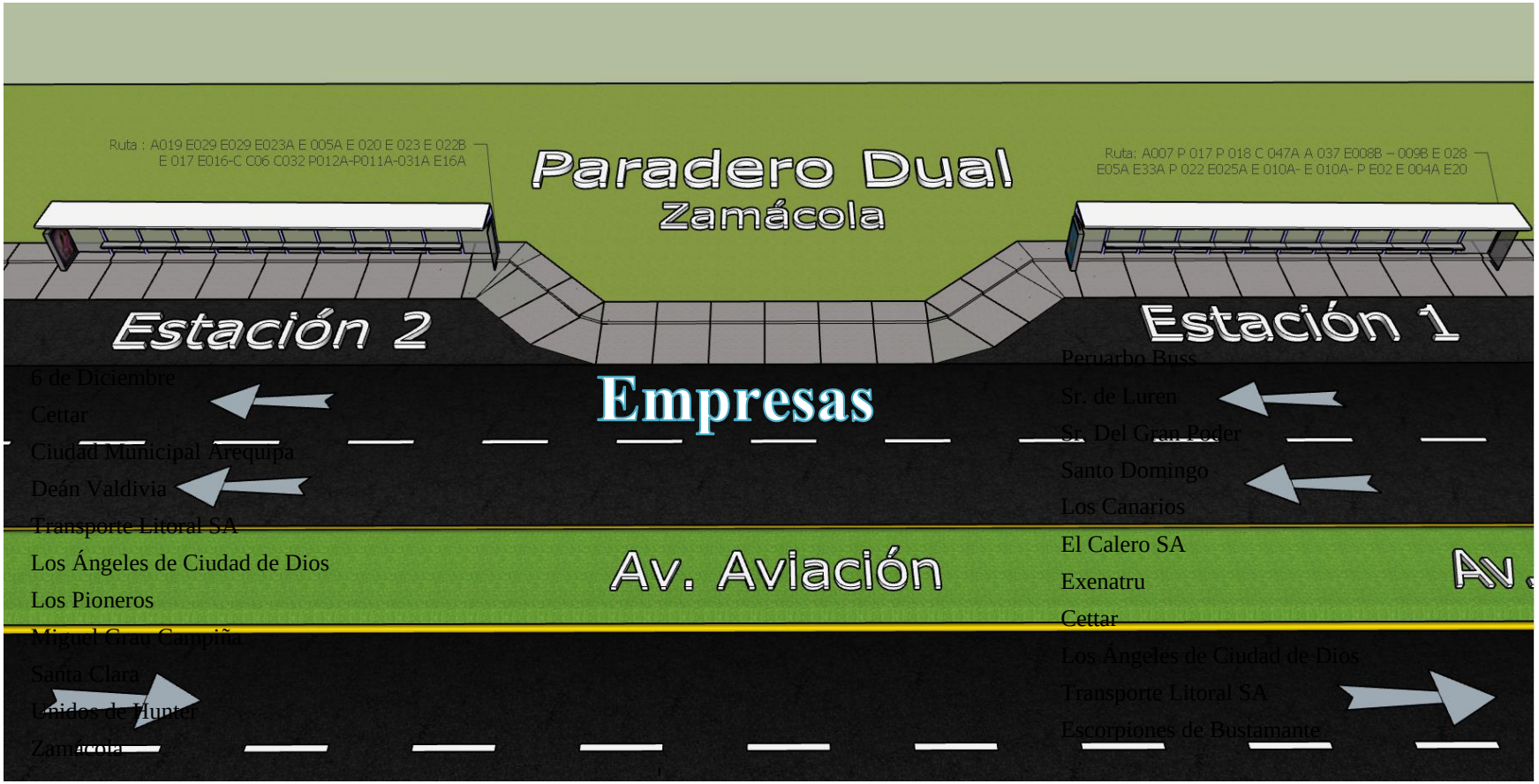


Ilustración 159: Propuesta - Asignación de rutas a las estaciones del paradero dual Zamácola

A continuación presento imágenes de lo que sería el paradero de Zamácola de implementarse la propuesta, en los demás paraderos duales ya no mostraré las imágenes, solo indicaré las características de cada uno de estos.

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

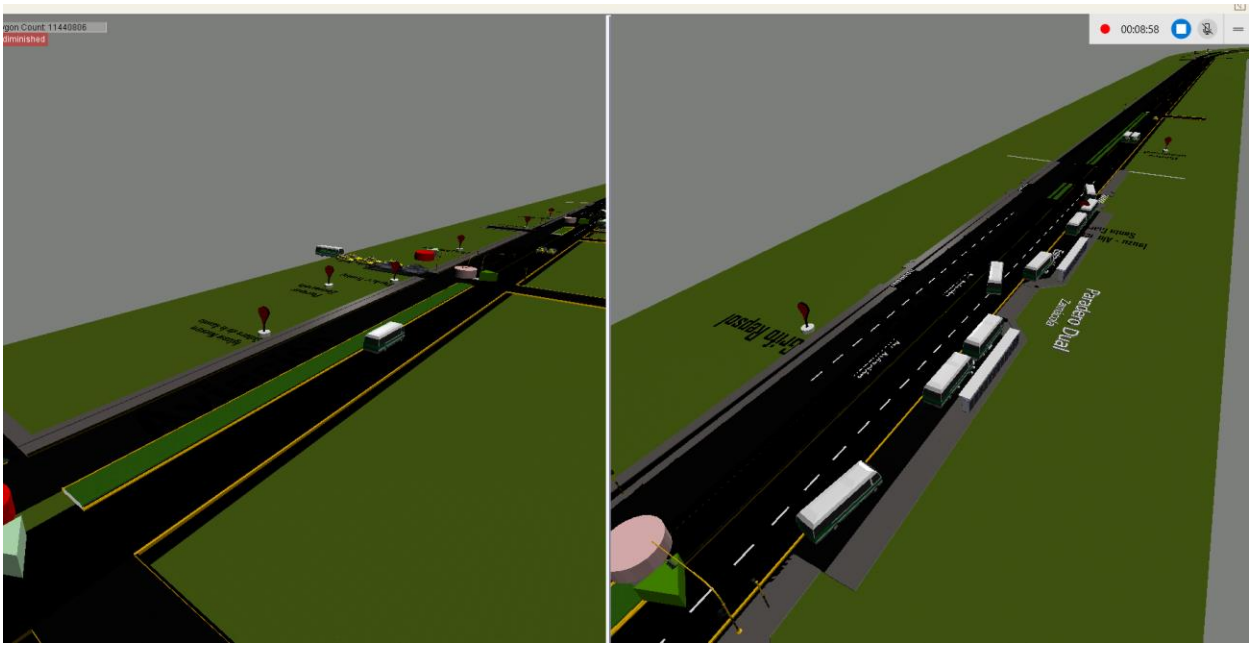


Ilustración 160: Situación con la implementación de la mejora - 1

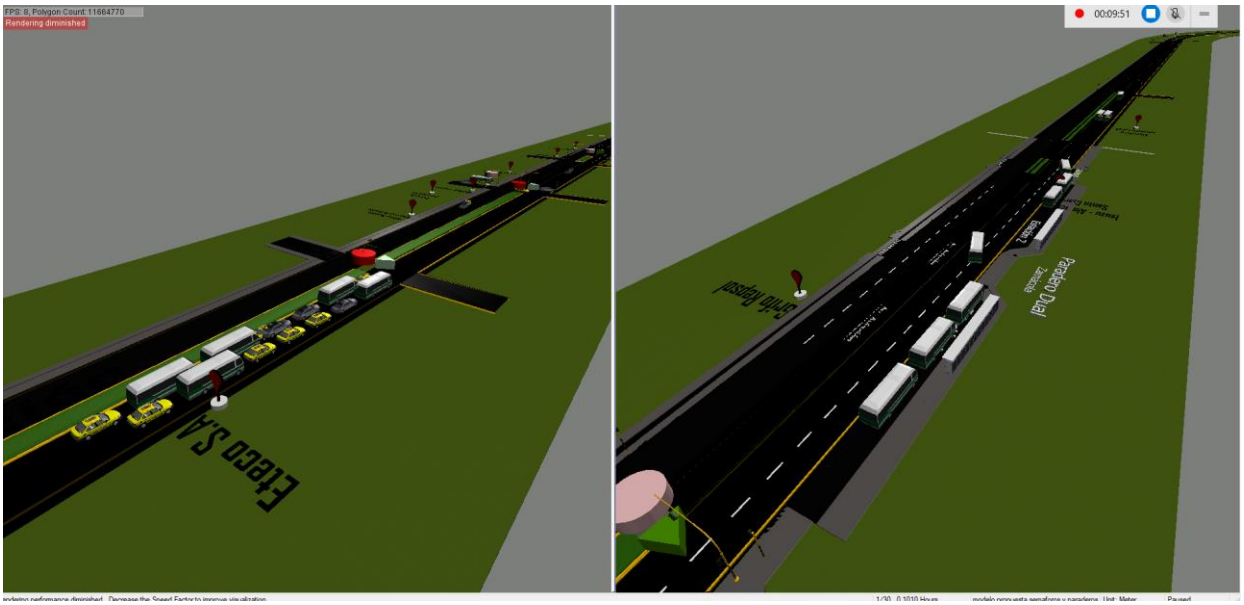


Ilustración 161: Situación con la implementación de la mejora - 2

5.2.2.4 Paradero Dual Cerro Viejo

En este punto se tiene una alta afluencia de público y es donde convergen varias líneas de transporte, ideal para un paradero Dual, el problema es que la acera es pequeña y no tiene espacio

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

para un carril adicional, pero felizmente, la pista es lo suficientemente grande como para acomodar 3 carriles, entonces la soluciones está en implementar el tercer carril como paradero, aquí cabe mencionar que la estación la pondré después del semáforo existente una cuadra abajo del antiguo paradero, la ubicación exacta será:

- Estación 1:https://goo.gl/maps/DJ5DNVrHJBw
- Estación 2: https://goo.gl/maps/2mprzmc3gdH2

La asignación de rutas a cada estación del paradero dual será:

Paradero Dual Cerro Viejo	**Avenida Pumacahua**	**Paradero 1 - Grupo1**	**https://goo.gl/maps/DJ5DNVrHJBw**
Rutas	Empresa	Circuito principal	Circuito adicional
A019	6 de Diciembre	Aviación- Pumacahua-Ejército	Progreso Mariano Melgar
E029	Cettar		Progreso Miraflores Mariano Melgar
E029	Ciudad Municipal Arequipa		Progreso Mariano Melgar Paucarpata
E023A	Deán Valdivia		Progreso Miraflores Mariano Melgar
E 005A	transporte Litoral SA		Progreso Venezuela Avelino
E 020	Los Ángeles de Ciudad de Dios		Progreso Mariano Melgar
E 023	Los Pioneros		Progreso- Venezuela-Ferroviarios
E 022B	Los Pioneros		Progreso- Venezuela-Ferroviarios
E 017	Miguel Grau Campiña		Progreso-Venezuela
E016-C C06	Miguel Grau Campiña		Progreso- Paucarpata
C032	Santa Clara		Progreso- Paucarpata
P012A-P011A-031A	Unidos de Hunter		Progreso-Venezuela- Hunter

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

E16A	Zamácola		Seguro-Paucarpata

Tabla 76: Asignación de rutas a la estación 1 del paradero dual de Cerro Viejo

Paradero Dual Cerro Viejo	**Avenida Pumacahua**	**Paradero 2- Grupo 2**	**https://goo.gl/maps/DJ5DNVrHJBw**
Rutas	Empresa	Circuito principal	Circuito adicional
A007	6 de Diciembre	Pumacahua-Ejército-Los Arces - Católica	Tasahuayo Socabaya
P 017	Peruarbo Buss		Goyeneche - Miraflores
P 018	Peruarbo Buss		Socabaya
C 047A	Sr. de Luren		Goyeneche- Paucarpata
A 037	Sr. Del Gran Poder		Estados Unidos- Paucarpata
C019	Christus		Goyeneche - Miraflores-Paucarpata
E008B – 009B	Santo Domingo	Pumacahua- Ejército	Bolívar
E 028	Los Canarios		Bolívar Avelino Socabaya
E05A	El Calero SA		Bolívar - Av. Parra
E33A	Exenatru		Bolívar Socabaya
P 022	Cettar		Bolívar Parra Hunter
E025A	Cettar		Bolívar Bustamante
E 010A- E 010A- P E02	Los Ángeles de Ciudad de Dios		Bolívar Avelino
E 004A	Transporte Litoral SA		Bolívar-Avelino
E06A	Cerro Colorado SA		Bolívar
A 028	Cotaspa SA		Bolívar-Ormeño-Socabaya
E 018A-E 014- E 015	Sr. de Lampa		Bolívar

Tabla 77: Asignación de rutas a la estación 2 del paradero dual de Cerro Viejo

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

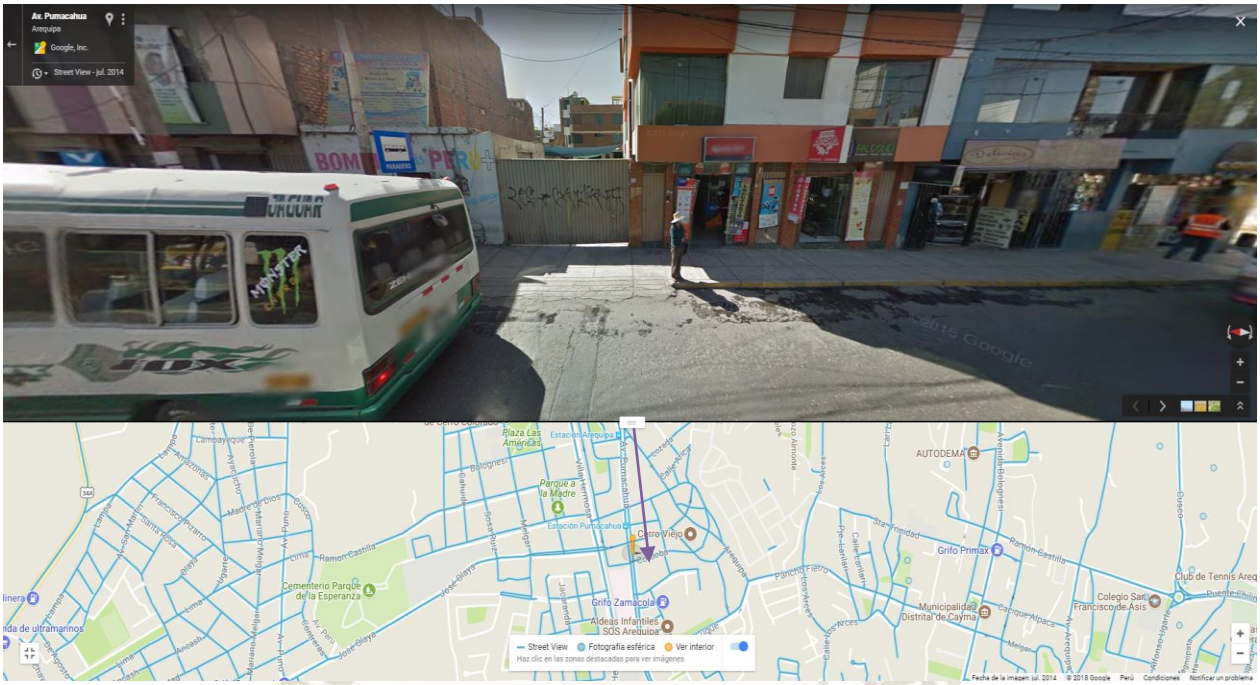


Ilustración 162: Situación actual paradero Cerro Viejo

La propuesta del paradero dual es:

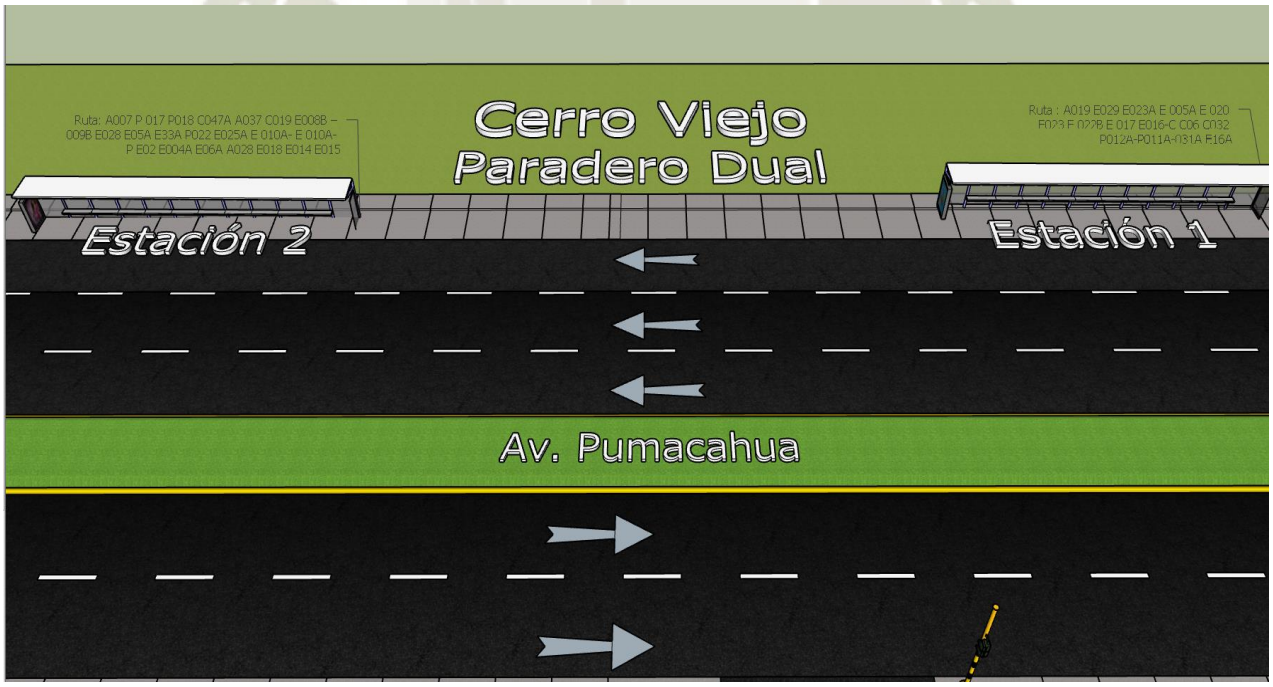


Ilustración 163: Propuesta asignación de rutas a los paraderos duales Cerro Viejo

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

5.2.2.5 Paradero Dual Circunvalación

En este punto nuevamente se tiene una alta afluencia de público, aquí convergen las líneas que vienen de la avenida Aviación y las que vienen de Pachacutec. La cantidad de usuarios y empresas hace necesario la existencia de un paradero Dual, la inconveniencia es que no hay el adecuado espacio para que el paradero Dual cumpla con las características mencionadas, principalmente porque pocos metros después del semáforo existente entre la intercepción de la avenida Pumacahua y la Av. Circunvalación la vía se acorta, pasando de 2 carriles a tan solo 1 en la Av. Prolongación Ejército, veamos la siguiente imagen:



Ilustración 164: Situación actual Paradero Circunvalación Av. Pumacahua

Para solucionar esto pondré un paradero dual en dos partes el primero antes del semáforo y el segundo después, ver la Ilustración 165.

Las ubicaciones exactas de las estaciones en el paradero son:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- Estación 1: https://goo.gl/maps/7qaaM3uiH7m
- Estación 2: https://goo.gl/maps/Ssv9eULNQMF2

Después del análisis de las rutas la asignación quedaría de la siguiente forma:

Paradero Dual Circunvalación	**Avenida Pumacahua**	**Paradero 1 - Grupo1**	**https://goo.gl/maps/7qaaM3uiH7m**
Rutas	Empresa	Circuito principal	Circuito adicional
A019	6 de Diciembre	Aviación-Pumacahua- Ejército	Progreso Mariano Melgar
E029	Cettar		Progreso Miraflores Mariano Melgar
E029	Ciudad Municipal Arequipa		Progreso Mariano Melgar Paucarpata
E023A	Deán Valdivia		Progreso Miraflores Mariano Melgar
E 005A	Transporte Litoral SA		Progreso Venezuela Avelino
E 020	Los Ángeles de Ciudad de Dios		Progreso Mariano Melgar
E 023	Los Pioneros		Progreso- Venezuela-Ferroviarios
E 022B	Los Pioneros		Progreso- Venezuela-Ferroviarios
E 017	Miguel Grau Campiña		Progreso-Venezuela
E016-C C06	Miguel Grau Campiña		Progreso- Paucarpata
C032	Santa Clara		Progreso- Paucarpata
P012A-P011A-031A	Unidos de Hunter		Progreso-Venezuela- Hunter
E16A	Zamácola		Seguro-Paucarpata

Tabla 78: Asignación de rutas y empresas a la estación 1 del paradero Circunvalación

Paradero Dual Circunvalación	**Avenida Pumacahua**	**Paradero 2- Grupo 2**	**https://goo.gl/maps/Ssv9eULNQMF2**
Rutas	Empresa	Circuito principal	Circuito adicional
A007	6 de Diciembre	Pumacahua-Ejército-Los Arces - Católica	Tasahuayo Socabaya
P 017	Peruarbo Buss		Goyeneche - Miraflores
P 018	Peruarbo Buss		Socabaya

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

C 047A	Sr. de Luren		Goyeneche- Paucarpata
A 037	Sr. Del Gran Poder		Ormeño Estados Unidos- Paucarpata
C019	Christus		Goyeneche - Miraflores-Paucarpata
Ruta C 027	Cotum		Vallecito Ormeño Estados Unidos
Ruta C 028	Cotum		Ormeño Estados Unidos
E008B – 009B	Santo Domingo	Pumacahua- Ejército	Bolívar
E 028	Los Canarios		Bolívar Avelino Socabaya
E05A	El Calero SA		Bolívar - Av. parra
E33A	Exenatru		Bolívar Socabaya
P 022	Cettar		Bolívar Parra Hunter
E025A	Cettar		Bolívar Bustamante
E 010A- E 010A- P E02	Los Ángeles de Ciudad de Dios		Bolívar Avelino
E 004A	Transporte Litoral SA		Bolívar-Avelino
E06A	Cerro Colorado SA		Bolívar
A 028	Cotaspa SA		Bolívar-Ormeño-Socabaya
E 018A-E 014-E 015	Sr. de Lampa		Bolívar

Tabla 79: Asignación de rutas y empresas a la estación 2 del paradero Circunvalación

La propuesta de este paradero dual quedaría de la siguiente forma:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

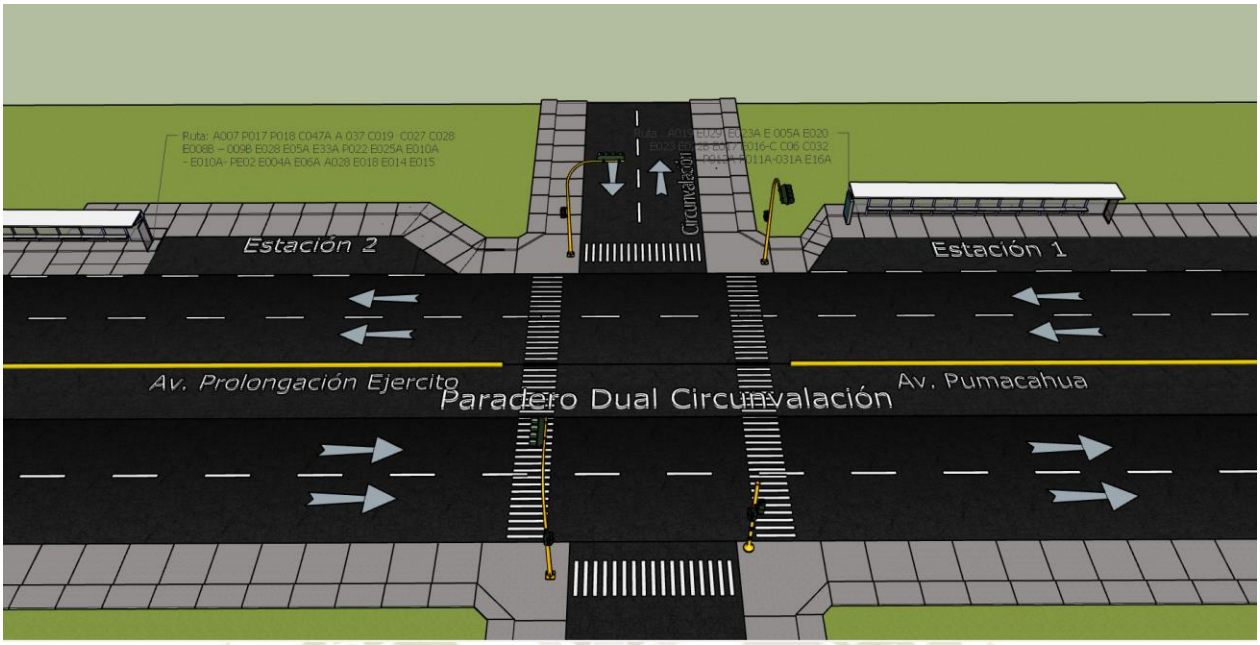


Ilustración 165: Propuesta paradero dual Circunvalación

5.2.2.6 Paradero Dual Caja Tacna

En este punto tenemos una alta afluencia de vehículos de transporte público, así como una alta demanda por parte de los usuarios, características principales para proponer un paradero dual, considerando además que existe el espacio apropiado para poner el tercer carril, resultando ideal la propuesta. Como recomendación adicional propongo sacar el semáforo existente en la zona, Para ver la situación actual veamos la siguiente imagen:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

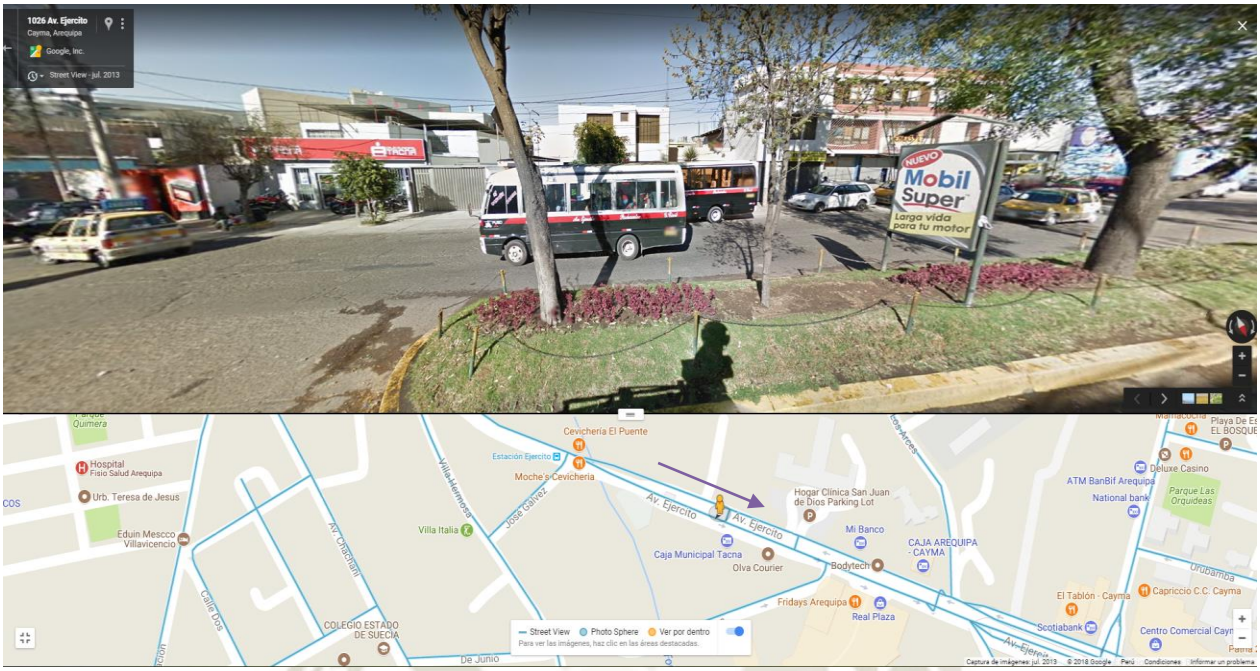


Ilustración 166: situación actual paradero caja Tacna

La ubicación de las estaciones en el paradero dual quedaría así:

- Estación 1: https://goo.gl/maps/kHuxK1hLegB2
- Estación 2: https://goo.gl/maps/Agma3Jfum6p

La propuesta de asignación de rutas quedaría de la siguiente forma:

Paradero Dual Caja Tacna	**Avenida Pumacahua**	**Paradero 1 - Grupo1**	**https://goo.gl/maps/kHuxK1hLegB2**
Rutas	Empresa	Circuito principal	Circuito adicional
A019	6 de Diciembre	Aviación-Pumacahua- Ejército	Progreso Mariano Melgar
E029	Cettar		Progreso Miraflores Mariano Melgar
E029	Ciudad Municipal Arequipa		Progreso Mariano Melgar Paucarpata
E023A	Deán Valdivia		Progreso Miraflores Mariano Melgar
E 005A	Transporte Litoral SA		Progreso Venezuela Avelino

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

E 020	Los Ángeles de Ciudad de Dios		Progreso Mariano Melgar
E 023	Los Pioneros		Progreso- Venezuela-Ferroviarios
E 022B	Los Pioneros		Progreso- Venezuela-Ferroviarios
E 017	Miguel Grau Campiña		Progreso-Venezuela
E016-C C06	Miguel Grau Campiña		Progreso- Paucarpata
C032	Santa Clara		Progreso- Paucarpata
P012A-P011A-031A	Unidos de Hunter		Progreso-Venezuela- Hunter
E16A	Zamácola		Seguro-Paucarpata

Tabla 80: asignación de rutas de la estación 1 del paradero dual Caja Tacna

Paradero Dual Caja Tacna	**Avenida Pumacahua**	**Paradero 2- Grupo 2**	**https://goo.gl/maps/Agma3Jfum6p**
Rutas	Empresa	Circuito principal	Circuito adicional
A007	6 de Diciembre	Pumacahua-Ejército-Los Arces - Católica	Tasahuayo Socabaya
P 017	Peruarbo Buss		Goyeneche - Miraflores
P 018	Peruarbo Buss		Socabaya
C 047A	Sr. de Luren		Goyeneche- Paucarpata
A 037	Sr. Del Gran Poder		Ormeño Estados Unidos-Paucarpata
C019	Christus		Goyeneche - Miraflores-Paucarpata
Ruta C 027	**Cotum**		Vallecito Ormeño Estados Unidos
Ruta C 028	**Cotum**		Ormeño Estados Unidos
E008B – 009B	Santo Domingo	Pumacahua-Ejército	Bolívar
E 028	Los Canarios		Bolívar Avelino Socabaya
E05A	El Calero SA		Bolívar - Av. parra
E33A	Exenatru		Bolívar Socabaya
P 022	Cettar		Bolívar Parra Hunter
E025A	Cettar		Bolívar Bustamante
E 010A- E 010A- P E02	Los Ángeles de Ciudad de Dios		Bolívar Avelino

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

E 004A	Transporte Litoral SA		Bolívar-Avelino
E06A	Cerro Colorado SA		Bolívar
A 028	Cotaspa SA		Bolívar-Ormeño-Socabaya
E 018A-E 014-E 015	Sr. de Lampa		Bolívar

Tabla 81: Asignación de rutas de la estación 2 del paradero dual Caja Tacna

La propuesta de cómo quedaría el paradero sería:

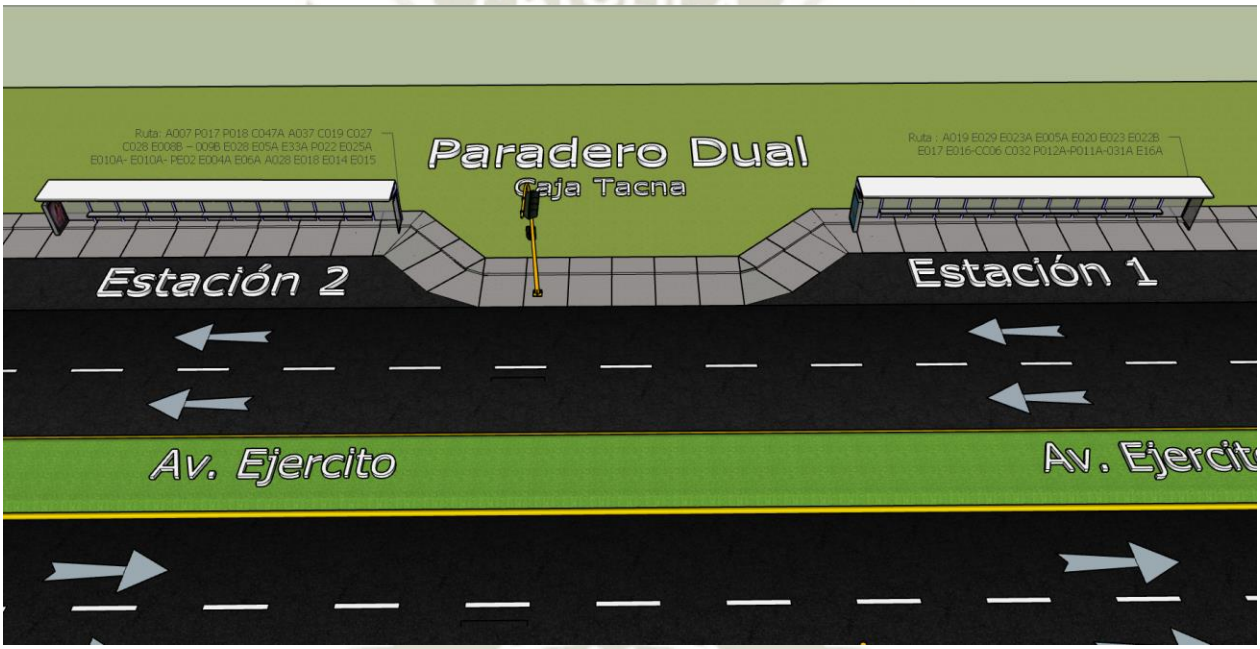


Ilustración 167: Propuesta paradero dual Caja Tacna

5.2.2.7 Paradero Dual Entel

Este paradero dual tiene una alta demanda por parte de los usuarios, principalmente porque muy cerca está el centro comercial Real Plaza, además existe el espacio suficiente para crear un tercer carril, por otro lado, este punto es sumamente importante porque representa el lugar donde se bifurcan las rutas propuestas, es decir, los vehículos que tienen la ruta *Pumacahua Ejército*

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Real Plaza los Arces, utilizan justamente esta Calle (*Los arces*) para salirse de la vía de estudio, veamos la siguiente imagen donde, además de lo explicado, notamos la situación actual.

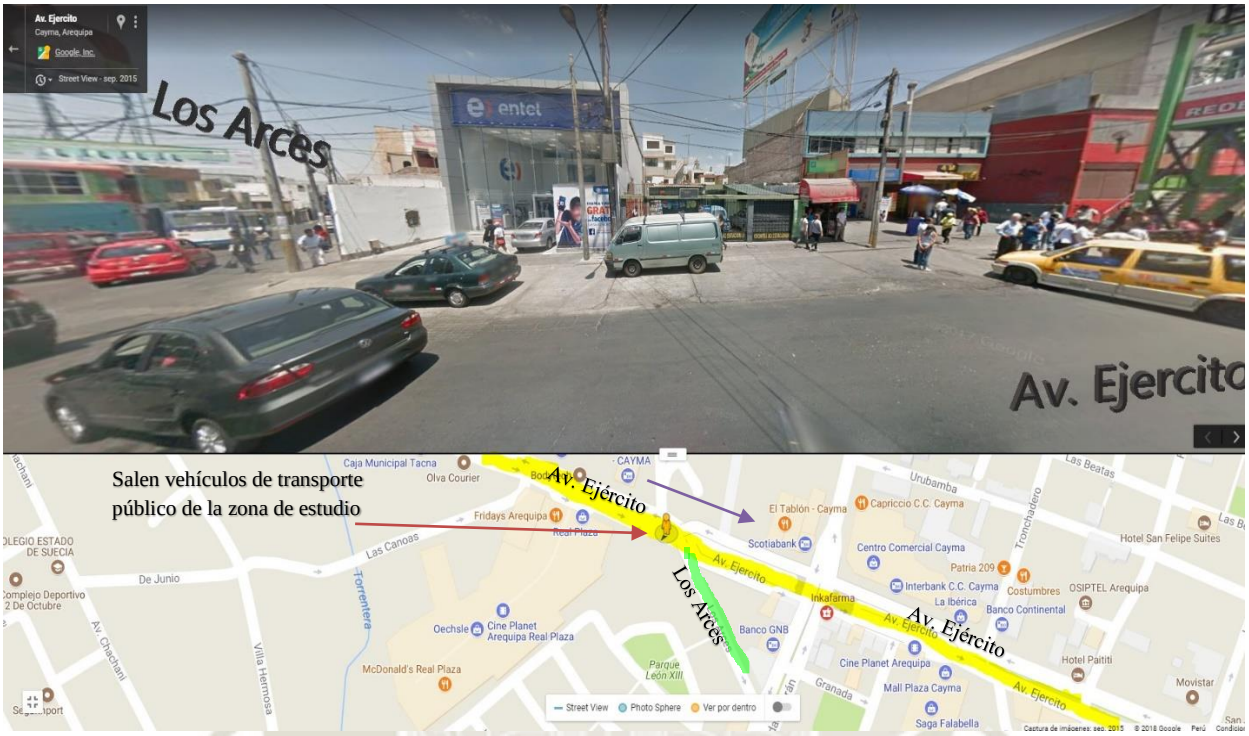


Ilustración 168: Situación Actual los Paradero Entel

Entonces explicadas las características de la zona, la distribución de las estaciones en el paradero quedaría de la siguiente manera:



Ilustración 169: Propuesta ubicación de las estaciones del paradero dual Entel

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Según esto, y de acuerdo a las rutas que veníamos manejando, la estación 1 del paradero estaría en la avenida Ejército mientras que la estación 2 tendría que estar en la calle Los Arces

Nótese que, la asignación final de rutas tiene que cambiar pues los vehículos que estén en la ruta *Pumacahua- Ejército- Real Plaza- Los Arces* tienen que irse, obviamente, por Los arces, mientras que los vehículos que siguen la ruta *Pumacahua- Ejército- La Marina* obligatoriamente tienen que quedarse en la estación 1, la asignación final quedaría de la siguiente manera:

Paradero Dual Entel	**Avenida Pumacahua**	**Paradero 1 - Grupo1**	https://goo.gl/maps/aacUCVGw9dT2
Rutas	Empresa	Circuito principal	Circuito adicional
A019	6 de Diciembre	Ejército	Progreso Mariano Melgar
E029	Cettar		Progreso Miraflores Mariano Melgar
E029	Ciudad Municipal Arequipa		Progreso Mariano Melgar Paucarpata
E023A	Deán Valdivia		Progreso Miraflores Mariano Melgar
E 005A	Transporte Litoral SA		Progreso Venezuela Avelino
E 020	Los Ángeles de Ciudad de Dios		Progreso Mariano Melgar
E 023	Los Pioneros		Progreso- Venezuela- Ferroviarios
E 022B	Los Pioneros		Progreso- Venezuela- Ferroviarios
E 017	Miguel Grau Campiña		Progreso-Venezuela
E016-C C06	Miguel Grau Campiña		Progreso- Paucarpata
C032	Santa Clara		Progreso- Paucarpata
P012A-P011A-031A	Unidos de Hunter		Progreso-Venezuela- Hunter
E16A	Zamácola		Seguro-Paucarpata
E008B – 009B	Santo Domingo	Ejército	Bolívar
E 028	Los Canarios		Bolívar Avelino Socabaya
E05A	El Calero SA		Bolívar - Av. parra
E33A	Exenatru		Bolívar Socabaya

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

P 022	Cettar		Bolívar Parra Hunter
E025A	Cettar		Bolívar Bustamante
E 010A- E 010A-P E02	Los Ángeles de Ciudad de Dios		Bolívar Avelino
E 004A	Transporte Litoral SA		Bolívar-Avelino
E06A	Cerro Colorado SA		Bolívar
A 028	Cotaspa SA		Bolívar-Ormeño-Socabaya
E 018A-E 014- E 015	Sr. de Lampa		Bolívar

Tabla 82: Asignación de rutas a la estación 1 del paradero dual Entel

Paradero Dual Entel	**Avenida Pumacahua**	**Paradero 2- Grupo 2**	**https://goo.gl/maps/V2GtoMzPfd32**
Rutas	Empresa	Circuito principal	Circuito adicional
A007	6 de Diciembre	Ejército-Los Arces - Católica	Tasahuayo Socabaya
P 017	Peruarbo Buss		Goyeneche - Miraflores
P 018	Peruarbo Buss		Socabaya
C 047A	Sr. de Luren		Goyeneche- Paucarpata
A 037	Sr. Del Gran Poder		Ormeño Estados Unidos-Paucarpata
C019	Christus		Goyeneche - Miraflores-Paucarpata
Ruta C 027	Cotum		Vallecito Ormeño Estados Unidos
Ruta C 028	Cotum		Ormeño Estados Unidos

Tabla 83: Asignación de rutas a la estación 2 del paradero dual Entel

Las ubicaciones de las estaciones del paradero son:

- Estación 1: https://goo.gl/maps/aacUCVGw9dT2
- Estación 2: https://goo.gl/maps/V2GtoMzPfd32

La propuesta para el paradero quedaría así:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA



Ilustración 170: Propuesta paradero dual Entel

5.2.2.8 Paradero Dual Claro

Continuemos con el análisis, este paradero tiene una alta afluencia de usuarios porque tiene muy cerca a los centros comerciales Mall Plaza y Metro, este paradero cuenta con la ventaja de tener el espacio para construir un tercer carril, adicionalmente por aquí circulan muchas empresas de transporte público, todas estas características hacen propicio la implementación de un paradero dual en este lugar. Cabe mencionar también que en este punto no existe semáforos como si había en otros paraderos mencionados. La ubicación y la situación actual es la siguiente:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

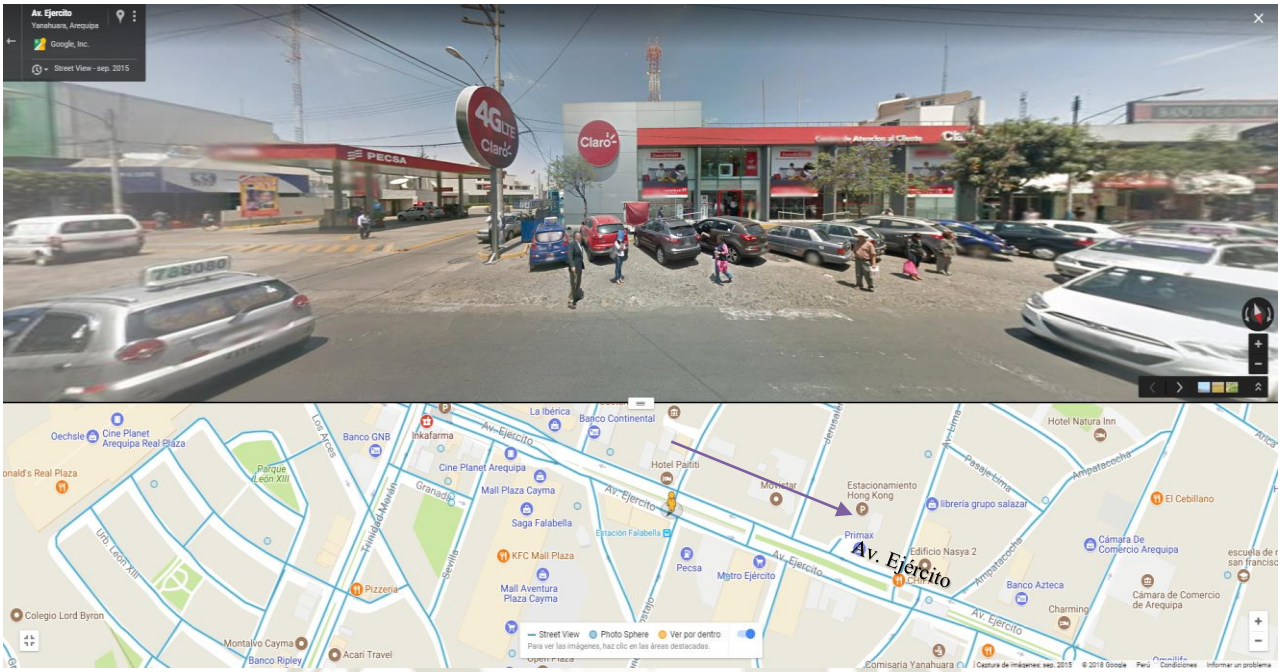


Ilustración 171: Situación actual paradero Claro

Las ubicaciones de las estaciones del paradero son:

- Estación 1: https://goo.gl/maps/V2GtoMzPfd32
- Estación 2: https://goo.gl/maps/1YBhaAUTtgK2

Para la asignación de rutas a los paraderos tengo que indicar que, así como varias líneas de transporte salen de mi zona de estudio también otras ingresan, mencionado esto la asignación de rutas a los paraderos quedaría de la siguiente manera:

Paradero Dual Claro	**Avenida Pumacahua**	**Paradero 1 - Grupo1**	**https://goo.gl/maps/V2GtoMzPfd32**
Rutas	Empresa	Circuito principal	Circuito adicional
A019	6 de Diciembre	Ejército	Progreso Mariano Melgar
E029	Cettar		Progreso Miraflores Mariano Melgar
E029	Ciudad Municipal Arequipa		Progreso Mariano Melgar Paucarpata

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

E023A	Deán Valdivia		Progreso Miraflores Mariano Melgar
E 005A	Transporte Litoral SA		Progreso Venezuela Avelino
E 020	Los Ángeles de Ciudad de Dios		Progreso Mariano Melgar
E 023	Los Pioneros		Progreso- Venezuela-Ferroviarios
E 022B	Los Pioneros		Progreso- Venezuela-Ferroviarios
E 017	Miguel Grau Campiña		Progreso-Venezuela
E016-C C06	Miguel Grau Campiña		Progreso- Paucarpata
C032	Santa Clara		Progreso- Paucarpata
P012A-P011A-031A	Unidos de Hunter		Progreso-Venezuela- Hunter
E16A	Zamácola		Seguro-Paucarpata
A029A	**Cotaspa SA**		Seguro-Independencia- Socabaya
E 026	**Deán Valdivia SA**		Seguro- Puno-Venezuela
E 26A	**Florián**		Seguro- Puno-Venezuela

Tabla 84: Asignación de rutas estación 1 del paradero dual Claro

Paradero Dual Claro	**Avenida Pumacahua**	**Paradero 2-Grupo 2**	**https://goo.gl/maps/1YBhaAUTtgK2**
Rutas	Empresa	Circuito principal	Circuito adicional
E008B – 009B	Santo Domingo	Ejército	Bolívar
E 028	Los Canarios		Bolívar Avelino Socabaya
E05A	El Calero SA		Bolívar - Av. parra
E33A	Exenatru		Bolívar Socabaya
P 022	Cettar		Bolívar Parra Hunter
E025A	Cettar		Bolívar Bustamante
E 010A- E 010A- P E02	Los Ángeles de Ciudad de Dios		Bolívar Avelino
E 004A	Transporte Litoral SA		Bolívar-Avelino
E06A	Cerro Colorado SA		Bolívar
A 028	Cotaspa SA		Bolívar-Ormeño-Socabaya
E 018A-E 014-E 015	Sr. de Lampa		Bolívar
A007	6 de Diciembre	Ejército	Emmel -Católica -Tasahuayo - Socabaya

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Tabla 85: Asignación de rutas estación 1 del paradero dual Claro

La propuesta quedaría de la siguiente forma:

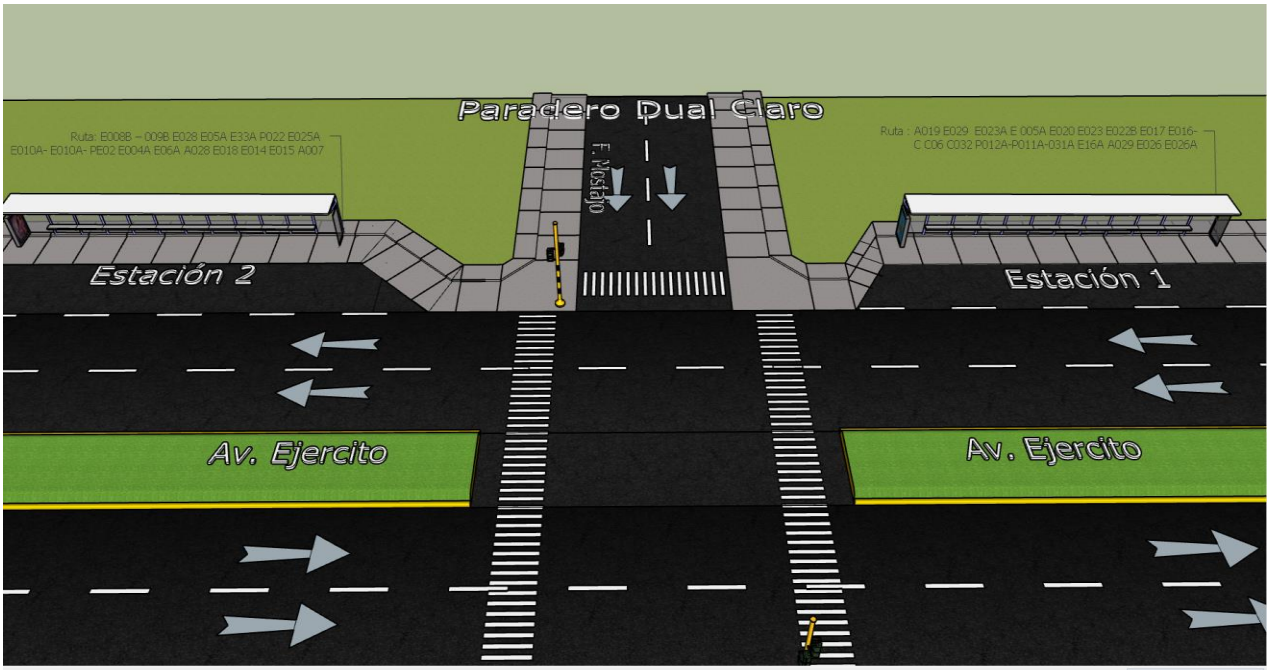


Ilustración 172: Propuesta paradero Dual Claro

5.2.2.9 Paradero Dual Recoleta

Este representa el último paradero dual dentro de mi propuesta, la afluencia de público es media alta, tiene la ventaja de tener espacio para asignar uno de sus 3 carriles para uso exclusivo del paradero, la desventaja es que no se cumple la premisa de poner el paradero después del semáforo, puesto que después de este continua la calle *bajo Grau* que representa una vía rápida con el espacio justo para 2 carriles, veamos la ubicación y la situación actual:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

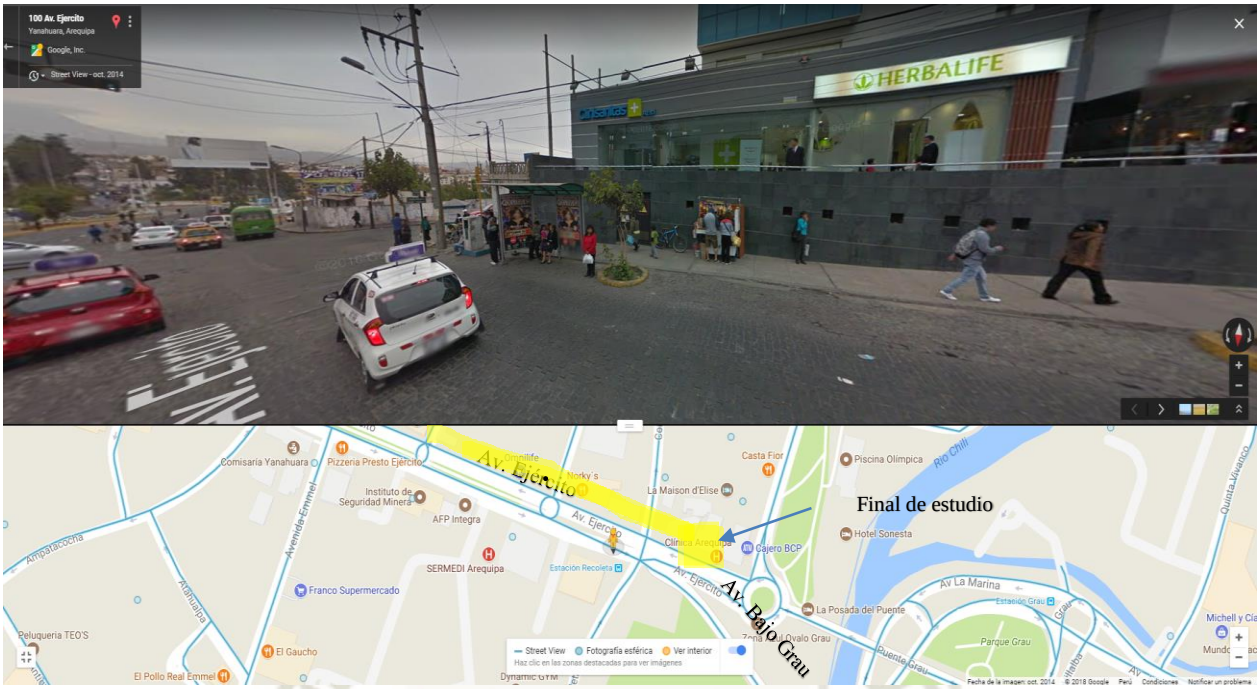


Ilustración 173: Situación actual Paradero Recoleta

Las ubicaciones de las estaciones del paradero quedarían:

- Estación 1: https://goo.gl/maps/RG5CzYqVe1u
- Estación 2: https://goo.gl/maps/hNzF3QPnTiy

Aquí considero importante mencionar que unos cuantos vehículos de transporte público salen en la calle *Emmel* y que otros cuantos entran de la misma calle hacia la avenida en estudio. Por lo tanto, la asignación de rutas quedaría de la siguiente forma:

Paradero Dual Recoleta	**Avenida Pumacahua**	**Paradero 1 - Grupo1**	**https://goo.gl/maps/RG5CzYqVe1u**
Rutas	Empresa	Circuito principal	Circuito adicional
A019	6 de Diciembre	Ejército	Progreso Mariano Melgar
E029	Cettar		Progreso Miraflores Mariano Melgar
E029	Ciudad Municipal Arequipa		Progreso Mariano Melgar Paucarpata

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

E023A	Deán Valdivia		Progreso Miraflores Mariano Melgar
E 005A	Transporte Litoral SA		Progreso Venezuela Avelino
E 020	Los Ángeles de Ciudad de Dios		Progreso Mariano Melgar
E 023	Los Pioneros		Progreso- Venezuela- Ferroviarios
E 022B	Los Pioneros		Progreso- Venezuela- Ferroviarios
E 017	Miguel Grau Campiña		Progreso-Venezuela
E016-C C06	Miguel Grau Campiña		Progreso- Paucarpata
C032	Santa Clara		Progreso- Paucarpata
P012A-P011A-031A	Unidos de Hunter		Progreso-Venezuela- Hunter
E16A	Zamácola		Seguro-Paucarpata
A029A	Cotaspa SA		Seguro-Independencia- Socabaya
E 026	Deán Valdivia SA		Seguro- Puno-Venezuela
E 26A	Florián		Seguro- Puno-Venezuela

Tabla 86: Asignación de Rutas a la Estación 1 del paradero dual Recoleta

Paradero Dual Recoleta	**Avenida Pumacahua**	**Paradero 2- Grupo 2**	https://goo.gl/maps/hNzF3QPnTiy
Rutas	Empresa	Circuito principal	Circuito adicional
E008B – 009B	Santo Domingo	Ejército	Bolívar
E 028	Los Canarios		Bolívar Avelino Socabaya
E05A	El Calero SA		Bolívar - Av. parra
E33A	Exenatru		Bolívar Socabaya
P 022	Cettar		Bolívar Parra Hunter
E025A	Cettar		Bolívar Bustamante
E 010A- E 010A- P E02	Los Ángeles de Ciudad de Dios		Bolívar Avelino
E 004A	Transporte Litoral SA		Bolívar-Avelino
E06A	Cerro Colorado SA		Bolívar
A 028	Cotaspa SA		Bolívar-Ormeño-Socabaya
E 018A-E 014-E 015	Sr. de Lampa		Bolívar

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

U03A – U03B-U03C	**Primavera-Tahuaycani**		Bolívar

Tabla 87: Asignación de Rutas a la Estación 2 del paradero dual Recoleta

La propuesta quedaría de la siguiente manera:

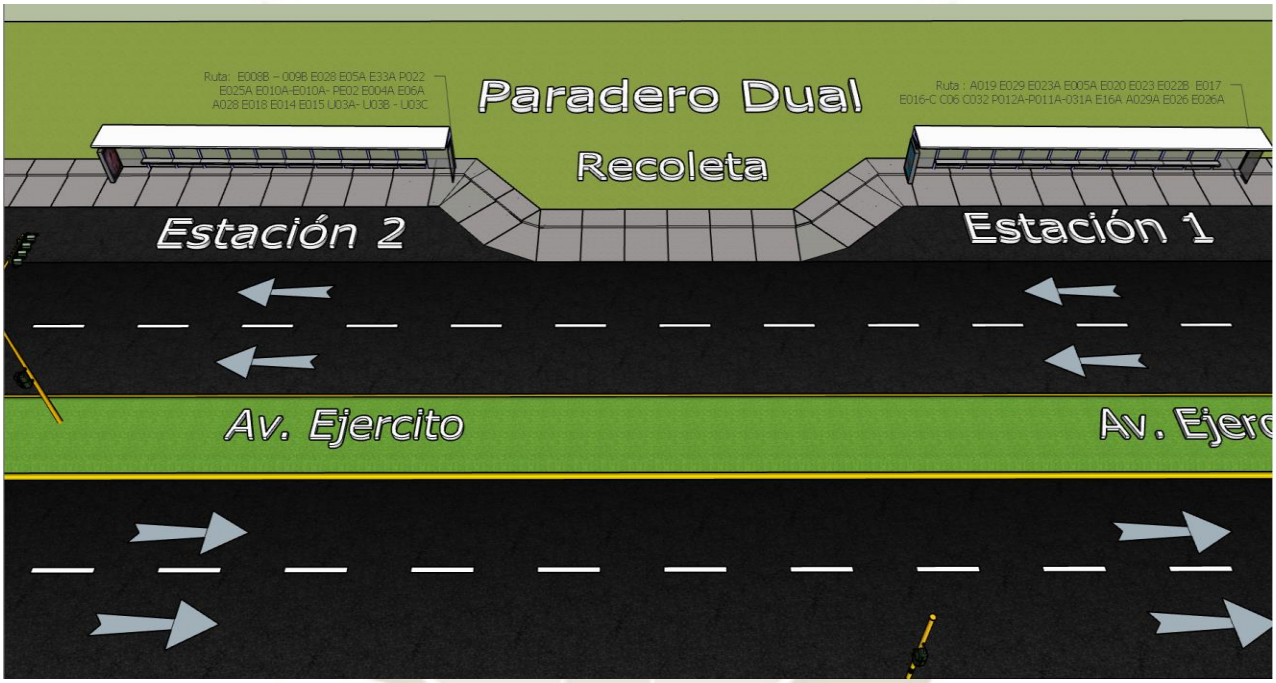


Ilustración 174: Paradero Dual Recoleta

5.2.2.10 Paraderos Normales

Me refiero a los paraderos que son usados actualmente por los vehículos de transporte y que no tiene una alta afluencia de usuarios. Recordemos que mi propuesta menciono que los paraderos tienen que cumplir 3 características: **Uso del tercer carril, ubicación del paradero después del semáforo y utilizar 2 estaciones para un solo paradero**, como estos paraderos no tienen una alta demanda solo se les aplicará las 2 primeras condiciones.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Dicho esto, agruparé estos paraderos en 2, los paraderos que cumplen las 2 condiciones mencionadas y los paraderos que por sus características físicas solo cumplen solo una de estas condiciones.

5.2.2.10.1Paraderos normales que cumplen las 2 condiciones

La propuesta para estos paraderos es la siguiente:

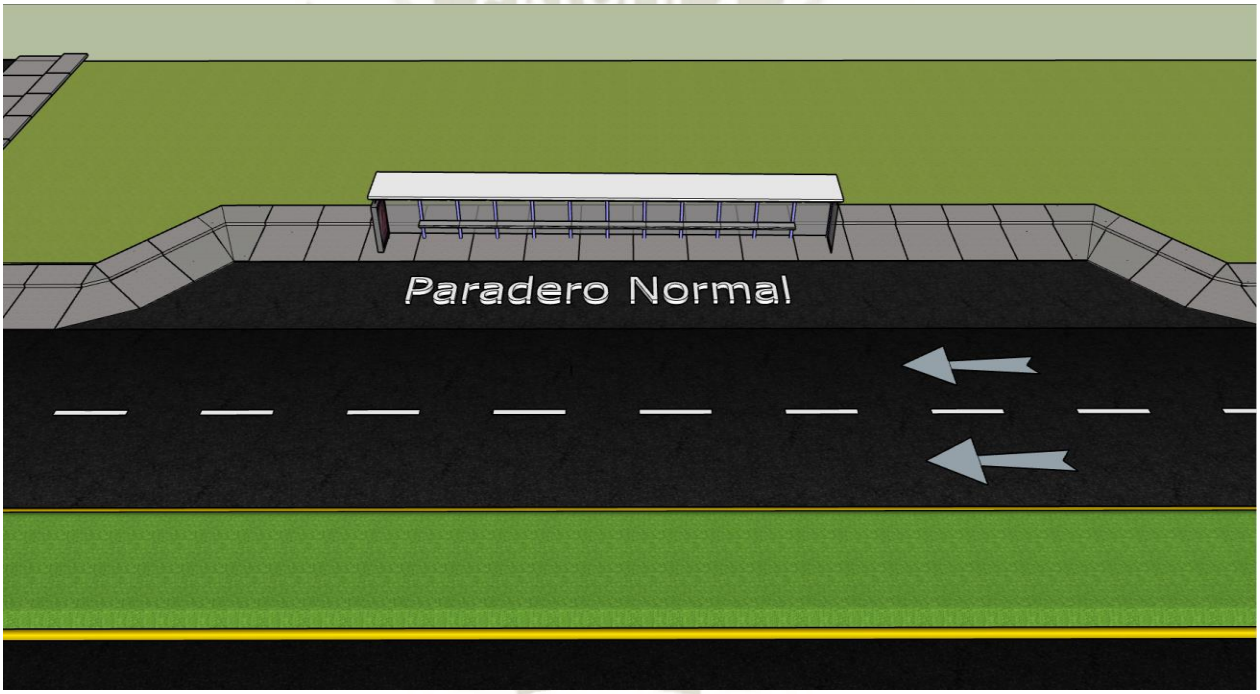


Ilustración 175: Ejemplo del paradero normal 1

Los paraderos que tendrán esta distribución principalmente porque cuentan con el espacio apropiado son:

Paradero	Avenida	Ubicación antigua	Ubicación Propuesta	Cambio de ubicación
Essalud	Aviación	https://goo.gl/maps/NHcJ57R7RTH2	https://goo.gl/maps/NHcJ57R7RTH2	Se mantiene ubicación
Montebello	Aviación	https://goo.gl/maps/JRCuTdMQT552	https://goo.gl/maps/JRCuTdMQT552	Se mantiene ubicación

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Sagrado Corazón	Aviación	https://goo.gl/maps/6WUctDrLdps	https://goo.gl/maps/6WUctDrLdps	Se mantiene ubicación
Cuadros	Aviación	https://goo.gl/maps/nDceRMCwP8B2	https://goo.gl/maps/LVW8xtKf99C2	Cambia ubicación
Femaco	Aviación	https://goo.gl/maps/TNRmQ22RTWK2	https://goo.gl/maps/wpCpBfDwpJm	Se mantiene ubicación
Metro	Aviación	https://goo.gl/maps/2BSNgZ4hJZ32	https://goo.gl/maps/uj9npHBWJt92	Cambia ubicación

Tabla 88: Tabla de Ubicaciones de paraderos normales que cumplen 2 condiciones

En la tabla también indico los paraderos que mantendrán su ubicación y aquellos que la cambiarán para cumplir las condiciones propuestas

5.2.2.10.2Paraderos normales que cumplen al menos una condición

Los paraderos mencionados aquí no tienen espacio para cumplir la característica del tercer carril, pero si la condición de estar después del semáforo correspondiente (de existir semáforo en la zona). En sus características físicas los paraderos quedarían tal cual están ahora lo único que cambiarían sería su posición, la propuesta final es:

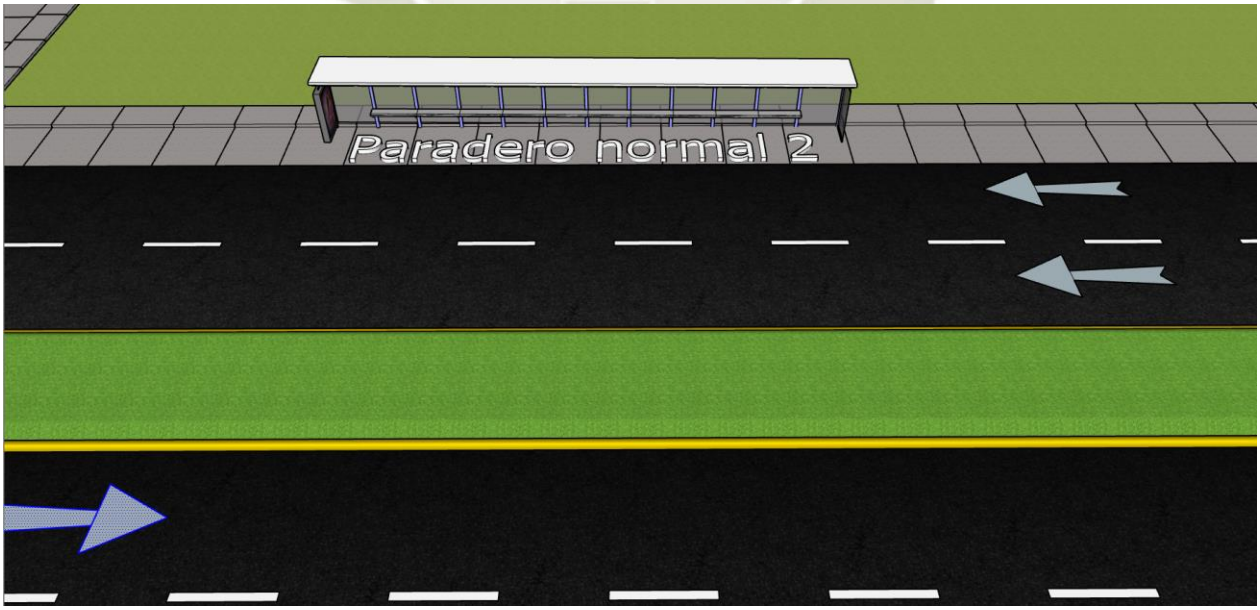


Ilustración 176: Propuesta paradero normal 2

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Los paraderos que cumplirán estas condiciones son:

Paradero	Avenida	Ubicación antigua	Ubicación Propuesta	Cambio de ubicación
Moisés Heresi	Pumacahua	https://goo.gl/maps/tbA33kjz5gM2	https://goo.gl/maps/KMxcizmVnrr	Cambia ubicación
Challapampa	Pumacahua	https://goo.gl/maps/PMdvHQRvKcC2	https://goo.gl/maps/HcF5erGf9t62	Cambia ubicación
Ampatacocha	Ejército	https://goo.gl/maps/sqwXKuTHA522	https://goo.gl/maps/aN12b9kUvBM2	Cambia ubicación

Tabla 89: Tabla de Ubicaciones de paraderos normales que cumplen al menos una condición

Notemos que, todos los paraderos tendrían que cambiar de ubicación.

5.2.3 Modelo de simulación con propuesta de mejora

Entonces esta nueva forma de distribución de los paraderos tenemos que representarla en el modelo de simulación para comparar sus resultados con los del sistema actual. El modelo que representa estos cambios es el siguiente:

La parte del control de semáforos permanece igual, para ver el modelo completo ir al *Anexo 3: Modelo de simulación en Arena "Propuesta para la implementación de paraderos y sincronización de semáforos Av.* Aviación-Pumacahua-Ejército

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

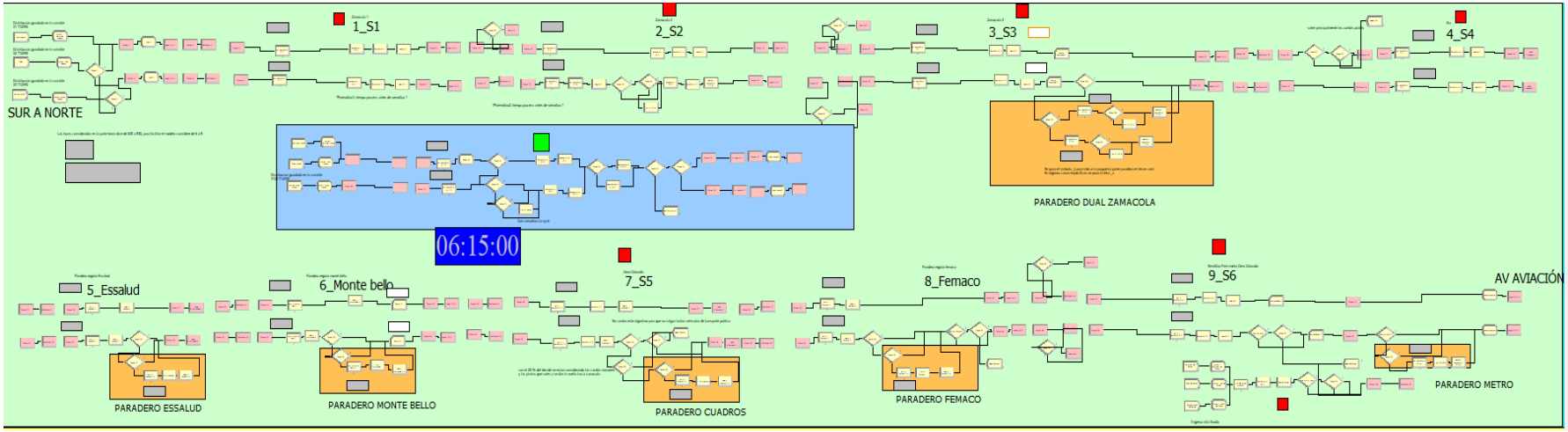


Ilustración 177: Modelo de simulación con la reforma en semáforos y paraderos – Av. Aviación

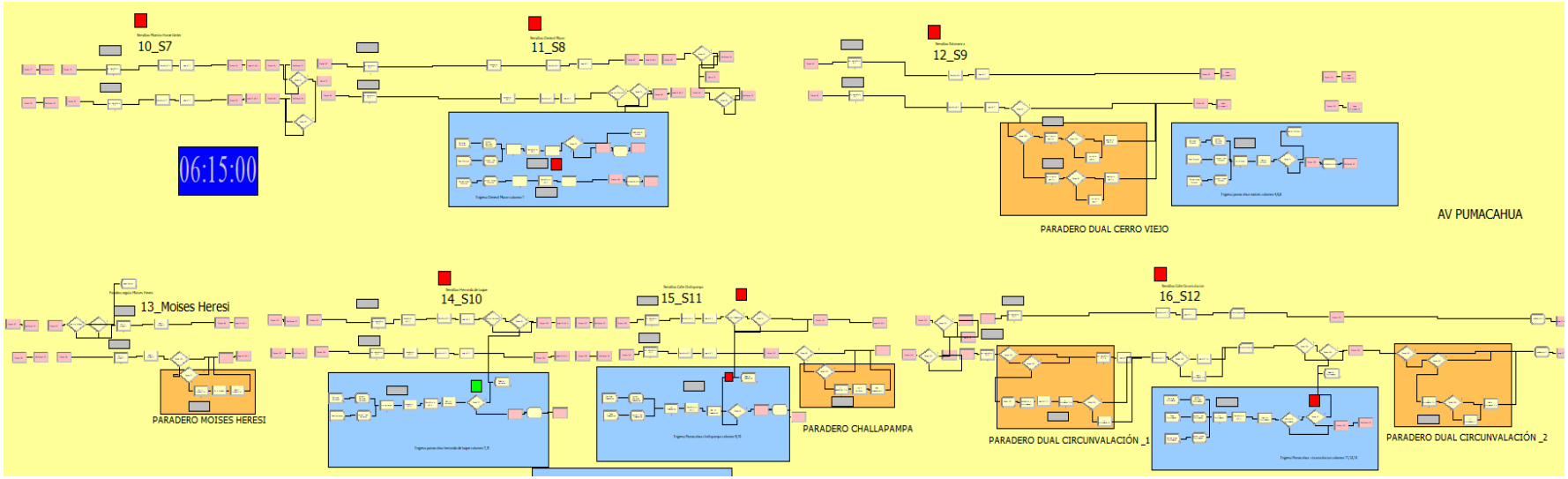
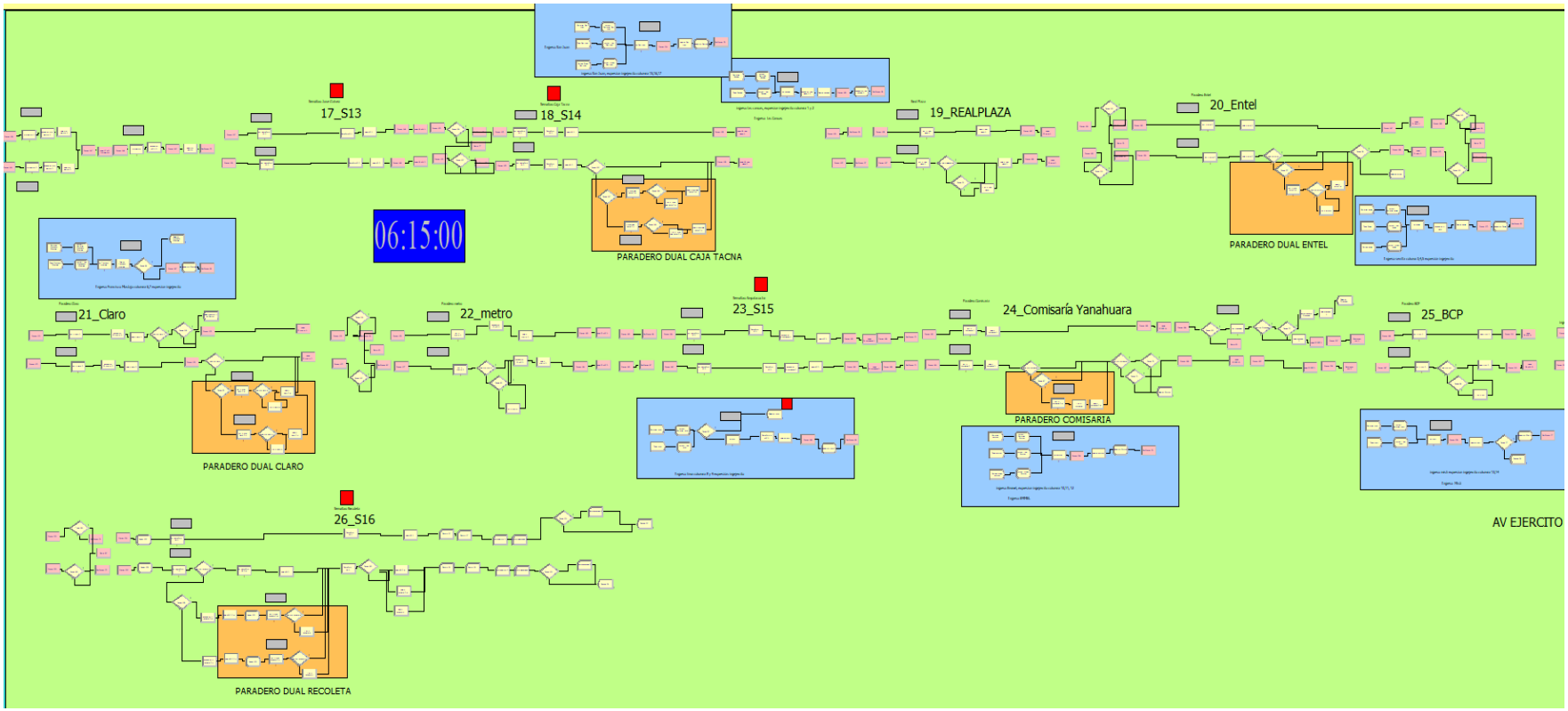


Ilustración 178: Modelo de simulación con la reforma en semáforos y paraderos – Av. Pumacahua



Modelo de simulación con la reforma en semáforos y paraderos – Av. Ejército

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

5.2.4 **Propuesta del tiempo de ciclo para semáforos**

En este punto el objetivo es encontrar el tiempo de ciclo (tiempo rojo, tiempo verde, tiempo amarillo) así como el tiempo de inicio del ciclo para optimizar el flujo vehicular en las avenidas en estudio, el detalle está en que para encontrar esos tiempos adecuados es indispensable analizar las zonas de transito dándole una ponderación a las vías de acuerdo al nivel de importancia que tengan para la transitabilidad. Pondré un ejemplo, en la imagen tenemos la intercepción de la avenida aviación y de la calle cuadros, para maximizar la fluidez en la avenida aviación simplemente podríamos darle al semáforo de la Av. Aviación mucho tiempo en verde y al semáforo de cuadros poco tiempo en rojo, pero esto obviamente provocará que la calle cuadros se congestione y no solo la Cuadros, y a su vez la villa hermosa, porque esta depende de lo que suceda en cuadros, entonces notemos que para cambiar el tiempo de ciclo de un semáforo debemos tener en cuenta las consecuencias que traerá.

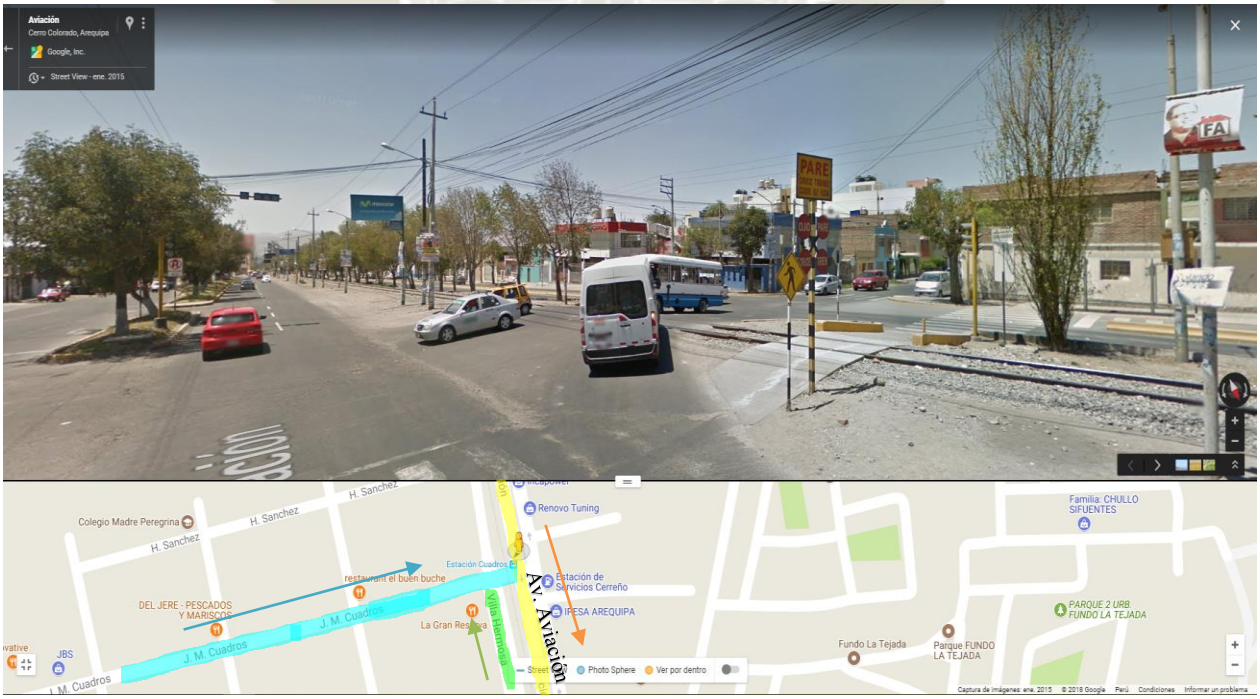


Ilustración 179: Ejemplo variación de tiempos de ciclo de los semáforos

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Entonces, dicho lo anterior, en mi propuesta de tiempos de ciclos de semáforos, solo uniformizaré los tiempos tratando que no haya mucha variación con respecto a los valores actuales, los tiempos de ciclo actuales están en el párrafo 3.6-Semáforos, a continuación muestro una tabla resumen de esos datos:

Número	Tiempo Verde	Tiempo Amarillo	Tiempo Rojo	Tiempo de desfase	Ubicación	Zona de Estudio
S1	63	2	35	0	Zamácola 1	Avenida Aviación
S2	63	2	35	0	Zamácola 2	
S3	63	2	35	0	Zamácola 3	
S4	33	2	35	35	Kia- Km 7	
S5	40	2	35	10	Calle Cuadros - Ingreso Cerro Colorado	
S6	38	2	30	40	Calle Villa Florida	
S7	48	2	31	0	Maestro Home Center	Avenida Ejército
S8	50	2	26	58	Calle General Moran	
S9	50	2	26	58	Calle Salamanca	
S10	60	2	32	25	Calle Hernando de Luque	
S11	45	2	47	37	Calle Challapampa	
S12	45	2	47	56	Calle Circunvalación	
S13	45	2	47	0	Calle José Gálvez	Avenida Ejército
S14	22	2	20	44	Caja Tacna	
S Real Plaza	28	2	20	59	Real Plaza - Semáforo interno	
S15	45	3	23	3	Ampatacocha	
S16	45	3	21	45	Puente Grau	

Tabla 90: Tiempos de ciclo actuales de los semáforos

En mi propuesta de tiempos no eliminaré semáforos que según mi criterio no deberían ir, quizá en su momento eran importantes, pero las pistas crecen y cambian, por lo tanto, las

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

preferencias hacia las pistas para transitar también cambian, un ejemplo es la calle Hernando de Luque, hace unos años por esa zona circulaban muchos vehículos, pero gracias al puente Chilina esta zona ya no es muy transitada, entonces ya no habría razón para la existencia de un semáforo, bueno mi propuesta quedaría de la siguiente forma:

Número	Tiempo Verde	Tiempo Amarillo	Tiempo Rojo	Tiempo de desfase	Ubicación	Zona de Estudio
S1	58	2	35	x	Zamácola 1	Avenida Aviación
S2	58	2	35	x	Zamácola 2	
S3	58	2	35	x	Zamácola 3	
S4	58	2	35	x	Kia- Km 7	
S5	58	2	35	x	Calle Cuadros - Ingreso Cerro Colorado	
S6	58	2	35	x	Calle Villa Florida	
S7	58	2	35	x	Maestro Home Center	Avenida Ejército
S8	58	2	35	x	Calle General Moran	
S9	58	2	35	x	Calle Salamanca	
S10	58	2	35	x	Calle Hernando de Luque	
S11	58	2	35	x	Calle Challapampa	
S12	58	2	35	x	Calle Circunvalación	
S13	58	2	35	x	Calle José Gálvez	Avenida Ejército
S14	58	2	35	x	Caja Tacna	
S Real Plaza	28	2	20	x	Real Plaza - Semáforo interno	
S15	50	3	23	x	Ampatacocha	
S16	50	3	23	x	Puente Grau	

Tabla 91: Propuesta de tiempos de semáforos

Estoy conservando otros semáforos que en mi opinión no deberían ir (semáforo 3, semáforo 9, semaforo10, Semáforo 14) pues no quiero variar mucho la infraestructura que actualmente está instalada actualmente.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

El tiempo de ciclo es (tiempo amarillo + tiempo rojo + tiempo verde) del semáforo 1 al 14 es 95 segundos y del semáforo 15 y 16 es 76, recordemos una condición para que funcione la ola verde es que los tiempos de ciclo sean iguales, entonces tendríamos un sistema de ola verde del semáforo 1 al 14 y otro del 15 al 16, independizo a los semáforos 15 y 16 del sistema de ola verde porque esta zona, al ser muy comercial, tiene un tráfico lento.

En la tabla puedo ver una x en el tiempo de desfase, este valor es el tiempo de inicio entre un semáforo y otro, de forma que se tenga un tránsito fluido según lo explicado en el párrafo *2.10-Fluidez vehicular: Ola verde,* este valor lo determinaremos con el uso del *OptQuest del arena*

5.2.4.1 Uso del OptQuest para determinar los tiempos de inicio de ciclo de los semáforos:

Como datos iniciales de los tiempos de inicio de ciclo de semáforo usaré los que obtuve en el párrafo 5.1.3-Optimización del modelo, cuyos resultados fueron:

```
Simulation: 1    ****NEW BEST S
19/05/2018 10:47:33 a. m.
Number of Replications: 3

Values of Decision Variables
Tiem retraso semaf_10:  62
Tiem retraso semaf_11:  4
Tiem retraso semaf_12:  12
Tiem retraso semaf_13:  20
Tiem retraso semaf_14:  12
Tiem retraso semaf_15:  26
Tiem retraso semaf_16:  42
Tiem retraso semaf_2:  14
Tiem retraso semaf_3:  6
Tiem retraso semaf_4:  60
Tiem retraso semaf_5:  22
Tiem retraso semaf_6:  8
Tiem retraso semaf_7:  46
Tiem retraso semaf_8:  78
Tiem retraso semaf_9:  88
```

Ilustración 180: Resultados de los tiempos de inicio de ciclo en la optimización de semáforos

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Se configuró el OptQuest bajo las siguientes características:

5.2.4.1.1 Variables a controlar:

Tiempo de inicio de ciclo de cada uno de los semáforos

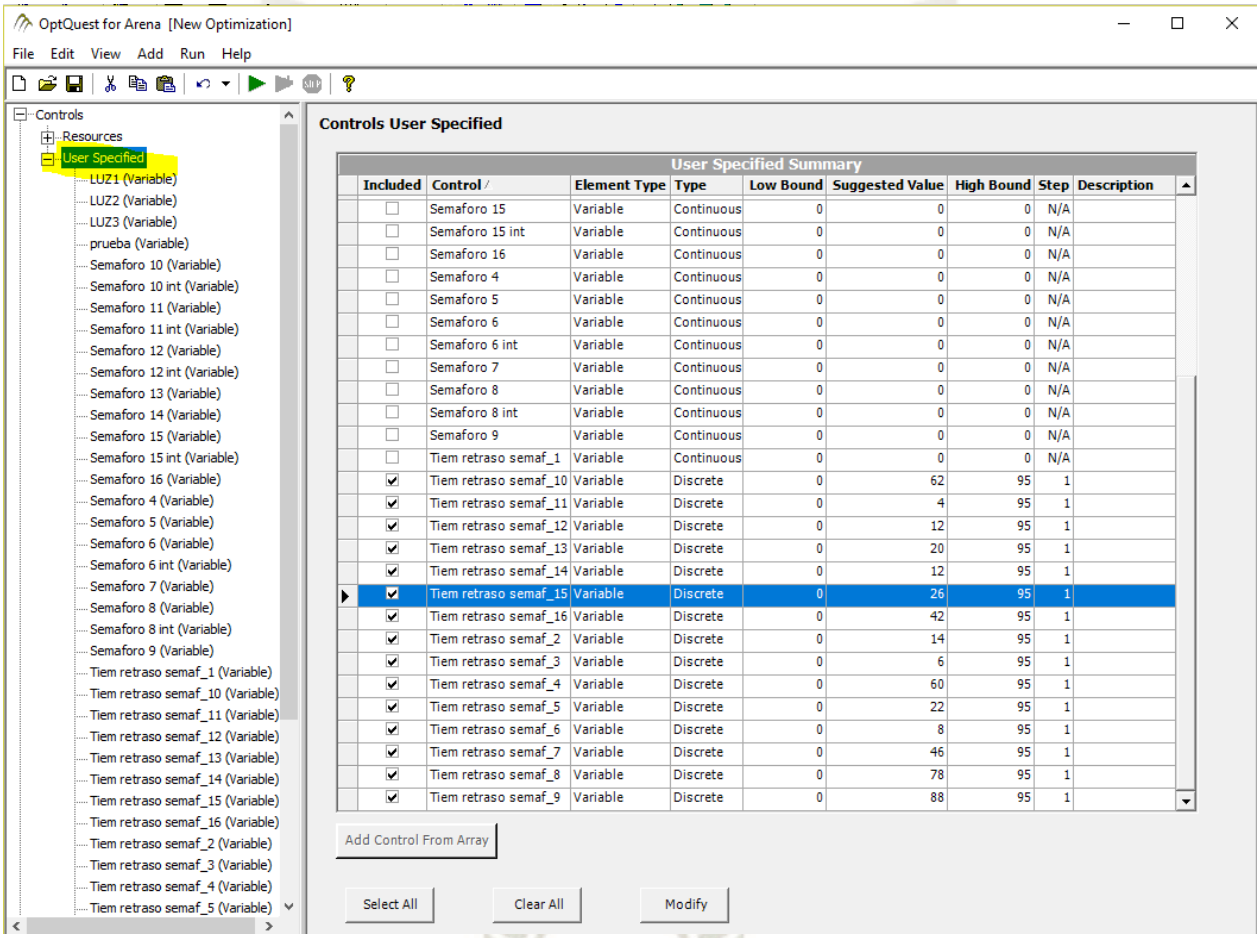


Ilustración 181: Variables a controlar de la optimización en el OptQuest del modelo completo

5.2.4.1.2 Variables respuesta

El tiempo de espera promedio en cada uno de los semáforos, ahora como las unidades que manejamos están en horas, los números que representan este tiempo promedio serían muy pequeños

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

y a simple vista no se tendría un resultado atractivo, es por esa razón que cambiaré a esta variable por el número de vehículos promedio en cada semáforo.

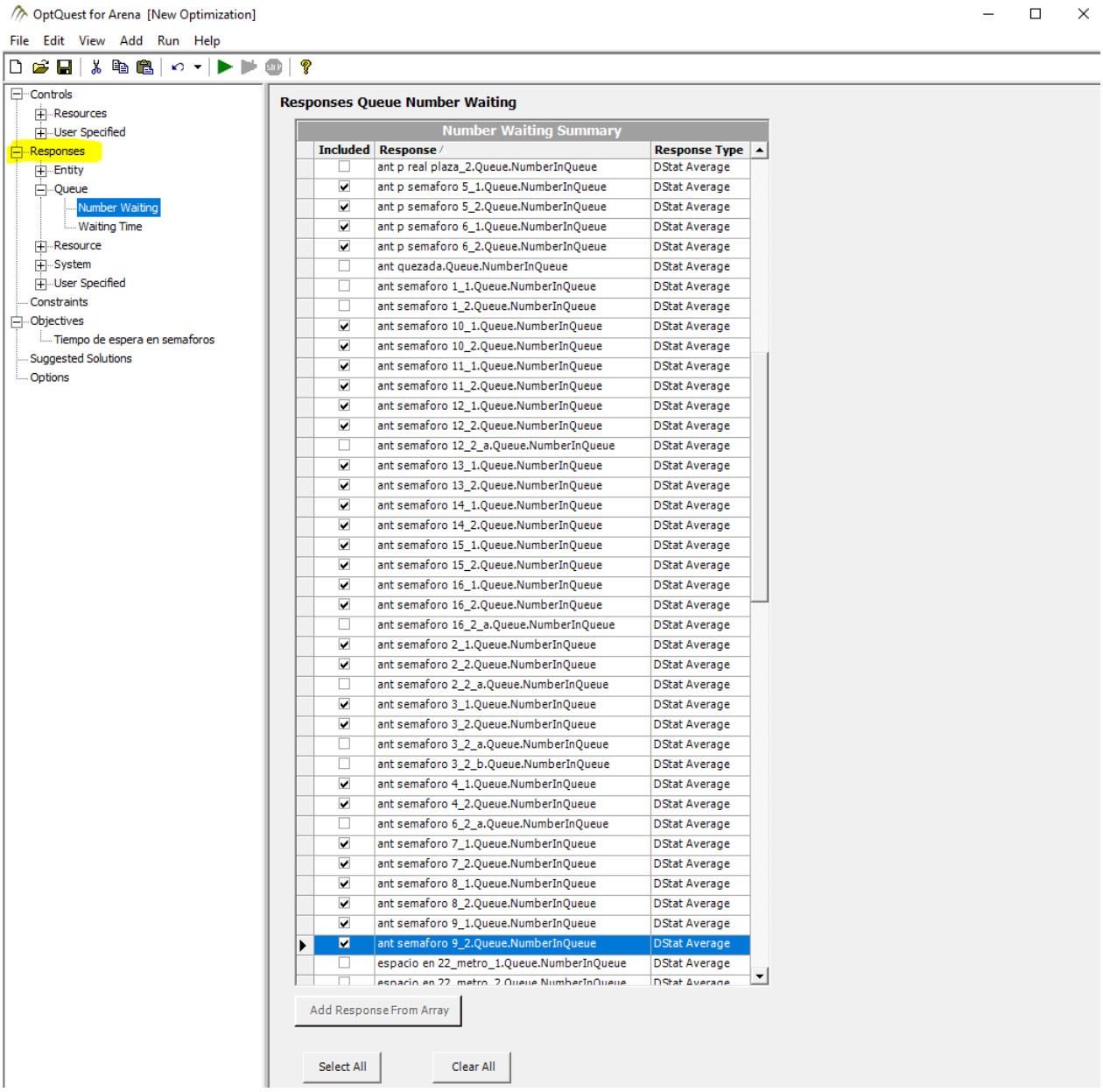


Ilustración 182: Variables respuesta de la optimización en el OptQuest del modelo completo

5.2.4.1.3 Función objetivo

La función que se quiere optimizar:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

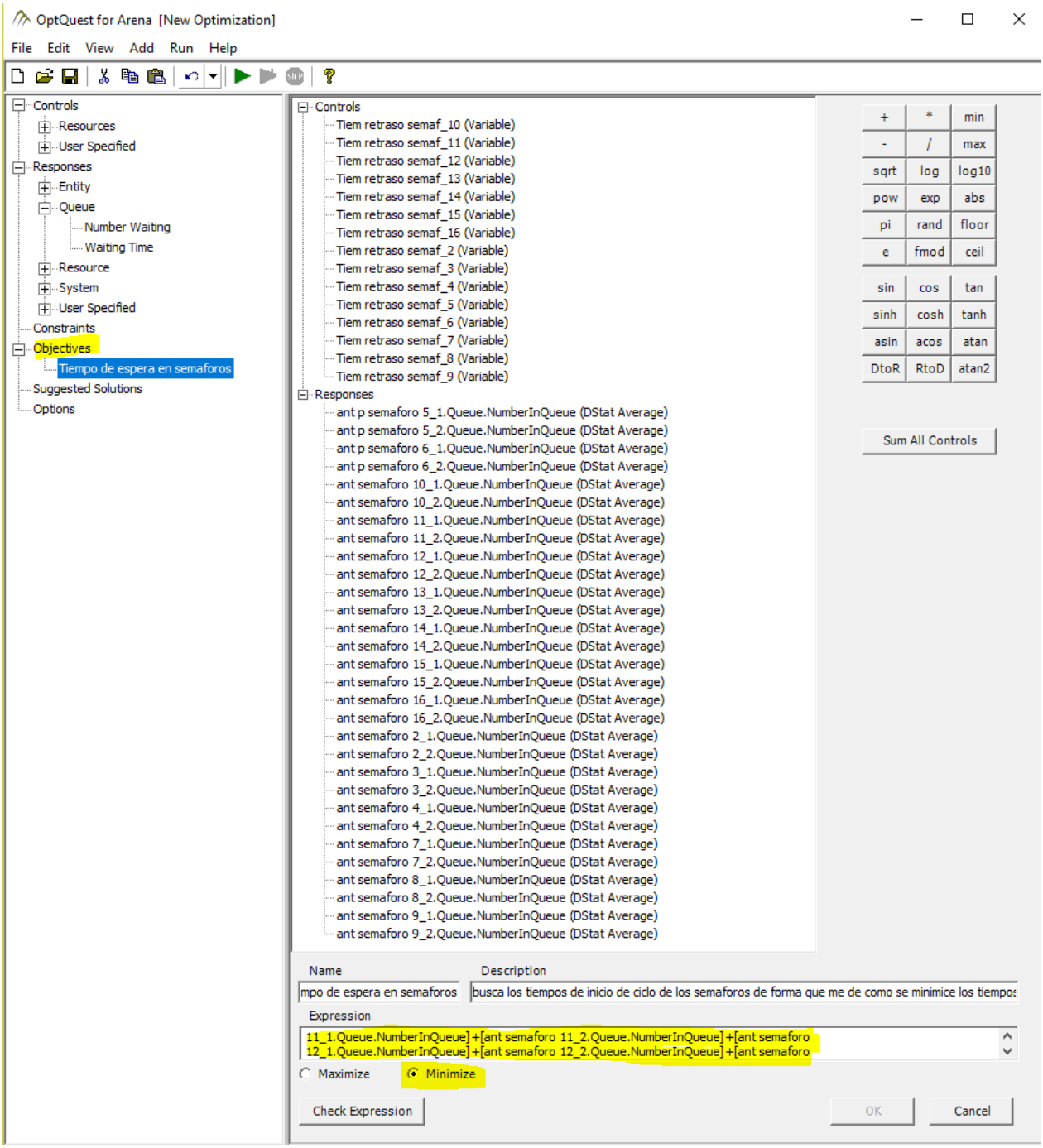


Ilustración 183: configuración de la función objetivo de la optimización en el OptQuest del modelo completo

La función completa es:

Minimizar (

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

[ant p semáforo 5_1.Queue.NumberInQueue]+[ant p semáforo 5_2.Queue.NumberInQueue]+[ant p semáforo 6_1.Queue.NumberInQueue]+[ant p semáforo 6_2.Queue.NumberInQueue]+[ant semáforo 10_1.Queue.NumberInQueue]+[ant semáforo 10_2.Queue.NumberInQueue]+[ant semáforo 11_1.Queue.NumberInQueue]+[ant semáforo 11_2.Queue.NumberInQueue]+[ant semáforo 12_1.Queue.NumberInQueue]+[ant semáforo 12_2.Queue.NumberInQueue]+[ant semáforo 13_1.Queue.NumberInQueue]+[ant semáforo 13_2.Queue.NumberInQueue]+[ant semáforo 14_1.Queue.NumberInQueue]+[ant semáforo 14_2.Queue.NumberInQueue]+[ant semáforo 15_1.Queue.NumberInQueue]+[ant semáforo 15_2.Queue.NumberInQueue]+[ant semáforo 16_1.Queue.NumberInQueue]+[ant semáforo 16_2.Queue.NumberInQueue]+[ant semáforo 2_1.Queue.NumberInQueue]+[ant semáforo 2_2.Queue.NumberInQueue]+[ant semáforo 3_1.Queue.NumberInQueue]+[ant semáforo 3_2.Queue.NumberInQueue]+[ant semáforo 4_1.Queue.NumberInQueue]+[ant semáforo 4_2.Queue.NumberInQueue]+[ant semáforo 7_1.Queue.NumberInQueue]+[ant semáforo 7_2.Queue.NumberInQueue]+[ant semáforo 8_1.Queue.NumberInQueue]+[ant semáforo 8_2.Queue.NumberInQueue]+[ant semáforo 9_1.Queue.NumberInQueue]+[ant semáforo 9_2.Queue.NumberInQueue])

Entonces procedo a correr la optimización:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

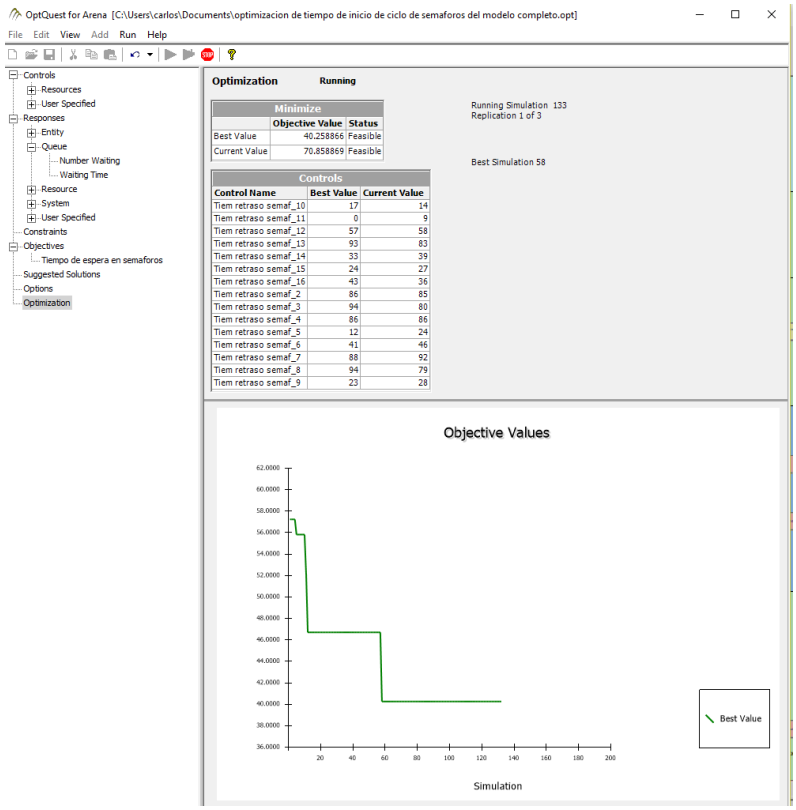


Ilustración 184: OptQuest buscando el tiempo óptimo para el inicio de ciclo de todos los semáforos _1

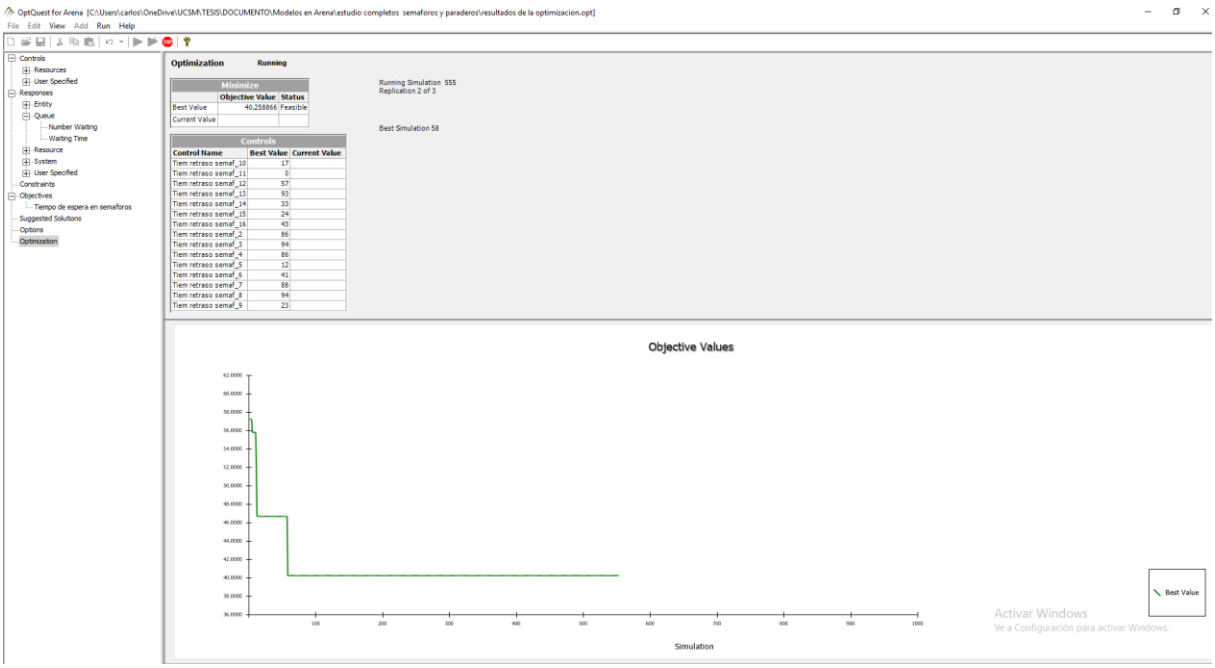


Ilustración 185: OptQuest buscando el tiempo óptimo para el inicio de ciclo de todos los semáforos _2

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Cabe mencionar que, para afinar la solución, se desarrolló la corrida de la optimización por partes, utilizando como datos base los obtenidos en la primera corrida de la optimización y dándoles un margen mínimo y máximo de +/- 20 segundos del valor base, aquí presento las corridas

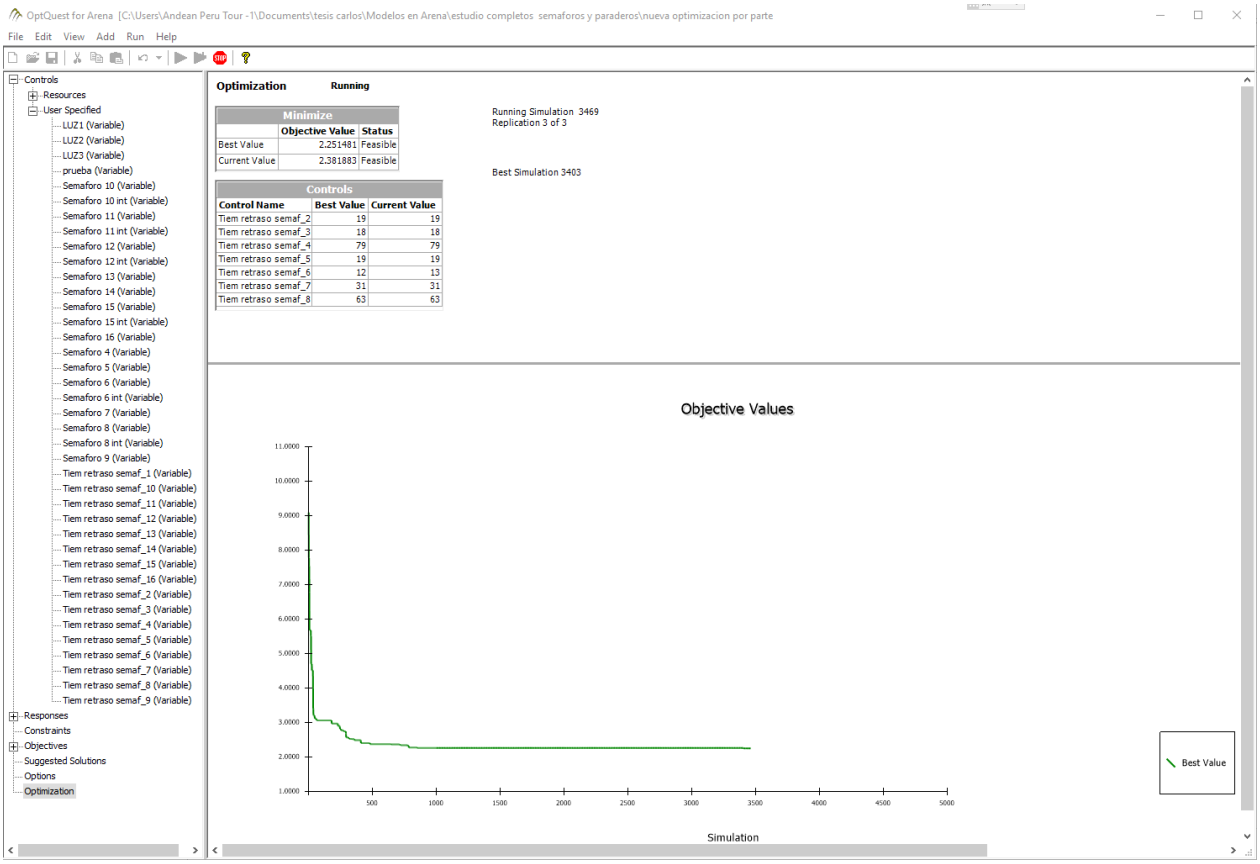


Ilustración 186: Optimización por partes 1, semáforo 2 al 8

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

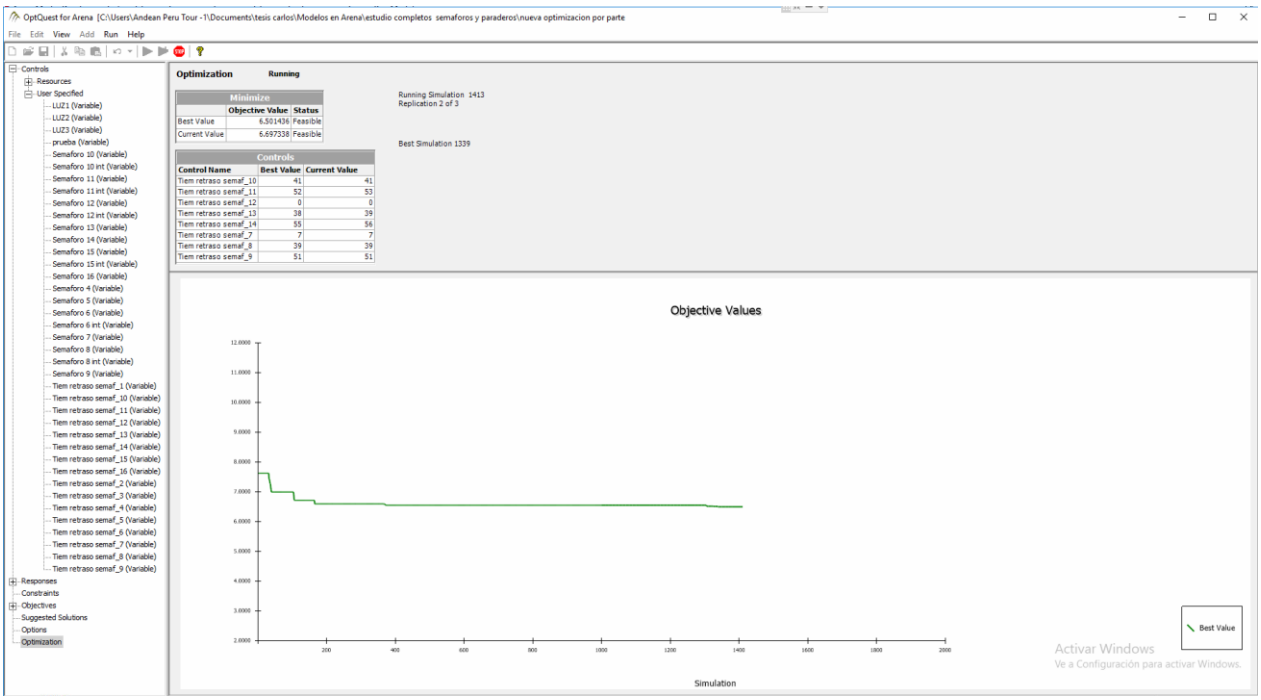


Ilustración 187: Optimización por partes 2, semáforo 7 al 14

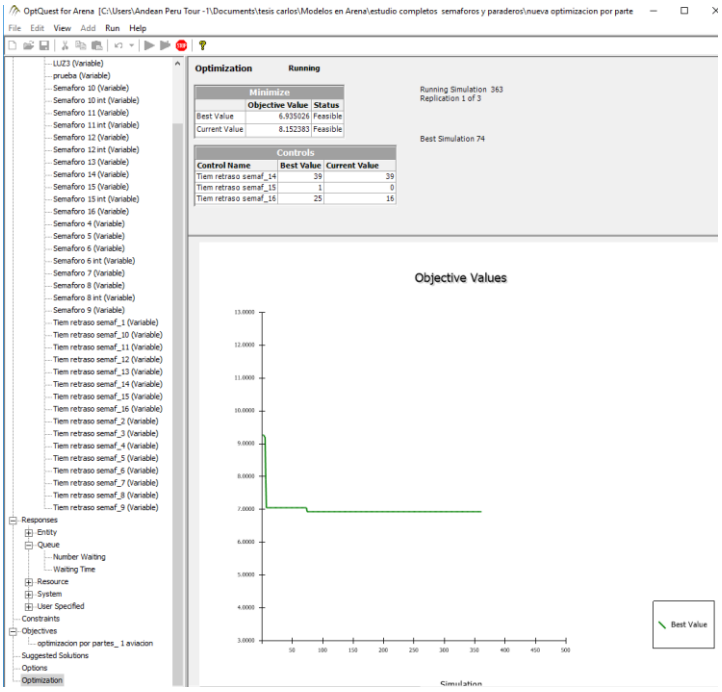


Ilustración 188: Optimización por partes 3, semáforo 14 al 16

Después de esto obtuvimos los resultados finales que fueron:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

```
C:\Users\Andean Peru Tour -1\Documents\tesis carlos\Modelos en Arena\estudio completos  semaforos y paraderos\modelo semaforos y paraderos comp
12/07/2018 21:52:13
Objective:  optimizacion por partes_ 1 aviacion: [ant p semaforo 5_1.Queue.NumberInQueue]+[ant p semaforo 5_2.Queue.NumberInQueue]+[ant p semaf

Simulation: 1   ****NEW BEST SOLUTION****
12/07/2018 21:52:28
Number of Replications: 3

Values of Decision Variables
Tiem retraso semaf_10:  40
Tiem retraso semaf_11:  48
Tiem retraso semaf_12:  0
Tiem retraso semaf_13:  22
Tiem retraso semaf_14:  39
Tiem retraso semaf_15:  1
Tiem retraso semaf_16:  25
Tiem retraso semaf_2:  17
Tiem retraso semaf_3:  13
Tiem retraso semaf_4:  77
Tiem retraso semaf_5:  11
Tiem retraso semaf_6:  95
Tiem retraso semaf_7:  7
Tiem retraso semaf_8:  39
Tiem retraso semaf_9:  51


Values of Output Variables
ant p semaforo 5_1.Queue.NumberInQueue:  1.27748810163617
ant p semaforo 5_2.Queue.NumberInQueue:  1.04593900847041
ant p semaforo 6_1.Queue.NumberInQueue:  0.679962500393887
ant p semaforo 6_2.Queue.NumberInQueue:  0.843143097984462
ant semaforo 2_1.Queue.NumberInQueue:  0.188558917705342
ant semaforo 2_2.Queue.NumberInQueue:  0.0863629331066701
ant semaforo 3_1.Queue.NumberInQueue:  0.152081333369431
ant semaforo 3_2.Queue.NumberInQueue:  0.0979883330971299
ant semaforo 4_1.Queue.NumberInQueue:  1.55082909267119
ant semaforo 4_2.Queue.NumberInQueue:  1.26683456031526
ant semaforo 7_1.Queue.NumberInQueue:  0.405828192278946
ant semaforo 7_2.Queue.NumberInQueue:  0.226389923205136
ant semaforo 8_1.Queue.NumberInQueue:  0.650089526108034
```

Ilustración 189: Resultados después de la optimización de tiempos de inicio de ciclo de los semáforos en la propuesta

Para terminar con esta parte se tiene que pasar estos datos al Arena.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

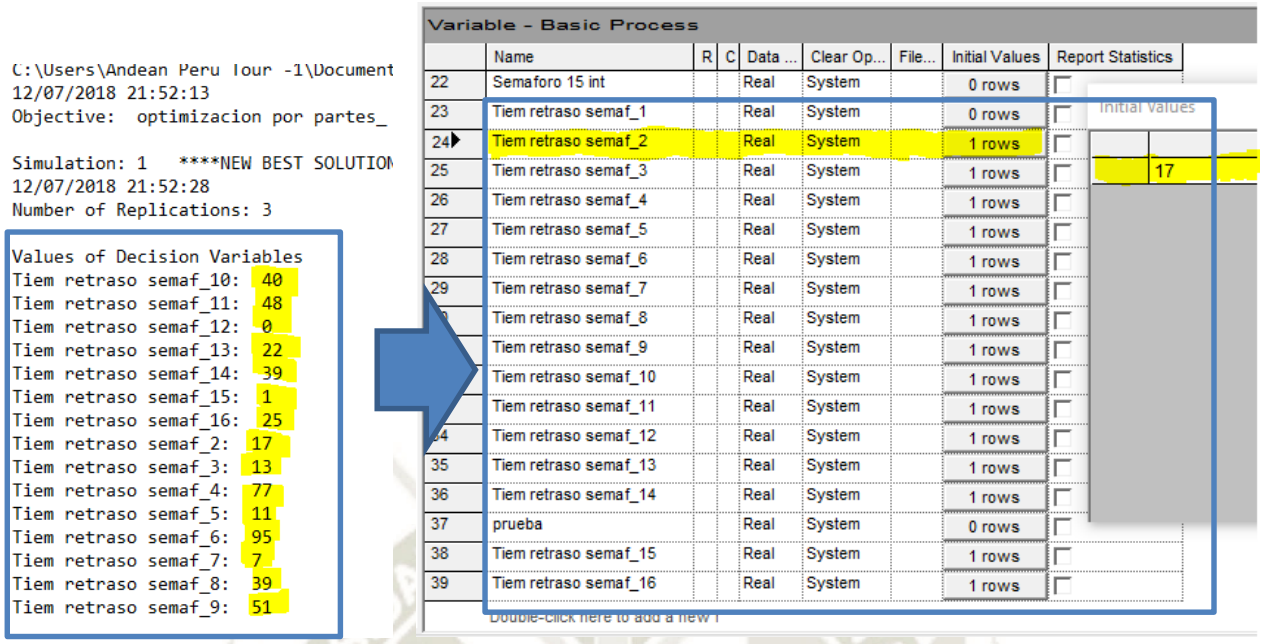


Ilustración 190: Copiado de datos del OptQuest al Arena para la obtención de resultados

Con esto terminado, el siguiente paso es correr el Arena para la obtención de datos finales con los que calcularé los costos de la propuesta.

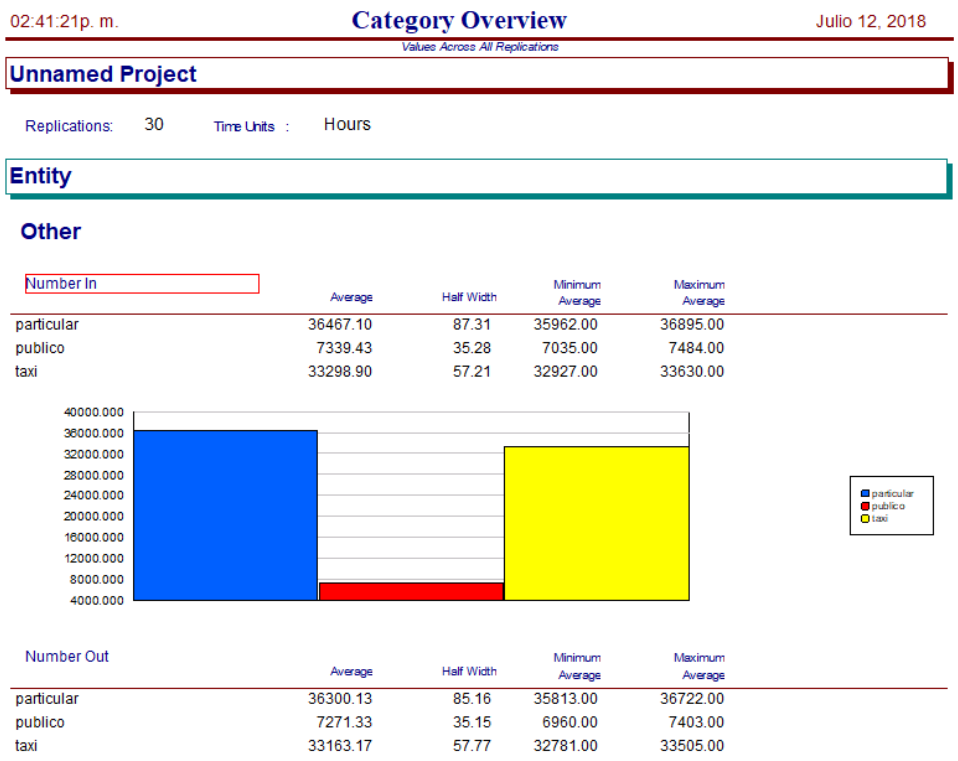
5.2.5 **Resultados del modelo de simulación completo**

Antes de mostrar resultados indicaré los datos necesarios para hacer el cálculo los cuales son:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA



02:41:21p. m. **Category Overview** Julio 12, 2018

Values Across All Replications

Unnamed Project

Replications: 30 Time Units : Hours

Entity

Other

Number In

	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
particular	36467.10	87.31	35962.00	36895.00
publico	7339.43	35.28	7035.00	7484.00
taxi	33298.90	57.21	32927.00	33630.00

Number Out

	Average	Half Width	Minimum Average	Maximum Average
particular	36300.13	85.16	35813.00	36722.00
publico	7271.33	35.15	6960.00	7403.00
taxi	33163.17	57.77	32781.00	33505.00

Ilustración 191: Resumen de los resultados en Arena- número de vehículos que ingresan a la zona de estudio

Datos del Arena		
	Unidades	Porcentaje
Particular	36647	47%
Taxi	7339	9%
Público	33298	43%
Total	77284	

Tabla 92: Resumen de entidades que ingresan al sistema

Para calcular los costos es necesario multiplicar los tiempos de espera promedio por el número de entidades que circulan en un determinado paradero o semáforo, para nuevamente, multiplicarlos por los costos en ralentí de acuerdo al tipo de vehículo que circule. Para simplificar este proceso utilizaré un cálculo ponderando los datos de la *tabla 90* con los tiempos de espera y número de

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

vehículos que circulan por zona, esto no cambiará las conclusiones, solo hará más objetiva mi investigación, para mayor información ver la *Ilustración 131: Vehículos que están en las calles perpendiculares, algunos de ellos ingresan a la vía de estudio y otros continúan en una ruta diferente*.

Costo del consumo de combustible en ralentí		
	Soles/min	Soles/hora
Particular	0.09	5.4
Taxi	0.075	4.5
Transporte publico	0.11	6.6

Tabla 93: Costo del consumo de combustible en ralentí

Tipo de vehículo	**Número de pasajeros promedio por vehículo**
Particular	2
Taxi	2.5
Transporte publico	14

Tabla 94: Cantidad de pasajeros por vehículos

Después de la corrida en el Arena se obtuvo la siguiente información de tiempos de espera y cantidad de vehículos que circulan por un determinado punto:

Tabla de zonas	*Tiempo de espera promedio por paradero (horas)*	*Número de unidades promedio por paradero*	*Tiempo de espera total*
ant p bcp_1.Queue	0.00021	12483.60	2.66566
ant p bcp_2.Queue	0.00028	8616.00	2.39365
ant p claro_1.Queue	0.00029	10655.67	3.05868
ant p claro_2.Queue	0.00019	8944.53	1.66347
ant p comisaria_1.Queue	0.00070	15119.60	10.53392

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

ant p comisaria_2.Queue	0.00085	11583.87	9.80049
ant p entel_1.Queue	0.00024	10677.97	2.57549
ant p entel_2.Queue	0.00037	9543.43	3.52060
ant p essalud_1.Queue	0.00026	7007.03	1.79964
ant p essalud_2.Queue	0.00017	4558.43	0.79260
ant p femaco_1.Queue	0.00013	6262.87	0.84134
ant p femaco_2.Queue	0.00012	3733.47	0.44420
ant p metro_1.Queue	0.00016	13567.77	2.23058
ant p metro_2.Queue	0.00025	11702.03	2.89933
ant p moises_1.Queue	0.00033	8477.77	2.75531
ant p moises_2.Queue	0.00060	6861.63	4.15011
ant p monte bello_1.Queue	0.00024	7133.60	1.68035
ant p monte bello_2.Queue	0.00017	4414.37	0.73691
ant p real plaza_1.Queue	0.00079	13713.50	10.89253
ant p real plaza_2.Queue	0.00296	6517.77	19.27388
ant p semáforo 5_1.Queue	0.00071	6875.67	4.89131
ant p semáforo 5_2.Queue	0.00053	4646.33	2.45645
ant p semáforo 6_1.Queue	0.00033	4809.77	1.57149
ant p semáforo 6_2.Queue	0.00051	3948.03	2.01444
ant quesada.Queue	0.00492	14922.17	73.34558
ant semáforo 1_1.Queue	0.00254	690.00	1.75546
ant semáforo 1_2.Queue	0.00754	8202.13	61.87091
ant semáforo 10_1.Queue	0.00116	8578.83	9.98036
ant semáforo 10_2.Queue	0.00096	6754.07	6.48204
ant semáforo 11_1.Queue	0.00087	8385.13	7.28333
ant semáforo 11_2.Queue	0.00068	5393.43	3.68620
ant semáforo 12_1.Queue	0.00089	6706.87	5.94617
ant semáforo 12_2.Queue	0.00144	5959.27	8.59155
ant semáforo 13_1.Queue	0.00126	8503.93	10.68020
ant semáforo 13_2.Queue	0.00125	6214.53	7.76889
ant semáforo 14_1.Queue	0.00016	8006.50	1.27121
ant semáforo 14_2.Queue	0.00022	6704.60	1.47338
ant semáforo 15_1.Queue	0.00194	13379.63	25.97672
ant semáforo 15_2.Queue	0.00181	11873.90	21.48495
ant semáforo 16_1.Queue	0.00197	13103.53	25.84130
ant semáforo 16_11.Queue	0.00000	0.00	0.00000
ant semáforo 16_2.Queue	0.00342	9374.37	32.07185
ant semáforo 2_1.Queue	0.00018	6332.63	1.14172
ant semáforo 2_2.Queue	0.00016	5103.50	0.80834
ant semáforo 3_1.Queue	0.00036	7038.63	2.53161
ant semáforo 3_2.Queue	0.00035	5173.60	1.82470
ant semáforo 4_1.Queue	0.00071	6794.63	4.79633
ant semáforo 4_2.Queue	0.00046	4777.73	2.20392
ant semáforo 7_1.Queue	0.00111	6321.57	7.02877
ant semáforo 7_2.Queue	0.00100	4275.53	4.29241
ant semáforo 8_1.Queue	0.00030	6102.43	1.81831
ant semáforo 8_2.Queue	0.00038	4486.23	1.70050
ant semáforo 9_1.Queue	0.00172	7771.23	13.35544

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

ant semáforo 9_2.Queue	0.00169	6565.83	11.07040
prol ejército.Queue	0.00029	14720.23	4.27010
prol ejército_1.Queue	0.00024	8300.20	1.98757
prol ejército_2.Queue	0.00010	6424.23	0.66786
Total	**0.05346**	**444795.83**	**460.65049**

Tabla 95: Tiempo de espera promedio y número de vehículos por zona – modelo propuesto

Notemos que, el punto *ant semáforo 16_11.Queue* que bajo la situación real representaba el tercer carril que se formaba en la avenida ejército a la altura del paradero Recoleta, bajo este sistema propuesto no existiría, esa es la razón del porque tiene cero en tiempo de espera promedio y número de unidades.

A estos puntos en la vía tenemos que agregar los paraderos implementados que serán usados por los vehículos de transporte público y que, obviamente, también tendrán tiempos de espera:

Tabla de paraderos	*Tiempo de espera promedio por paradero (horas)*	*Número de unidades promedio por paradero*	*Tiempo de espera total*
pista ant semáforo 12_2_a	0.00031	4490.30	1.37456
pista ant semáforo 16_2_a	0.00033	6030.83	1.96081
pista ant semáforo 2_2_a	0.00007	5103.20	0.36373
pista ant semáforo 3_2_a	0.00297	1285.80	3.81462
pista ant semáforo 3_2_b	0.00314	1273.07	3.99899
pista ant semáforo 6_2_a	0.00099	1104.20	1.09600
pista cerro viejo_2_a	0.00107	1299.67	1.38876
pista cerro viejo_2_b	0.00105	1297.57	1.35794
pista challapampa_2_a	0.00027	325.63	0.08831
pista p circunvalacion_2_a	0.00682	1467.90	10.00392
pista p circunvalacion_2_b	0.00176	1534.93	2.70402
pista p dual caja tacna_2_a	0.00237	1736.27	4.11401
pista p dual caja tacna_2_b	0.00238	1751.27	4.17462
pista paradero claro_2_a	0.00082	854.83	0.69937
pista paradero claro_2_b	0.00264	1584.97	4.19102
pista paradero comisaria_2_a	0.00019	373.90	0.07288
pista paradero cuadros_2_b	0.00007	61.13	0.00398
pista paradero entel_2_a	0.01729	1835.23	31.72909
pista paradero essalud_2_b	0.00009	111.37	0.00983
pista paradero femaco_2_b	0.00009	103.10	0.00910
pista paradero moises_2_a	0.00015	221.97	0.03262

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

pista paradero monte bello_2_b	0.00009	106.53	0.00976
pista paradero recoleta_2_a	0.00011	1662.13	0.18293
pista paradero recoleta_2_b	0.00011	1679.93	0.18260
Total	0.04516	37295.73	73.56345

Tabla 96: Tiempo de espera promedio y número de vehículos por paradero – modelo propuesto

Con estos datos calculemos los costos relacionados a los tiempos de espera.

Tabla de zonas	*Tiempo total de espera diario (horas)*	*Tiempo anual (horas)*	*Costo anual de combustible ponderando según el tipo de vehículo (soles)*	*Horas-Hombre anuales ponderando según el tipo de vehículos*
ant p bcp_1.Queue	2.6657	959.64	S/ 5,435.43	3557
ant p bcp_2.Queue	2.3936	861.71	S/ 4,880.79	3194
ant p claro_1.Queue	3.0587	1101.12	S/ 6,236.83	4082
ant p claro_2.Queue	1.6635	598.85	S/ 3,391.92	2220
ant p comisaria_1.Queue	10.5339	3792.21	S/ 21,479.28	14058
ant p comisaria_2.Queue	9.8005	3528.18	S/ 19,983.77	13079
ant p entel_1.Queue	2.5755	927.18	S/ 5,251.59	3437
ant p entel_2.Queue	3.5206	1267.42	S/ 7,178.72	4698
ant p essalud_1.Queue	1.7996	647.87	S/ 3,669.57	2402
ant p essalud_2.Queue	0.7926	285.34	S/ 1,616.17	1058
ant p femaco_1.Queue	0.8413	302.88	S/ 1,715.53	1123
ant p femaco_2.Queue	0.4442	159.91	S/ 905.76	593
ant p metro_1.Queue	2.2306	803.01	S/ 4,548.29	2977
ant p metro_2.Queue	2.8993	1043.76	S/ 5,911.90	3869
ant p moises_1.Queue	2.7553	991.91	S/ 5,618.23	3677
ant p moises_2.Queue	4.1501	1494.04	S/ 8,462.32	5538
ant p monte bello_1.Queue	1.6804	604.93	S/ 3,426.33	2242
ant p monte bello_2.Queue	0.7369	265.29	S/ 1,502.60	983
ant p real plaza_1.Queue	10.8925	3921.31	S/ 22,210.51	14536
ant p real plaza_2.Queue	19.2739	6938.60	S/ 39,300.58	25721
ant p semáforo 5_1.Queue	4.8913	1760.87	S/ 9,973.68	6528
ant p semáforo 5_2.Queue	2.4565	884.32	S/ 5,008.85	3278
ant p semáforo 6_1.Queue	1.5715	565.74	S/ 3,204.36	2097

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

ant p semáforo 6_2.Queue	2.0144	725.20	S/	4,107.57	2688
ant quesada.Queue	73.3456	26404.41	S/	149,555.97	97881
ant semáforo 1_1.Queue	1.7555	631.97	S/	3,579.49	2343
ant semáforo 1_2.Queue	61.8709	22273.53	S/	126,158.44	82568
ant semáforo 10_1.Queue	9.9804	3592.93	S/	20,350.54	13319
ant semáforo 10_2.Queue	6.4820	2333.54	S/	13,217.27	8650
ant semáforo 11_1.Queue	7.2833	2622.00	S/	14,851.13	9720
ant semáforo 11_2.Queue	3.6862	1327.03	S/	7,516.38	4919
ant semáforo 12_1.Queue	5.9462	2140.62	S/	12,124.60	7935
ant semáforo 12_2.Queue	8.5915	3092.96	S/	17,518.68	11466
ant semáforo 13_1.Queue	10.6802	3844.87	S/	21,777.56	14253
ant semáforo 13_2.Queue	7.7689	2796.80	S/	15,841.22	10368
ant semáforo 14_1.Queue	1.2712	457.63	S/	2,592.06	1696
ant semáforo 14_2.Queue	1.4734	530.42	S/	3,004.31	1966
ant semáforo 15_1.Queue	25.9767	9351.62	S/	52,968.08	34666
ant semáforo 15_2.Queue	21.4850	7734.58	S/	43,809.09	28672
ant semáforo 16_1.Queue	25.8413	9302.87	S/	52,691.93	34486
ant semáforo 16_11.Queue	0.0000	0.00	S/	-	0
ant semáforo 16_2.Queue	32.0718	11545.87	S/	65,396.39	42800
ant semáforo 2_1.Queue	1.1417	411.02	S/	2,328.04	1524
ant semáforo 2_2.Queue	0.8083	291.00	S/	1,648.25	1079
ant semáforo 3_1.Queue	2.5316	911.38	S/	5,162.10	3378
ant semáforo 3_2.Queue	1.8247	656.89	S/	3,720.67	2435
ant semáforo 4_1.Queue	4.7963	1726.68	S/	9,780.00	6401
ant semáforo 4_2.Queue	2.2039	793.41	S/	4,493.92	2941
ant semáforo 7_1.Queue	7.0288	2530.36	S/	14,332.08	9380
ant semáforo 7_2.Queue	4.2924	1545.27	S/	8,752.47	5728
ant semáforo 8_1.Queue	1.8183	654.59	S/	3,707.63	2427
ant semáforo 8_2.Queue	1.7005	612.18	S/	3,467.42	2269
ant semáforo 9_1.Queue	13.3554	4807.96	S/	27,232.54	17823
ant semáforo 9_2.Queue	11.0704	3985.34	S/	22,573.20	14774
prol ejército.Queue	4.2701	1537.24	S/	8,707.00	5699
prol ejército_1.Queue	1.9876	715.52	S/	4,052.77	2652
prol ejército_2.Queue	0.6679	240.43	S/	1,361.81	891
Total	**460.6505**	**165834.18**	**S/**	**939,293.60**	**5320209**

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Tabla 97: Costos y Horas Hombre relacionados con los tiempos de espera por zona- modelo propuesto

Ahora los costos del tiempo de espera de los paraderos propuestos.

Tabla de paraderos	*Tiempo total de espera diario (horas)*	*Tiempo anual (horas)*	*Costo anual de combustible ponderando según el tipo de vehículo (soles)*	*Horas-Hombre anuales*
pista ant semáforo 12_2_a	1.3746	494.84	S/ 2,802.81	1834
pista ant semáforo 16_2_a	1.9608	705.89	S/ 3,998.21	2617
pista ant semáforo 2_2_a	0.3637	130.94	S/ 741.66	485
pista ant semáforo 3_2_a	3.8146	1373.26	S/ 7,778.23	5091
pista ant semáforo 3_2_b	3.9990	1439.64	S/ 8,154.18	5337
pista ant semáforo 6_2_a	1.0960	394.56	S/ 2,234.81	1463
pista cerro viejo_2_a	1.3888	499.95	S/ 2,831.76	1853
pista cerro viejo_2_b	1.3579	488.86	S/ 2,768.92	1812
pista challapampa_2_a	0.0883	31.79	S/ 180.07	118
pista p circunvalacion_2_a	10.0039	3601.41	S/ 20,398.58	13350
pista p circunvalacion_2_b	2.7040	973.45	S/ 5,513.66	3609
pista p dual caja tacna_2_a	4.1140	1481.04	S/ 8,388.70	5490
pista p dual caja tacna_2_b	4.1746	1502.86	S/ 8,512.29	5571
pista paradero claro_2_a	0.6994	251.77	S/ 1,426.07	933
pista paradero claro_2_b	4.1910	1508.77	S/ 8,545.73	5593
pista paradero comisaria_2_a	0.0729	26.24	S/ 148.60	97
pista paradero cuadros_2_b	0.0040	1.43	S/ 8.11	5
pista paradero entel_2_a	31.7291	11422.47	S/ 64,697.49	42343
pista paradero essalud_2_b	0.0098	3.54	S/ 20.05	13
pista paradero femaco_2_b	0.0091	3.28	S/ 18.55	12
pista paradero moises_2_a	0.0326	11.74	S/ 66.52	44
pista paradero monte bello_2_b	0.0098	3.51	S/ 19.89	13
pista paradero recoleta_2_a	0.1829	65.85	S/ 373.00	244
pista paradero recoleta_2_b	0.1826	65.74	S/ 372.33	244
Total	**73.5635**	**26482.84**	**S/ 150,000.23**	**98171**

Tabla 98: Costos y Horas Hombre relacionados con los tiempos de espera por paradero - modelo propuesto

La tabla que resume estos datos sería:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Sumatoria de resultados de la tabla paraderos y tabla de zonas	*Tiempo total de espera por día (horas)*	*Tiempo anual (horas)*	*Costo Anual en combustible (soles)*	*Horas-Hombre anuales*
Tabla de zonas	460.6505	165834.18	S/ 939,293.60	5320209
Tabla de paraderos	73.5635	26482.84	S/ 150,000.23	98171
Total	**534.2139**	**192317.02**	**S/ 1,089,293.83**	**5418380**

Tabla 99: Resumen de costos, tiempos de espera y horas hombre del modelo propuesto

Ahora contrastaré estos datos con los de la situación actual, cuyos datos son:

Tabla de costos totales	*Tiempo total de espera por día (horas)*	*Tiempo anual (horas)*	*Costo anual de combustible ponderando según el tipo de vehículo (soles)*	*Horas-Hombre anuales ponderando según el tipo de vehículos*
Total	**2508.41**	**903028.68**	**S/ 4,628,639.34**	**12016794**

Tabla 62: Resumen de costos, tiempos de espera y horas hombre relacionados con los tiempos de espera por zona – situación real

A continuación, calcularé el ahorro que tendría la sociedad (todos los usuarios de los vehículos que circulen por las vías de estudio durante un año) de implementarse la solución propuesta.

Tabla de ahorro en tiempo de espera, costo de combustible y horas hombre	*Tiempo total de espera por día (horas)*	*Tiempo anual (horas)*	*Costo anual de combustible ponderando según el tipo de vehículo (soles)*	*Horas-Hombre anuales ponderando según el tipo de vehículos*
Ahorro	**1974.20**	**710711.66**	**S/ 3,539,345.51**	**6598414**

Tabla 100: Ahorro de la sociedad de implementar la propuesta de solución

Notemos que bajo el sistema actual (elevado tiempo de espera en determinadas zonas) se tiene un costo de combustible de **S/. 4,628,639**, mientras que, de implementar la propuesta indicada en la presente investigación dicho costo sería únicamente de **S/. 1,089,293,** con esto la sociedad

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

arequipeña se estaría ahorrando un total de **S/. 3,539,345**, Recordemos que este monto es el resultado del tiempo de espera de los vehículos, es decir, representa la energía que se bota al medio ambiente en forma de calor, y no solo eso, sino que de implementar la propuesta también se estaría dejando de contaminar el equivalente al monto ahorrado en gases producto de combustión.

5.3 Resumen de resultados de la investigación

Recordemos que, en la parte de operacionalización de variables muestro los indicadores que usé para determinar si las soluciones propuestas tienen efectos significativos en la fluidez vehicular, en las propuestas de solución primero implementé la **sincronización de semáforos** y luego ubiqué los **paraderos en puntos estratégicos**, según se describe en la siguiente tabla:

TIPO DE VARIABLE	VARIABLE	Dimensiones	Indicador
Independiente	Modelo de simulación representativo de las avenidas en estudio	Sincronización de semáforos en las avenidas de estudio.	Se sincronizarán todos los semáforos a lo largo de las avenidas Aviación –Pumacahua –Ejército de forma que se obtenga el menor tiempo de espera por semáforo con la herramienta OptQuest del Arena.
		Ubicación de paraderos estratégicamente posicionados de uso exclusivo para el transporte público en un tercer carril en las avenidas en estudio.	De forma estratégica y considerando la demanda por parte de usuarios del servicio se ubicarán en las avenidas Aviación-Pumacahua -Ejército paraderos que únicamente podrán usar los vehículos de transporte público, estos paraderos se implementarán en un carril adicional a los ya existentes.

Tabla 3: Operacionalización de la variable independiente con indicadores

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Para ver los efectos en la **fluidez vehicular** al implementar las soluciones anteriores es necesario tener indicativos que me permitan medir estos efectos, los indicadores a usar los muestro en la siguiente tabla de operacionalización de la variable dependiente:

TIPO DE VARIABLE	VARIABLE	Indicador
Dependiente	Fluidez Vehicular	• Tiempo de espera promedio en semáforos • Tiempo de espera promedio en paraderos • Costo del combustible del tiempo de espera promedio en semáforos • Costo del combustible del tiempo de espera promedio en paraderos

Tabla 4: Operacionalización de la variable dependiente con indicadores

Lo más importante dentro de la presente investigación es que se demostró el enorme ahorro que se tendría al implementar la propuesta de mejora mencionada, pero también, no es un dato menor, el ahorro de tiempo al recorrer las avenidas en estudio, según mi investigación y con los datos de la *Tabla 100: Ahorro de la sociedad de implementar la propuesta de solución* y de la *Tabla 92: Resumen de entidades que ingresan al sistema* se tiene en promedio un ahorro de 3.92 minutos por vehículo, lo que representa un ahorro anual de 1974 horas para todos los vehículos que transitan por esta vía

Entonces, al tener una disminución en los tiempos de espera y en los costos de combustible generados gracias a mi propuesta de solución, estaría demostrando que la población de Arequipa se beneficiaría por las siguientes razones:

- Mejor fluidez vehicular: Se recorre el mismo trayecto en menos tiempo, 4 minutos de ahorro por vehículo, al año se tiene un ahorro de 1974 horas.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- Menos tiempo perdido: Se tiene un ahorro de 6598414 Horas hombre, lo que significaría mayor productividad para realizar otras actividades
- Ahorro en combustible: Se tiene un ahorro de 3.5 millones de soles
- Menos contaminación: Se deja de quemar el combustible equivalente a 3.5 millones de soles

Para concluir con la investigación mostraré las tablas que resumen toda la investigación.

5.3.1 **Análisis de efectos en la fluidez vehicular con la sincronización de semáforos:**

En esta parte muestro el tiempo de espera en cada zona con sus respectivos costos y después los comparo con los datos equivalentes cuando los semáforos están sincronizados. Recordemos que para la realización del presente estudio se consideró a todos los vehículos del sistema es decir a los vehículos que están en la avenidas en estudio y también a los que están en las calles perpendiculares a las avenidas(vehículos que muchas veces terminan no entrando a la avenidas en estudio) para más información ver la *Ilustración 131: Vehículos que están en las calles perpendiculares, algunos de ellos ingresan a la vía de estudio y otros continúan en una ruta diferente*

En la siguiente tabla muestra los resultados de los indicadores del sistema real.

	Tiempo de espera promedio por tipo de vehículo (horas)	Tiempo de espera promedio por tipo de vehículo por día (minuto)	Tiempo de espera promedio total anual (horas)	***Costo de Combustible Total***	Horas - hombre
Particular	0.07841715	4.71	28.23	S/ 5,508,129.27	5667
Público	0.1148	6.89	41.33	S/ 1,363,390.06	2104
Taxi	0.07820925	4.69	28.16	S/ 6,178,687.17	36406

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

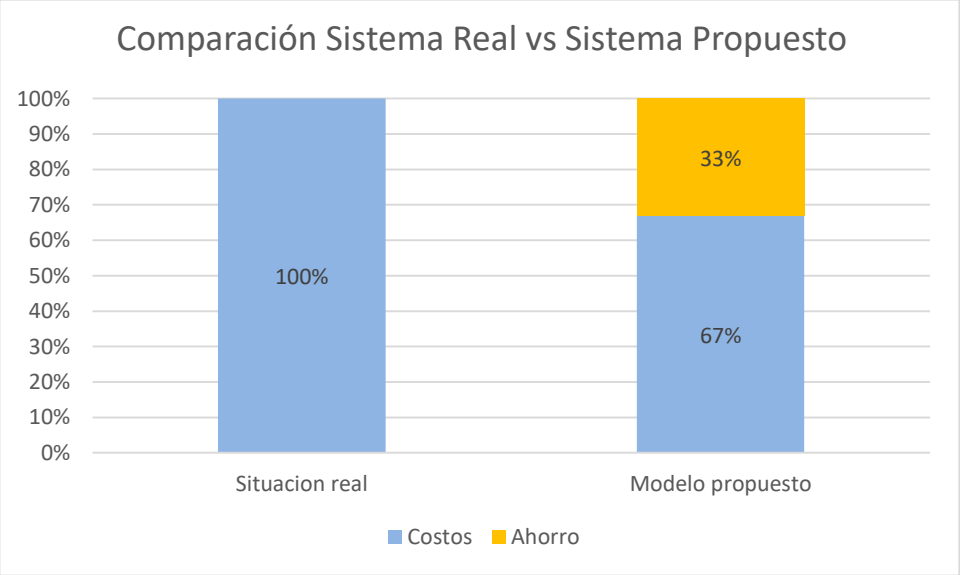
Total	**0.2714264**	16.29	97.71	**S/ 13,050,206.50**	44177

Tabla 58: Costos asociados al tiempo de espera en las colas de los semáforos – situación real

A continuación, la comparación de resultados del sistema propuesto con respecto al sistema real:

Tabla resumen y de ahorro	***Tiempo de espera promedio por tipo de vehículo (horas)***	Tiempo de espera promedio por tipo de vehículo por día (minuto)	Tiempo de espera promedio total anual (horas)	***Costo de Combustible Total***	Horas hombre
Situación actual	**0.2714264**	16.285584	97.713504	**S/ 13,050,206.50**	44177
Situación con sincronización de semáforos	**0.19062787**	11.4376722	68.6260332	**S/ 8,721,737.36**	28077
Ahorro	**0.08079853**	4.8479118	29.0874708	**S/ 4,328,469.14**	16100

Tabla 68: Tabla resumen y de ahorro al implementar la sincronización de semáforos en las avenidas en estudio con respecto a la situación real



Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Ilustración 192: Comparación de costos sistema real con respecto al modelo propuesto de sincronización de semáforos

Notemos que, de implementar únicamente la sincronización de semáforos se tendría un ahorro en combustible de S/. 4,328,469 soles que representa un ahorro del 30%.

5.3.2 Análisis de efectos en la fluidez vehicular con la ubicación de paraderos:

En esta parte a diferencia del párrafo anterior únicamente se analizó a los vehículos que están en las avenidas en estudio, descartando a los vehículos que están en las calle perpendiculares a la vía principal, esto con la finalidad de ser más objetivos en el análisis, para mayor información revisar la *Ilustración 131: Vehículos que están en las calles perpendiculares, algunos de ellos ingresan a la vía de estudio y otros continúan en una ruta diferente*

A continuación, muestro los resultados de los indicadores del sistema real en paraderos y semáforos que están únicamente en las avenidas en estudio.

Tabla de costos totales	***Tiempo total de espera por día (horas)***	*Tiempo anual (horas)*	***Costo anual ponderando según el tipo de vehículo (soles)***	*Horas-Hombre anuales ponderando según el tipo de vehículos*
Total	**2508.41**	903028.68	**S/ 4,628,639.34**	12016794

Tabla 62: Resumen de costos, tiempos de espera y horas hombre relacionados con los tiempos de espera por zona – situación real.

Ahora los resultados de los indicadores si se implementaría la sincronización de semáforos y la ubicación de paraderos exclusivos en las avenidas en estudio.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Sumatoria de resultados de paraderos y semáforos	***Tiempo total de espera por día (horas)***	*Tiempo anual (horas)*	***Costo Anual en combustible (soles)***	*Horas-Hombre anuales*
Tabla de zonas	460.6505	165834.18	S/ 939,293.60	5320209
Tabla de paraderos	73.5635	26482.84	S/ 150,000.23	98171
Total	**534.2139**	192317.02	**S/ 1,089,293.83**	5418380

Tabla 99: Resumen de costos, tiempos de espera y horas hombre del modelo propuesto

Tabla de ahorro en tiempo de espera, costo de combustible y horas hombre	***Tiempo total de espera por día (horas)***	*Tiempo anual (horas)*	***Costo anual de combustible ponderando según el tipo de vehículo (soles)***	*Horas-Hombre anuales ponderando según el tipo de vehículos*
Ahorro	**1974.20**	710711.66	**S/ 3,539,345.51**	6598414

Tabla 100: Ahorro de la sociedad de implementar la propuesta de solución

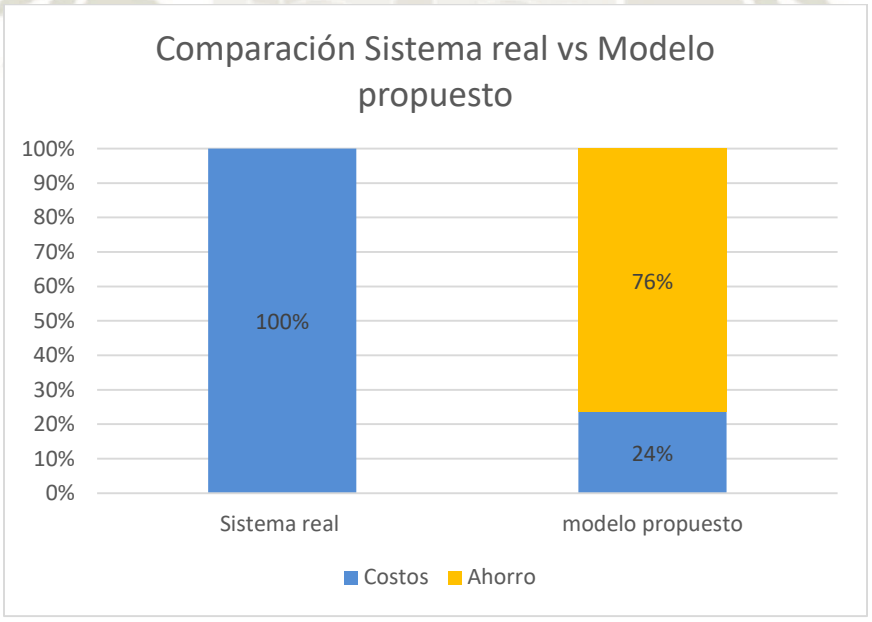


Ilustración 193: Comparación del sistema real con respecto al modelo propuesto de sincronización de semáforos y ubicación de paraderos exclusivos

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Notemos que la sociedad Arequipeña se vería beneficiada con un ahorro de S/. 3,539,345 lo que representa más del 76 % de los costos actuales, además, de disminuir los tiempos de espera en las vías y de dejar de contaminar el medio ambiente con gases producto de la combustión.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

CONCLUSIONES:

Primero. Se realizó la toma de datos del comportamiento estadístico de los vehículos que transitan por las avenidas *Aviación – Pumacahua - Ejército* en todos los puntos de acceso y salida de esta vía troncal, para después desarrollar el análisis de la *situación actual* de las avenidas en estudio, esta información la presento en el CAPITULO 3.

Segundo. Con la información del CAPITULO 3 se armó el modelo de simulación que representa el comportamiento de la tráfico vehicular en las avenidas en estudio, posteriormente, en este modelo representé las herramientas (Dimensiones: *Sincronización de semáforos* e *Implementación de carriles de uso exclusivo para el transporte público)* que mejorarían la fluidez vehicular al implementarlas, la respuesta a esta hipótesis, felizmente, salió afirmativa y los resultados los presento en el CAPITULO 5.

Tercero. Para decir que, efectivamente, al implementar las herramientas mencionadas se tiene una mejor fluidez vehicular se comparó la *propuesta de mejora* con respecto a la *situación actual*, específicamente la comparación fue de los indicadores *Tiempo de espera en cola* y *Costo de espera*, esta información también está presente en el CAPITULO 5, con esto se cumplió con los objetivos específicos de la presente tesis.

Cuarto. Es posible la mejora del flujo vehicular sin implementar una gran reforma, basta con pocos recursos, como, en este caso, estamos demostrando que la sociedad en general puede ahorrar hasta 4 millones de soles anuales (30% menos de lo que se gasta actualmente) tan solo reacomodado los tiempos de ciclo de los semáforos, ver la *Ilustración 192: Comparación de costos sistema real con respecto al modelo propuesto de sincronización de semáforos*

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Quinto. Con un presupuesto moderado de parte de las municipalidades se podría no solo sincronizar los semáforos sino construir paraderos de uso exclusivo para vehículos de transporte público, con esta reforma la sociedad se puede ahorrar hasta 3 millones de soles lo que representa el 75% de lo que actualmente se gasta, ver la *Ilustración 193: Comparación del sistema real con respecto al modelo propuesto de sincronización de semáforos y ubicación de paraderos exclusivos*

Sexto. De implementar la solución completa propuesta en la investigación la sociedad arequipeña tendría los siguientes beneficios, que no solo son económicos:

- Mejor fluidez vehicular: Se recorre el mismo trayecto en menos tiempo, 4 minutos de ahorro por vehículo, al año se tiene un ahorro de 1974 horas.
- Menos tiempo perdido: Se tiene un ahorro de 6598414 Horas hombre, lo que significaría mayor productividad para realizar otras actividades
- Ahorro en combustible: Se tiene un ahorro de 3.5 millones de soles
- Menos contaminación: Se deja de quemar el combustible equivalente a 3.5 millones de soles

Séptimo. El sistema de mejora que se propone en la presente investigación se hizo bajo las características actuales del tránsito de Arequipa, por lo tanto, es probable que en unos años esta propuesta ya no sea tan eficiente, la fluidez vehicular es un tema que debe estar en constante investigación y mejora, los estudios al respecto deberían darse aproximadamente cada 5 años.

Octavo. Los beneficios mencionados hasta el momento, podrían ser aún mucho mayores si se reforma el transporte público y las vías de comunicación en Arequipa, por eso dejo la

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

oportunidad a futuros tesistas a que investiguen la fluidez vehicular en otros puntos de la ciudad, esto mejoraría nuestra calidad de vida como sociedad.

Noveno. En la ciudad de Arequipa existen 138 empresas de transporte quitando a las empresas de transporte interprovincial quedarían 125 empresas cada una en promedio cuenta con 2.7 rutas lo que serían 337 rutas para toda la provincia de Arequipa, de todas estas rutas, 250 Pasan por el cercado de la ciudad, esto a simple viste no parece bueno, entonces dejo la pregunta ¿Realmente será necesario que tantas rutas pasen por el cercado? Ahora comparémonos con un país cercano al nuestro que es pionero en solución en temas relacionados al transporte público, Brasil, y vayamos a la ciudad de Porto Alegre, una ciudad con una población parecida a la nuestra ,1.4 millones de personas. Esta ciudad cuenta con 360 rutas que están divididos de la siguiente forma: (Alegre, s.f.):

- Radiales: Enlaza barrios con el centro 40%
- Transversales: enlaza barrios sin pasar por el centro 36%
- Circulares: Realiza rutas circulares 24%

Entonces en esta ciudad que tiene un sistema de transporte bueno, en mi opinión, solo 129 rutas pasan por el centro, el resto 230 solo circulan entre barrios, entonces será correcto que en nuestra ciudad circulen por el centro 250 rutas, este es un tema muy amplio para investigar, de todas formas, aquí dejo la interrogante para que futuros tesistas se inclinen por estos temas y demos, con ayuda de todos, una solución a nuestro sistema de transporte.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

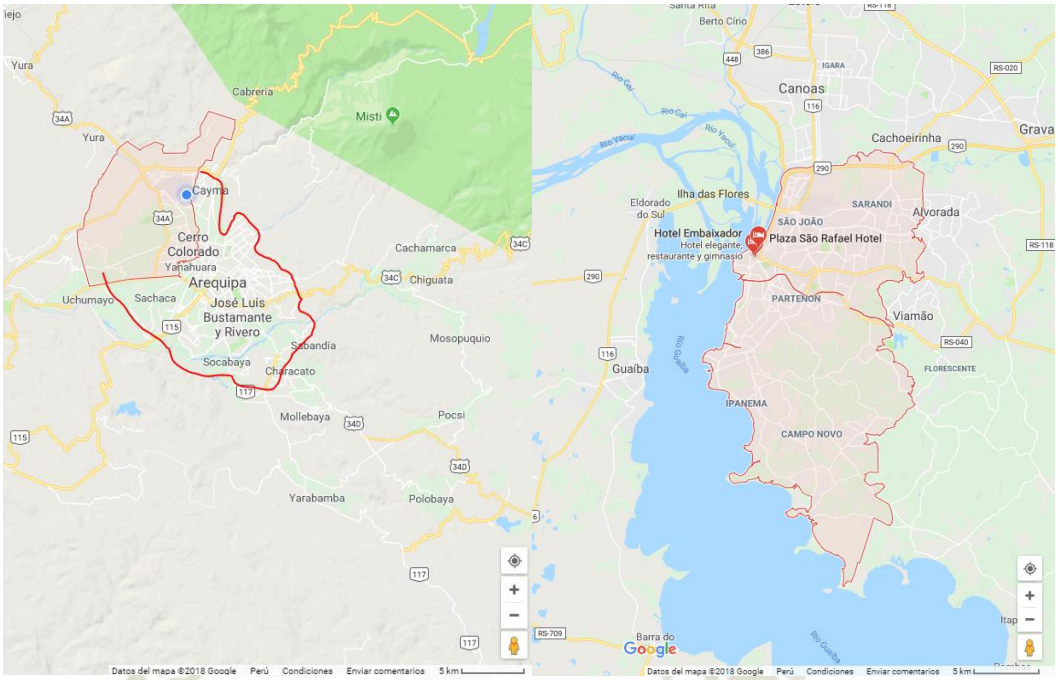


Ilustración 194: Comparación entre ciudad Arequipa – Ciudad Porto Alegre

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

RECOMENDACIONES

Primero. Para que funcione el sistema propuesto los vehículos de transporte publico obligatoriamente tiene que cumplir con usar sólo sus paraderos asignados y no cualquier esquina, como actualmente sucede que pueden pararse en cada cuadra, esta será una tarea difícil para la municipalidad pero, si es posible de hacer, un ejemplo de ello tenemos aquí cerca, en la Ciudad del Cusco los choferes tienen muy claro que sólo pueden detenerse en sus paraderos asignados y no en cualquier parte, entonces la tarea de que los vehículos usen únicamente los paraderos asignados están en manos de la municipalidad.

Segundo. Para que funcione el sistema OLA VERDE tiene que cumplirse condiciones como:

- Igual tiempo de ciclo de los semáforos.
- Desfase de inicio de ciclo entre semáforo y semáforo depende de las distancias entre ellos y de la velocidad de los vehículos adecuada para la zona donde se implementará la ola verde.
- Las pistas tienen que estar obligatoriamente en buen estado.

Por lo tanto, se recomienda mejorar las pistas, dándoles mantenimientos programados para que el sistema propuesto funcione correctamente.

Tercero. Como se dijo en las conclusiones, la propuesta de la presente investigación está orientada bajo las características del sistema actual y es probable que en unos años ya no sea tan eficiente, por lo tanto es recomendable hacer el estudio cada 5 años, pero no solo eso, según mi experiencia en estos años de vida profesional es posible implementar un verdadero sistema

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

de semáforos inteligentes (mediante el principio de redes neuronales y un sistema SCADA) que este monitoreando constantemente el flujo vehicular y que optimice los cambios de luz de los semáforos de acuerdo al tránsito que se tenga en un instante determinado con la finalidad de tener la mayor cantidad de vehículos en movimiento, a su vez, estos tendrían que estar asociados a un centro de control, donde se podría ver el estado de todos los semáforos de la ciudad, y de ser necesario en caso de emergencia poner todos los semáforos de una avenida en verde o en caso de una persecución ponerlos en rojo, esto sería posible con la asociación de los software *Matlab, Arena* con sistemas inteligentes como PLCs, dicho sea de paso un gran fabricante de PLCs a nivel mundial es *"Rockwell Automation"* que también es el proveedor del *Arena.*

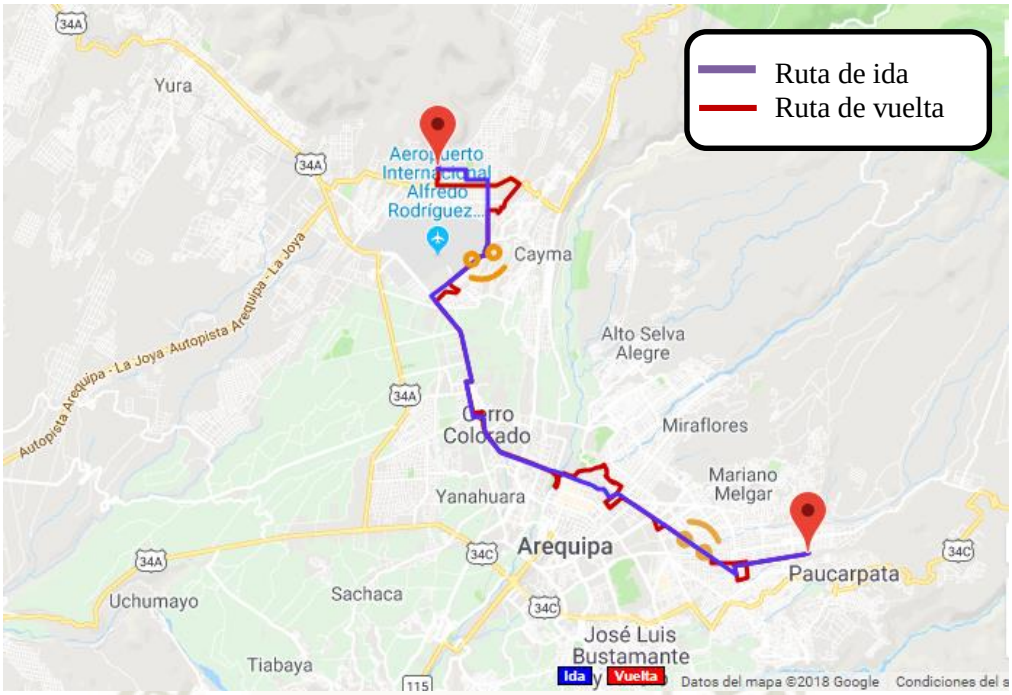
Cuarto. Cuando se hizo la búsqueda de las rutas de las líneas de transporte público de la ciudad, claramente se notó que, hubo algún intento de asignar dichas rutas de forma ordenada, orden que terminó por quebrarse, pues después, se encontró que las rutas presentaban nombres distintos y sin ningún orden, a pesar, de solo variar un pequeño tramo del circuito, este simple hecho hace notar que pudo haber alguna irregularidad al momento de aprobar la circulación de líneas de transporte.

Ejemplo:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

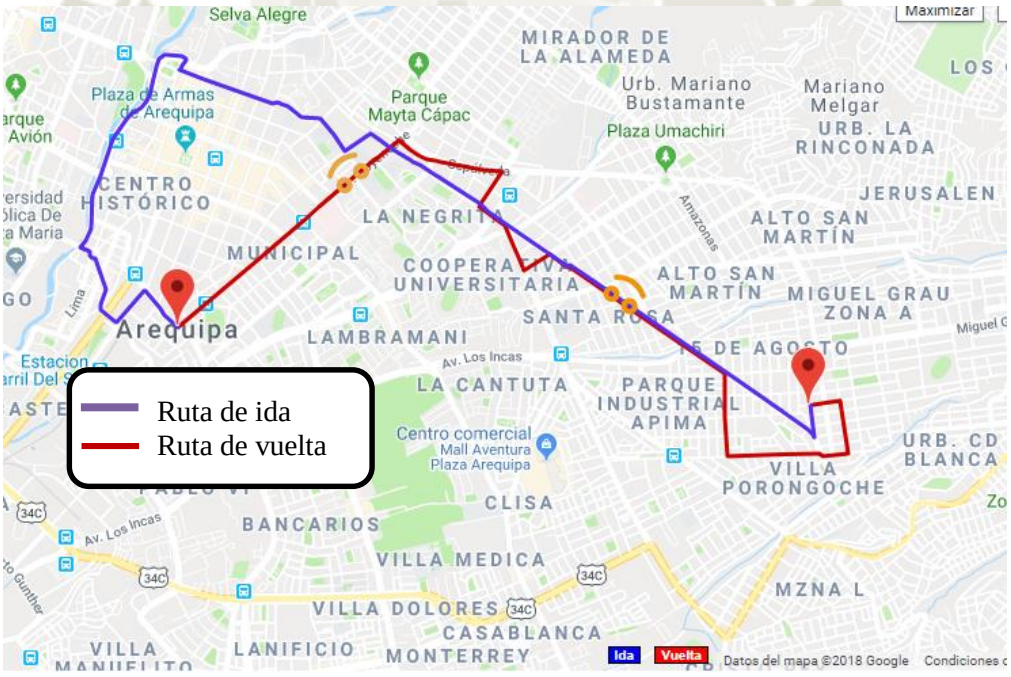
REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA



Fuente: muniarequipa.gob.pe

Ilustración 195: Ruta C032 Empresa Santa Clara



Fuente: muniarequipa.gob.pe

Ilustración 196: Ruta C033 Empresa Santa Clara

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

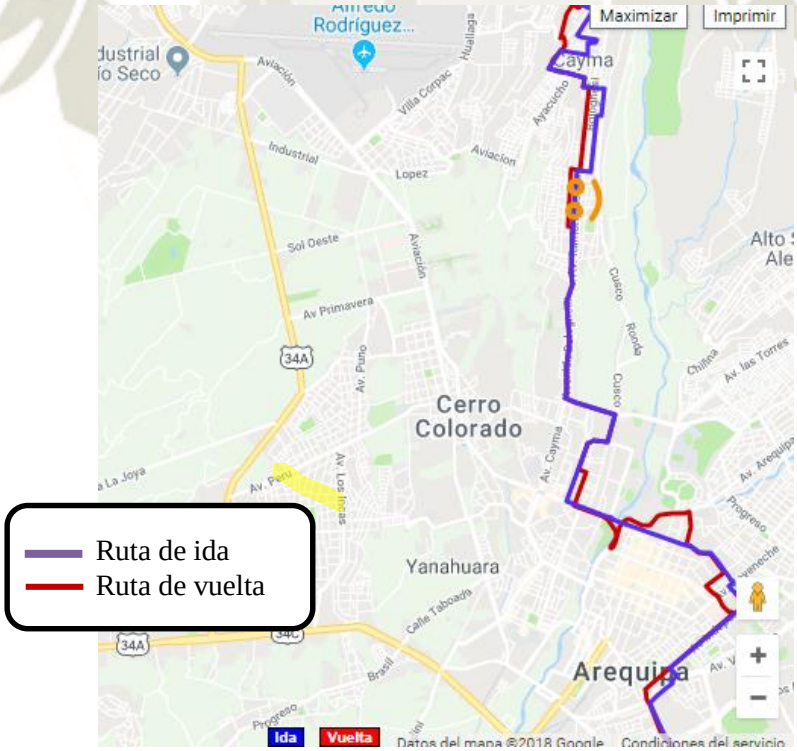
REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA



Fuente: muniarequipa.gob.pe

Ilustración 197: Ruta E029 Empresa Ciudad Municipal Arequipa SA



Fuente: muniarequipa.gob.pe

Ilustración 198: Ruta A029A Empresa Cotaspa SA

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

INDICE

A

Actividades · 21

Analisis de Montecarlo · 15

Análisis de sistemas · 29

B

bienes de consumo · 43

C

controles · 21

E

Educación y la captación · 29

En la investigación · 29

Entidades · 22, 23, 27

entidades de llegada · 21

entidades de salida · 21

G

Geo Tracker · 36

GPS · 36

M

Modelo · 27

O

ola verde · 38

P

Paraderos Duales · 244

Play Store · 36

proyecto de simulación · 35

Punto Crítico · 50, 55, 56

R

recursos · 21

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

S

SIMAN · 16

SIMULA · 16

simulacion · 19

simulación · *Véase*

Simulación continua · 32, 36

simulación de Montecarlo · 29

Simulación de sistemas · 17

Simulación determinística · 31

Simulación dinámica · 30

Simulación discreta · 32

Simulación estática · 29

Simulación estocástica o probabilista · 31

sistema · 21

Sistema · 21

T

The Art Of Simulation · 16

transformadas de Laplace · 15

U

Ultimate Stopwatch · 37

V

Vehículos de transporte Publico · 76

W

Winter Simluation Conference · 16

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

BIBLIOGRAFIA

Adell, J. (1997). *http://www.uib.es/depart/gte/revelec7.html*.

Alegre, P. d. (s.f.). *Prefeitura de Porto Alegre*. Obtenido de http://www2.portoalegre.rs.gov.br/portal_pmpa_novo/

Alegsa. (s.f.). *Que es un sistema*. Obtenido de https://www.youtube.com/watch?v=PpMGbhqMsqA

Arango, K. (1993). Simulacion de sistemas.

AURUM Consultoría y Mercado. (2016). *Guia de Negocios e Inversión en el Peru.* Arequipa.

Banco Central de Reserva del Peru. (2016). *Informe Económico y Social Región Arequipa.* Arequipa.

Bosco, J. (1995). Schooling and Learning in an Information Society. *Oficce of Technology Assesment (ed.), Education and Technology: Future Visions*. U.S. Congress, Oficce of Technology Assesment (ed.), Washington, DC.

cabero, A. (1994). Nuevas tecnologías, comunicación y educación. *Comunicar*, 14-25.

Collins, A., & Vizcarro, C. (1998). Nuevas tecnologías para el aprendizaje. En *El potencial de las tecnologías de la información para la educación.* Madrid: Piramide.

COMISION EUROPEA. (2000). Estrategias para la creación de empleo en la sociedad de la información. Luxemburgo.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Corrales Delgado, C. J. (1998). Modelo de Simulación del Proceso de Atencion del Servicio Telefonico en Teefonica Peru Sucursal Arequipa. Arequipa, Perú.

Delatre, P. (1971). Teoria de sistemas.

Facultad de Ingeniería - Universidad de Buenos Aires. (2010). *Simulacion- Modelos de Simulacion.* Buenos Aires.

Flexim. (s.f.). Simulacion por eventos discretos.

Gamiz Sanchez, V. (s.f.). tesis doctoral: Entornos virtuales para la formacion practica de estudiantes de educacion: implementacion, experimentacion y evaluacion de plataformas web. Granada, España: Editorial de la Univesidad de Granada.

Gestion. (24 de sep de 2014). Mito de educación a largo plazo se esfuma gracias a tecnologías de información. Obtenido de http://gestion.pe/economia/mito-educacion-largo-plazo-se-esfuma-gracias-tecnologias-informacion-2109414

GESTION. (11 de abril de 2016). Qué se espera del crecimiento economico de Arequipa en los proximos años?

Grane, M. (dic de 1997). *¿Informatica Infantil?* Obtenido de http://www.doe.d5.ub.es/te/any97/grane

Instituto Peruano de Economía. (2016). Resultados tercer trimestre 2016 del Indicador Compuesto de la Actividad Economica. (I. P. Economía, Ed.)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

J, C., & Cabero, J. (1998). Impacto de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación en las organizaciones educativas. En *Enfoques en la organización y*. Granada: Grupo Editorial Universitario.

J. A., M., & MArina, J. (1999). Educacion e Intenet. *El timo de la sociedad de la información.* Madrid: Santillana.

Jabonero, M. (sep de 2014). Eduacion y tecnologias de la informacion. (M. S. Vargas, Entrevistador) Gestion.

Lander Simulation. (2002). España.

Llican Calderon, J. A. (s.f.). Simulacion de Sistemas Caso servicentro. Lima, Lima, Peru. Obtenido de http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/tesis/basic/llican_cj/cap2.pdf

Ministerio de Transportes y Comuniacciones. (2012). *Parque Automotor en circulación.*

Montoya, G. (2015). Ingeniería de Transito. En G. Montoya, *Ingenieria Civil.* Lima: Universidad Nacional de Ingeniería.

Poole, J. (1999). *Tecnología Educativa: Educar para la sociocultura de la comunicación y del conocimiento.* MCgraw-Hill: MAdrid.

Rockwell Automation. (s.f.). *Arena Simulation Software*. Obtenido de https://www.arenasimulation.com/what-is-simulation

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Sin fronteras. (19 de junio de 2017). Arequipa: En cinco meses se compraron 30% mas carros que en 2016.

Thunderheadeng. (s.f.). *Pathfinder*. Obtenido de http://www.thunderheadeng.com/pathfinder/

Torres vega, P. J. (2010). *Simulacion de Sistemas con el Software Arena* (primera ed.). Lima, Lima, Peru: Fondo editorial de la Universidad de Lima.

Wikipedia. (s.f.). Ola verde. *Ingeniería Vial*. Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/Categor%C3%ADa:Ingenier%C3%ADa_vial

Winter simulation Conference. (2014). *Exploring BIg Data through Simulation*. Obtenido de http://www.wintersim.org/2014/sim101.html

Wolf Rojas, P. A. (2011). Modelos de Programación Matemática para la Asignación de Pabellones Quirurgicos en Hospitales Publicos. Santiago, Peru.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

ANEXO

Anexo 1: Modelo de simulación en Arena situación actual Av. Aviación-Pumacahua-Ejército

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

AV AVIACIÓN

AV PUMACAHUA

AV EJERCITO

INTERCEPCIONES

SEMAFOROS

SEMAFORO 1
SEMAFORO 2
SEMAFORO 3

Semaforo Pachitea

Semaforo Ucayali

Semaforo Marañon

SEMAFORO 4

SEMAFORO 5

SEMAFORO 6
Semáforo Paris-metro Cerro Colorado

Semáforo Maestro Home Center
SEMAFORO 7

Semáforo General Moran
SEMAFORO 8

Semáforo Salamanca
SEMAFORO 9

Semáforo Hernando de Luque
SEMAFORO 10

Semáforo Calle Challapampa
SEMAFORO 11

Semáforo Calle Circunvalación
SEMAFORO 12

Semáforo Jose Galvez
SEMAFORO 13

Semaforo Caja Tacna
SEMAFORO 14

Semaforo Ampatacocha
SEMAFORO 15

SEMAFORO 16
Semaforo Recoleta

Control Semáforos Internos

S6 interior

S8 interior

S10 interior

S11 interior

S12 interior

Semaforo Interno REAL PLAZA

S15 interior

Distribución guardada en la variable X1 T1234S

Distribución guardada en la variable X2 T1234S

Distribución guardada en la variable X3 T1234S

SUR A NORTE

Las horas consideradas en la parte teoria dice de 630 a 830, para facilitar el modelo considere de 6 a 8

0.00

0.00

Zamacola 1
1_S1

TPsemaforo1: tiempo proceso antes de semaforo 1

Zamacola 2
2_S2

TPsemaforo2: tiempo proceso antes de semaforo 1

Zamacola 3
3_S3

salen principalmente las combis piratas

Kia
4_S4

Distribucion guardada en la variable X123 T1234S

Cola semaforo Ucayali

06:15:00

Paradero regular Essalud
5_Essalud

Paradero regular monte bello
6_Monte bello

Cerro Colorado
7_S5

con el 20 % del decide se estan considerando las combis normales y las piratas que salen y se dan la vuelta hacia zamacola

Paradero regular Femaco
8_Femaco

Semáforo Paris-metro Cerro Colorado
9_S6

Ingreso villa florida

AV AVIACIÓN

Semáforo Maestro Home Center
10_S7

06:15:00

Semáforo General Moran
11_S8

Ingreso General Moran columna 1

Semaforo Salamanca
12_S9

AV PUMACAHUA

Paradero regular Moises Heresi
13_Moises Heresi

Ingreso pumacahua moises columna 4,5,6

Semáforo Hernando de Luque
14_S10

Ingreso pumacahua hernando de luque columna 7, 8

Semáforo Calle Challapampa
15_S11

Ingreso Pumacahua challapampa columna 9,10

Semáforo Calle Circunvalación
16_S12

Ingreso Pumacahua circunvalacion columna 11,12,13

Ingreso San Juan, expresion ingejercito columna 15,16,17

Ingreso San Juan

Semáforo Jose Galvez
17_S13

Semaforo Caja Tacna
18_S14

ingreso las canoas, expresion ingejercito columna 1 y 2

Ingreso las Canoas

06:15:00

Real Plaza
19_REALPLAZA

Paradero Entel
20_Entel

Ingreso sevilla columna 3,4,5 expresión ingejercito

Paradero Claro
21_Claro

Ingreso Francisco Mostajo columna 6,7 expresion ingejercito

Paradero metro
22_metro

Semaforo Ampatacocha
23_S15

Ingreso lima columna 8 y 9 expresión: ingejercito

Paradero Comisaría
24_Comisaría Yanahuara

Ingreso EMMEL

Paradero BCP
25_BCP

AV EJERCITO

ingreso misti expresion ingejercito columna 13,14

Ingreso Misti

Ingreso calle misti

Semaforo Recoleta
26_S16

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Anexo 2: Modelo de simulación en Arena "Propuesta para la implementación de paraderos Av. Aviación-Pumacahua-Ejército"

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

AV AVIACIÓN

AV PUMACAHUA

AV EJERCITO

Control Semáforos Internos

S6 interior

S8 interior

S10 interior

S11 interior

S12 interior

Semaforo Interno REAL PLAZA

S15 interior

AV AVIACIÓN

AV PUMACAHUA

AV EJERCITO

PARADEROS

INTERCEPCIONES

SEMAFOROS

SEMAFORO 1
SEMAFORO 2
SEMAFORO 3

Semaforo Pachitea

Semaforo Ucayali

Semaforo Marañon

SEMAFORO 4

SEMAFORO 5

SEMAFORO 6
Semáforo Paris-metro Cerro Colorado

Semáforo Maestro Home Center
SEMAFORO 7

Semáforo General Moran
SEMAFORO 8

Semáforo Salamanca
SEMAFORO 9

Semáforo Hernando de Luque
SEMAFORO 10

Semáforo Calle Challapampa
SEMAFORO 11

Semáforo Calle Circunvalación
SEMAFORO 12

Semáforo Jose Galvez
SEMAFORO 13

Semáforo Caja Tacna
SEMAFORO 14

Semaforo Ampatacocha
SEMAFORO 15

SEMAFORO 16
Semaforo Recoleta

Distribución guardada en la variable X1 T12345

Distribución guardada en la variable X2 T12345

Distribución guardada en la variable X3 T12345

SUR A NORTE

Las horas consideradas en la parte teoría dice de 630 a 830, para facilitar el modelo considere de 6 a 8

Zamacola 1
1_S1

TPsemaforo1: tiempo proceso antes de semaforo 1

Zamacola 2
2_S2

TPsemaforo2: tiempo proceso antes de semaforo 1

Zamacola 3
3_S3

Se puso el simbolo _b para indicar la propuesta poner paradero en tercer carril
En algunos casos específicos se puso la letra _e

PARADERO DUAL ZAMACOLA

Kia
4_S4

salon principalmente las combis piratas

Distribucion guardada en la variable X123 T12345

Cola semaforo Ucayali

06:15:00

Paradero regular Essalud
5_Essalud

PARADERO ESSALUD

Paradero regular monte bello
6_Monte bello

PARADERO MONTE BELLO

Cerro Colorado
7_S5

Se cambio este algoritmo para que no salgan tantos vehiculos de transporte publico

Con el 20 % del dacide estamos considerando las combis
las piratas que salen y se dan la vuelta hacia zamacola

PARADERO CUADROS

Paradero regular femaco
8_Femaco

PARADERO FEMACO

Semáforo Paris-metro Cerro Colorado
9_S6

PARADERO METRO

Ingreso villa florida

AV AVIACIÓN

Semáforo Maestro Home Center
10_S7

06:15:00

Semáforo General Moran
11_S8

Ingreso General Moran columna 1

Semaforo Salamanca
12_S9

PARADERO DUAL CERRO VIEJO

Ingreso pumacahua moises columna 4,5,6

AV PUMACAHUA

Paradero regular Moises Heresi
13_Moises Heresi

PARADERO MOISES HERESI

Semáforo Hernando de Luque
14_S10

Ingreso pumacahua hernando de luque columna 7, 8

Semáforo Calle Challapampa
15_S11

Ingreso Pumacahua challapampa columna 9,10

PARADERO CHALLAPAMPA

Semáforo Calle Circunvalación
16_S12

PARADERO DUAL CIRCUNVALACIÓN _1

Ingreso Pumacahua circunvalacion columna 11,12,13

PARADERO DUAL CIRCUNVALACIÓN _2

Ingreso San Juan

Ingreso San Juan, expresion ingejercito columna 15,16,17

Ingreso las canas, expresion ingejercito columna 1 y 2

Ingreso las Canoas

Semáforo Jose Galvez
17_S13

Ingreso Francisco Mostajo columna 6,7 expresion ingejercito

06:15:00

Semáforo Caja Tacna
18_S14

PARADERO DUAL CAJA TACNA

Real Plaza
19_REALPLAZA

Paradero Entel
20_Entel

PARADERO DUAL ENTEL

Ingreso sevilla columa 3,4,5 expresión ingejercito

Paradero Claro
21_Claro

PARADERO DUAL CLARO

Paradero metro
22_metro

Semaforo Ampatacocha
23_S15

Ingreso lima columna 8 y 9 expresión: ingejercito

Paradero Comisaria
24_Comisaría Yanahuara

PARADERO COMISARIA

Ingreso Emmsl, expresion ingejercito columna 10,11, 12

Ingreso EMMSL

Paradero BCP
25_BCP

ingreso calle miati

ingreso miati expresion ingejercito columna 13,14

Ingreso Miati

AV EJERCITO

Semáforo Recoleta
26_S16

PARADERO DUAL RECOLETA

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Anexo 3: Modelo de simulación en Arena "Propuesta para la implementación de paraderos y sincronización de semáforos Av. Aviación-Pumacahua-Ejército"

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

AV AVIACIÓN

AV PUMACAHUA

AV EJERCITO

Control Semáforos Internos

S6 interior

S8 interior

S10 interior

S11 interior

S12 interior

Semaforo Interno REAL PLAZA

S15 interior

AV AVIACIÓN

AV PUMACAHUA

AV EJERCITO

PARADEROS

INTERCEPCIONES

SEMAFOROS

SEMAFORO 1
SEMAFORO 2
SEMAFORO 3

Semaforo Pachitea

Semaforo Ucayali

Semaforo Marañon

SEMAFORO 4

SEMAFORO 5

SEMAFORO 6
Semáforo Paris-metro Cerro Colorado

Semáforo Maestro Home Center
SEMAFORO 7

Semáforo General Moran
SEMAFORO 8

Semáforo Salamanca
SEMAFORO 9

Semáforo Hernando de Luque
SEMAFORO 10

Semáforo Calle Challapampa
SEMAFORO 11

Semáforo Calle Circunvalación
SEMAFORO 12

Semaforo Jose Galvez
SEMAFORO 13

Semaforo Caja Tacna
SEMAFORO 14

Semaforo Ampatacocha
SEMAFORO 15

SEMAFORO 16
Semaforo Recoleta

Distribución guardada en la variable X1 T12345

Distribución guardada en la variable X2 T12345

Distribución guardada en la variable X3 T12345

SUR A NORTE

Las horas consideradas en la parte teoria dice de 630 a 830, para facilitar el modelo considere de 6 a 8

0.00

0.00

Zamacala 1
1_S1

TPsemaforo1: tiempo procesa antes de semaforo 1

Zamacala 2
2_S2

TPsemaforo2: tiempo procesa antes de semaforo 1

Distribución guardada en la variable X1,23 T12345

Cola semaforo Ucayali

06:15:00

Zamacala 3
3_S3

Se puso el simbolo _b para indicar la propuesta poner paradero en tercer carril
En algunos casos especificos se puso la letra _a

PARADERO DUAL ZAMACOLA

salen principalmente las combis piratas

Ria
4_S4

Paradero regular Essalud
5_Essalud

PARADERO ESSALUD

Paradero regular monte bello
6_Monte bello

PARADERO MONTE BELLO

Cerro Colorado
7_S5

Se cambio este algoritmo para que no salgan tantos vehiculos de transporte publico

con el 20 % del decido se estan considerando las combis normales
y las piratas que salen y se dan la vuelta hacia zamacola

PARADERO CUADROS

Paradero regular Femaco
8_Femaco

PARADERO FEMACO

Semáforo Paris-metro Cerro Colorado
9_S6

PARADERO METRO

Ingreso villa florida

AV AVIACIÓN

Semáforo Maestro Home Center
10_S7

06:15:00

Semaforo General Moran
11_S8

Ingreso General Moran columna 1

Semaforo Salamanca
12_S9

PARADERO DUAL CERRO VIEJO

Ingreso pumacahua moises columna 4,5,6

AV PUMACAHUA

Paradero regular Moises Heresi
13_Moises Heresi

PARADERO MOISES HERESI

Semáforo Hernando de Luque
14_S10

Ingreso pumacahua hernando de luque columna 7, 8

Semáforo Calle Challapampa
15_S11

Ingreso Pumacahua challapampa columna 9,10

PARADERO CHALLAPAMPA

Semáforo Calle Circunvalación
16_S12

PARADERO DUAL CIRCUNVALACIÓN _1

Ingreso Pumacahua circunvalacion columna 11,12,13

PARADERO DUAL CIRCUNVALACIÓN _2

Ingreso San Juan

Ingreso San Juan, expresion ingejercito columna 15,16,17

ingreso las canoas, expresion ingejercito columna 1 y 2

Ingreso las Canoas

Semáforo Jose Galvez
17_S13

Semáforo Caja Tacna
18_S14

06:15:00

PARADERO DUAL CAJA TACNA

Real Plaza
19_REALPLAZA

Paradero Entel
20_Entel

PARADERO DUAL ENTEL

Ingreso sevilla columa 3,4,5 expresión ingejercito

Ingreso Francisco Mostajo columna 6,7 expresion ingejercito

Paradero Claro
21_Claro

PARADERO DUAL CLARO

Paradero metro
22_metro

Semaforo Ampatacocha
23_S15

Ingreso lima columna 8 y 9 expresión: ingejercito

Paradero Comisaria
24_Comisaría Yanahuara

PARADERO COMISARIA

Ingreso Emmel, expresion ingejercito columna 10,11, 12

Ingreso EMMEL

Paradero BCP
25_BCP

Ingreso calle miati

Ingreso miati expresion ingejercito columna 13,14

Ingreso Miati

AV EJERCITO

Semáforo Recoleta
26_S16

PARADERO DUAL RECOLETA

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Anexo 4: Propuesta para la ubicación de paraderos en las Avenidas Aviación-Pumacahua-Ejército

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

LEYENDA

PARADEROS ANTIGUOS	
PROPUESTA DE PARADEROS NUEVOS DUALES	
PROPUESTA DE PARADEROS	
SE MANTIENE LOS PARADEROS ANTIGUOS	
SEMÁFOROS EN LA DIRECCIÓN DEL ESTUDIO	
DIRECCIÓN DE LOS VEHÍCULOS EN ESTUDIO	025.87
ZONIFICACION COMERCIAL	Ha 2
	010.14
MERCADO LOCAL	**M**
ZONIFICACION DE USOS ESPECIALES	Ha 2
RECREACION ACTIVA	**RA**
ZONA PROTECCION ECOLOGICA	**ZPE**
SIMBOLOGIA VIAL - GEOGRAFICA	
RIOS	
LIMITE DISTRITAL	
EQUIPAMIENTOS PROPUESTOS	

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
REVISIONES	04			DIBUJADO POR:	Carlos Oblea Silva	01/07/2018												
	03			DISEÑADO POR:	Carlos Oblea Silva	01/07/2018												
	02			REVISADO POR:	Dr. Efrain Murillo	08/07/2018												
	01			APROBADO POR:														

PROYECTO:
Mejora de la fluidez vehicular mediante un modelo de simulación: Caso Av. Aviación-Ejercito-Pumacahua

Universidad Católica de Santa María

TITULO:
Propuesta para la implementación de paraderos duales y normales en las avenidas Aviación-Pumacahua- Ejercito

L.A. No: 1/1

00 00 01 01