

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ**

**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA**



**ANÁLISIS DE SEGURIDAD VIAL Y ACCESIBILIDAD DE LA ZONA  
DE APROXIMACIÓN A LA INTERSECCIÓN DE LAS AVENIDAS  
PRIMAVERA Y SAN LUIS Y SU MEJORAMIENTO CON  
PROPUESTAS DE BAJO COSTO**

**Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil**

**AUTOR:**

Fabricio Andrés Revilla Rojas

**ASESOR:**

Juan Carlos Dextre Quijandría

Fiorella Nicole Aranda Jiménez


Lima, Setiembre, 2023

### Informe de Similitud

Yo, JUAN CARLOS DEXTRE QUIJANDRÍA, docente de la Facultad de Ciencias e Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica del Perú, asesor(a) de la tesis de trabajo de investigación titulado "Análisis de seguridad vial y accesibilidad de la zona de aproximación a la intersección de las avenidas Primavera y San Luis y su mejoramiento con propuestas de bajo costo", del autor **FABRICIO ANDRÉS REVILLA ROJAS**, dejo constancia de lo siguiente:

- El mencionado documento tiene un índice de puntuación de similitud de 7%. Así lo consigna el reporte de similitud emitido por el software *Turnitin* el 12/09/2023.
- He revisado con detalle dicho reporte y la Tesis o Trabajo de Suficiencia Profesional, y no se advierte indicios de plagio.
- Las citas a otros autores y sus respectivas referencias cumplen con las pautas académicas.

Lugar y fecha: 18 de setiembre del 2023

Apellidos y nombres del asesor: DEXTRE QUIJANDRÍA, JUAN CARLOS	
<u>Paterno Materno, Nombre1 Nombre 2</u>	
DNI: 21413102	Firma 
ORCID: 0000-0002-9810-2464	

## Resumen

Esta tesis analiza el caso de la intersección de las avenidas Primavera, Angamos, San Luis, Intihuatana y Caminos del Inca en la ciudad de Lima. Estudia la falta de seguridad vial en ella y las barreras que disminuyen la accesibilidad. Para ello, se identifican a los usuarios que transitan por la zona de estudio, con el fin de saber las necesidades que se deben satisfacer. Con la justificación de la poca inversión peruana en el tránsito se usan medidas de bajo costo para solucionar los errores encontrados. Estas medidas son tomadas de diferentes manuales de diferentes países. Luego, las propuestas se comparan con el caso actual mediante una microsimulación de la intersección perteneciente a la zona de estudio.



## Índice

Lista de figuras .....	v
Lista de tablas .....	vii
Lista de ecuaciones .....	viii
1. CAPÍTULO I: Introducción.....	1
1.1 Planteamiento del problema y justificación .....	2
1.2 Objetivos .....	3
1.2.1 Objetivo general .....	3
1.2.2 Objetivos específicos.....	3
1.3 Alcance .....	3
2. CAPÍTULO II: Marco teórico .....	5
2.1 La movilidad sostenible .....	5
2.2 Los tres tipos de seguridad.....	6
2.2.1. Seguridad nominal.....	6
2.2.2. Seguridad sustantiva.....	7
2.2.3. Percepción de seguridad.....	8
2.3 Accesibilidad urbana.....	8
2.3.1 Usuarios vulnerables .....	8
2.3.2 Diseño universal .....	9
2.3.3 EEPI .....	11
2.4 Auditorías e inspecciones de seguridad vial .....	12
2.4.1 Listas de chequeo .....	13
3. CAPÍTULO III: Metodología.....	16
3.1. Obtención del plano .....	16
3.2. Identificación de los usuarios vulnerables .....	16
3.3. Análisis de la seguridad vial y accesibilidad en campo .....	16
3.4. Investigación de las medidas de bajo costo .....	17
3.5. Armado de la lista de chequeos .....	17
3.6. Aplicación de las medidas de bajo costo .....	17
3.7. Limitaciones.....	17
4. CAPÍTULO IV: Caso de estudio.....	18
4.1 Mediciones tomadas en campo .....	18
4.2. Obtención del plano .....	20
5. CAPÍTULO V: Identificación de los usuarios vulnerables.....	22
6. CAPÍTULO VI: Análisis de la seguridad vial y accesibilidad.....	24

6.1 Señalización horizontal.....	24
6.2 Señalización vertical.....	25
6.3 Semaforización.....	26
6.3.1 Ciclo semafórico.....	26
6.3.2 Ciclo peatonal.....	27
6.3.3 Cabezales de semáforos.....	28
6.3.4 Intervalos de cambio de fase.....	29
6.4 Diseño vial.....	29
6.4.1 Cantidad de carriles y canalización.....	29
6.4.1 Radios de giro.....	31
6.5 Transporte público.....	31
6.6 Rampas.....	33
6.7 Veredas.....	35
7. CAPÍTULO VII: Medidas de bajo costo.....	38
7.1 Islas canalizadoras.....	38
7.2 Vallas peatonales.....	38
7.3 Ubicación de los cruceros peatonales.....	39
7.4 Intervalo de peatón líder.....	39
7.5 Radios de giro.....	40
7.6 Líneas guía.....	41
7.7 Carriles de giro a la izquierda.....	41
7.8 Semáforo para buses.....	44
7.9 Veredas.....	44
7.10 Rampas.....	44
7.11 Estacionamientos.....	45
8. CAPÍTULO VIII: Armado de las listas de chequeo.....	46
8.1 Lista de chequeo ISV.....	46
8.2 Lista de chequeo EEPI.....	46
8.3 Lista de chequeo ASV.....	46
9. CAPÍTULO IX: Aplicación de las medidas de bajo costo.....	47
9.1 Diseño vial y señalización horizontal.....	48
9.2 Señalización vertical.....	53
9.3 Semaforización.....	55
9.3.1 Planificación del ciclo semafórico.....	55
9.3.2 Cálculo del ciclo semafórico.....	57

9.3.3 Cabezales de semáforos .....	63
10. CAPÍTULO X: Microsimulación .....	64
10.1 Modelos de microsimulación .....	64
10.2 Calibración y validación .....	67
10.3 Resultados .....	73
10.3.1 Tiempos de viajes vehiculares .....	74
10.3.2 Tiempos de viajes peatonales .....	76
10.3.3 Colas .....	77
11. CAPÍTULO XI: Conclusiones .....	79
12. CAPÍTULO XII: Recomendaciones .....	84
Bibliografía .....	86
Anexos .....	89



## Lista de figuras

Figura 2.1: Visibilidad en una curva vertical parabólica.....	7
Figura 2.2: Esquema general de la gestión del entorno (análisis operacional).....	12
Figura 2.3: Ejemplo de la primera página de un lista de chequeos .....	14
Figura 3.1: Gráfico resumen de la metodología .....	18
Figura 4.1: Medida para la calibración del plano .....	18
Figura 4.2: Puntos de validación .....	19
Figura 4.3: Punto de validación 1 .....	19
Figura 4.4: Punto de validación 2 .....	20
Figura 4.5: Punto de validación 3 .....	20
Figura 4.6: Foto aérea de la zona de estudio .....	21
Figura 4.7: Plano inicial.....	21
Figura 5.1: Rutas de deseo y puntos de aglomeración peatonal.....	22
Figura 6.1: Señalización horizontal poco visible.....	24
Figura 6.2: Falta de separación de carriles .....	24
Figura 6.3: Senda de cruce peatonal incorrecta.....	25
Figura 6.4: Incoherencia en la señalización vertical.....	25
Figura 6.5: Señal con poca visibilidad.....	26
Figura 6.6: Distribución de semáforos en la intersección .....	28
Figura 6.7: Exceso de carriles en la Av. Géminis .....	29
Figura 6.8: Exceso de carriles en el Jr. Tinajones .....	30
Figura 6.9: Exceso de carriles en la intersección.....	30
Figura 6.10: Radios de giro grandes.....	31
Figura 6.11: Paradero Av. Caminos del Inca.....	32
Figura 6.12: Paradero Av. Primavera .....	32
Figura 6.13: Paradero Av. San Luis .....	33
Figura 6.14: Ubicación de rampas con errores .....	33
Figura 6.15: Rampas de los puntos A (izquierda) y B (derecha) .....	34
Figura 6.16: Rampas del punto C .....	34
Figura 6.17: Ausencia de rampas en el punto 1 .....	35
Figura 6.18: Ausencia de rampas en el punto 2.....	35
Figura 6.19: Veredas con discontinuidades u obstrucciones.....	36
Figura 6.20: Discontinuidad de vereda en el punto 1 .....	36
Figura 6.21: Obstrucción de vereda en el punto 2 .....	37
Figura 6.22: Obstrucción de vereda punto 3.....	37



Figura 7.1: Islas canalizadoras (giros a la derecha).....	38
Figura 7.2: Islas canalizadoras (refugio de peatones).....	38
Figura 7.3: Vallas peatonales.....	39
Figura 7.4: Radio de giro efectivo .....	40
Figura 7.5: Líneas guía .....	41
Figura 7.6: Carril de giro a la izquierda.....	42
Figura 7.7: Semáforo para buses .....	44
Figura 9.1: Cambios en la Av. Géminis .....	48
Figura 9.2: Cambios en la Av. Intihuatana.....	49
Figura 9.3: Cambios en el Jr. Tinajones .....	50
Figura 9.4: Cambios en la Av. Primavera .....	50
Figura 9.5: Cambios en la Av. San Luis.....	51
Figura 9.6: Cambios en el óvalo.....	53
Figura 9.7: Señal aérea de la Av. San Luis.....	54
Figura 9.8: Colas formadas dentro de la intersección .....	55
Figura 9.9: Fases semafóricas.....	57
Figura 9.10: Ciclo semafórico calculado .....	63
Figura 9.11: Ubicación de los semáforos .....	64
Figura 10.1 Microsimulación de la situación actual.....	65
Figura 10.2 Giros a la izquierda de la Av. Primavera .....	66
Figura 10.3: Microsumulación de la propuesta .....	67
Figura 10.6 Parámetros de calibración .....	73
Figura 10.7 Ciclo semafórico final.....	74
Figura 10.8(a): Tiempos de viaje vehicular.....	74
Figura 10.8(b): Tiempos de viaje vehicular.....	75
Figura 10.9(a): Tiempos de viaje peatonal .....	76
Figura 10.9(b): Tiempos de viaje peatonal.....	76
Figura 10.10: Colas promedio .....	77
Figura 10.10: Colas máximas .....	78
Figura 11.1: Perjuicio de ubicar el cruce peatonal a 6 metros de la intersección.....	81
Figura 11.2: Colas promedio en cada acceso .....	82
Figura 11.3: Colas máximas en cada acceso .....	83



## Lista de tablas

Tabla 2.1: Perú: Población según tipo de discapacidad, 2017.....	9
Tabla 6.1: Ciclo semafórico.....	27
Tabla 6.2: Número mínimo de semáforos recomendados en una intersección .....	28
Tabla 7.1: Distancia de cambio de carril y desaceleración.....	42
Tabla 7.2: Longitud de almacenamiento .....	43
Tabla 7.3: Pendientes máximas de rampas peatonales .....	44
Tabla 7.4: Cantidad mínima de estacionamientos para personas con discapacidad.....	45
Tabla 9.1: Aforo día 1 en veh/h.....	47
Tabla 9.2: Aforo día 2 en veh/h.....	48
Tabla 9.3: Tiempo de todo rojo por acceso .....	58
Tabla 9.4: Flujos equivalentes en veh/h .....	59
Tabla 9.5: Cálculo del flujo de saturación.....	59
Tabla 9.6: Distribución de vehículos equivalentes por carril .....	59
Tabla 9.7: Promedio de vehículos equivalentes por carril.....	60
Tabla 9.8: Grado de saturación por acceso.....	60
Tabla 9.9: Distribución de verde calculada .....	61
Tabla 9.10: Tiempos actuales de giros a la izquierda.....	62
Tabla 9.11: Tiempos de ámbar para los peatones.....	63
Tabla 10.1 Datos de campo para calibración del modelo.....	69
Tabla 10.2 Datos de campo para validación del modelo.....	70
Tabla 10.3 Datos de Vissim para calibración del modelo .....	70
Tabla 10.4 Datos de Vissim para validación del modelo .....	71

### Lista de ecuaciones

Ecuación 7.1: Tiempo del intervalo de peatón líder.....	39
Ecuación 7.2: Radio de giro respecto a la velocidad.....	41
Ecuación 7.3: Capacidad de un carril exclusivo para giro a la izquierda.....	42
Ecuación 7.4: Longitud de almacenamiento.....	43
Ecuación 9.1: Tiempo de todo rojo .....	57
Ecuación 9.2: Factor de vehículos pesados .....	58
Ecuación 9.3: Flujo de vehículos equivalentes.....	58
Ecuación 9.4: Factor de hora pico .....	58



## **1. CAPÍTULO I: Introducción**

Lima es una ciudad con una gran cantidad de congestión y desorden vehicular, lo cual crea un ambiente riesgoso para todos, en especial para los usuarios vulnerables. Las personas están muy acostumbradas a este tipo de caos sin darse cuenta de lo peligroso que puede llegar a ser y lo necesario que es resolverlo. Esta problemática tiene varias causas como: el desinterés por parte de los ciudadanos y las autoridades, incumplimiento de las normas por parte de los usuarios de la vía, el incumplimiento de normas y errores en el diseño vial, entre otras. Por parte de la Ingeniería Civil, se debe resolver el diseño vial y la gestión del tránsito, los cuales incluyen la señalización, semaforización, el diseño geométrico de las intersecciones, etc. Habitualmente, para dar soluciones de este tipo se requieren grandes sumas de dinero y, con el desinterés por parte de las autoridades, hay una ausencia de inversión en este ámbito. Una forma viable de resolver la problemática es buscar soluciones de bajo costo y que tengan grandes impactos positivos en la seguridad vial y gestión del tráfico.

Al igual que la seguridad vial, la accesibilidad es un tema importante a tener en cuenta al momento de diseñar los espacios públicos. Si bien tener un diseño seguro es bueno, este debe ser transitable por todos los usuarios, por ello, se debe analizar el problema desde ambos enfoques. Es importante reconocer las habilidades y necesidades que cada persona pueda tener para así brindar las soluciones con mejores respuestas al problema. El objetivo de estas soluciones siempre es satisfacer una necesidad de las personas y, en el caso del espacio público, todos tienen derecho a usarlo. Sin embargo, para que se pueda cumplir este derecho primero el espacio público debe ser capaz de acomodar a las personas.

Esta tesis está dividida por capítulos con el fin de explicar el procedimiento y la solución del problema con claridad. En este primer capítulo de introducción se explica el problema que se va a resolver con la justificación del mismo, los objetivos, tanto el objetivo general como los específicos, y el alcance de la solución. Luego, en el segundo capítulo se explican los conceptos necesarios a tener en cuenta para brindar la solución del problema. Después, en el tercer capítulo se encuentra la metodología, la cual explica la manera en la que se realizó el trabajo para cumplir con los objetivos. Este capítulo tiene una sección de limitaciones donde se encuentran los factores limitantes del proyecto y como pueden afectar a la solución. Los siguientes capítulos están relacionados con la misma solución del problema, en el cuarto capítulo consiste de una introducción de la zona de estudio y la obtención del plano de situación existente. El siguiente capítulo es la identificación de los usuarios vulnerables. En el sexto capítulo se identifican las causas de la falta de seguridad vial y accesibilidad, las cuales fueron remediadas con los métodos estudiados en el séptimo capítulo. El octavo capítulo contiene y explica las listas de chequeo que se usaron como herramientas de ayuda para completar el trabajo. El noveno capítulo expone las soluciones propuestas las cuales se argumentan con información recolectada de capítulos anteriores. El décimo capítulo es donde se explica la microsimalción que se usó para comparar la propuesta con la situación actual. Finalmente, están las conclusiones y recomendaciones en el undécimo y duodécimo capítulo respectivamente.

## **1.1 Planteamiento del problema y justificación**

Actualmente, existen algunas iniciativas para el mejoramiento de la seguridad vial en el Perú, por ejemplo, el Ministerio de Transportes y Comunicaciones publicó en el 2017 el “Manual de Seguridad Vial” (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2017). También, existen asociaciones en el Perú que tienen como objetivo mejorar la seguridad vial o el ordenamiento del tránsito. Por otro lado, el Perú tiene el “Reglamento nacional de tránsito”, el cual regula toda acción en el ámbito vial como las autoridades competentes, las acciones que los conductores deben o pueden realizar, infracciones y sanciones, etc. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2009). Gran parte de estas reglas son transmitidas a los usuarios por un sistema de señalización dado por el MTC y se pueden encontrar en el “Manual de dispositivos de control del tránsito automotor en calles y carreteras” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2015a). En él se especifica todo tipo de señales, cómo usarlas, la ubicación que deben tener, las dimensiones y los colores que deben tener.

No es irracional creer que, con tantas normas, especificaciones y manuales, se debería tener un sistema vial ordenado y seguro, sin embargo, este no es el caso del Perú. En el reporte de la Organización Mundial de la Salud (OMS) del 2018 se estimaron 4 286 muertes por accidentes viales durante el año 2016. Esto se puede traducir a 13.5 personas fallecidas por cada 100 000 habitantes (World Health Organization, 2018). Es importante recalcar que este es un estimado con un intervalo de confianza del 95%, ya que, según la OMS, no se puede confiar en los registros peruanos. El estimado se obtuvo de los registros de la policía nacional del Perú los cuales fueron 2 696 fallecidos en el mismo periodo de tiempo. Por ello, la organización ha clasificado al Perú en el cuarto grupo de confiabilidad de datos, es decir, no tenemos registros de accidentes fatales confiables. Tener datos incompletos significa que los reportes nacionales dan a entender mejores resultados que los reales, cegándonos ante varias muertes. Esto se da en el caso de los reportes de la Policía Nacional del Perú encontrados en el reporte de la OMS donde se registraron 10.2 y 8.5 muertos por cada 100 000 habitantes en el 2013 y en el 2016 respectivamente. Comparando estos resultados con los estimados de la OMS de 13.9 y 13.5 no solo se obtiene una mayor cantidad de muertos sino también una menor mejora en la seguridad vial (World Health Organization, 2015, 2018). Según la PNP, se tuvo una mejora del 16.67% con respecto a los muertos entre el 2013 y el 2016, por otro lado, usando los datos estimados de la OMS, se tiene una mejora del 2.88%.

Otra manera de ver la importancia de la seguridad vial es el ámbito económico, esta es una de las pocas maneras de cuantificar los hechos y llamar la atención de las autoridades. Un accidente puede generar daños a la infraestructura vial y a los vehículos, generar costos médicos, necesitar servicios de emergencia, o los heridos dejar de generar ingresos por no poder trabajar, entre otros. Todos estos costos son pérdidas, por lo cual, la seguridad vial se puede ver como una inversión para el estado. Otro costo muy importante es el costo humano, el cual en el Perú es infravalorado y esto genera que las autoridades pierdan el interés en este tema. (American Automobile Association, 2011).

Una vez que se tiene clara la importancia de la seguridad vial y el poco nivel de interés por parte de las personas, que conlleva a la poca inversión, se debe tener en cuenta una solución de bajo costo con el fin de poder ser llevada a cabo. Una suma de dinero baja

es capaz de tener impactos significativos en la seguridad vial, esto se ha comprobado analizando soluciones de bajo costo con grandes efectos positivos. Un ejemplo es el caso de Atenas donde se implementaron medidas de ingeniería de tráfico de bajo costo (LCTEM por sus siglas en inglés) en el suburbio de Neo Psychiko. No solo se obtuvo una mejora entre el antes y después de este suburbio, sino que hubo una mejora en comparación con dos otros suburbios adyacentes, Holargos y Agia Paraskevi, usados como grupo de control. (Yannis et al., 2014)

Finalmente, se debe justificar la elección de la zona, la intersección de las avenidas Primavera, Angamos, San Luis, Caminos del Inca e Intihuatana es una zona con una recurrencia de personas y vehículos significativamente grande. Esto genera una zona peligrosa para las personas y un lugar donde la seguridad vial tiene un rol muy importante. En el 2015 se registró esta intersección como un punto negro con una estimación de 79 accidentes entre el 2011 y 2014, ubicándola como prioridad 9 de 70 intersecciones del distrito de San Borja (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2015b).

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo general**

Dar una propuesta de mejora para la zona pública seleccionada aumentando la seguridad vial y la accesibilidad de los usuarios, sobre todo, la de los usuarios más vulnerables.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

- Explorar los problemas de seguridad vial y accesibilidad de la zona de estudio.
- Investigar acerca de las medidas de bajo costo utilizadas en otras partes del mundo para la mejora de la seguridad vial y accesibilidad.
- Definir e identificar a los usuarios vulnerables que transitan por el área de influencia.
- Proponer medidas de bajo a costo que ayuden a mejorar la seguridad vial y la accesibilidad en la zona de estudio.
- Analizar los niveles de seguridad vial y accesibilidad de la zona de estudio, mediante el uso de las listas de chequeo.

## **1.3 Alcance**

El objetivo de esta tesis es la propuesta de mejora en la seguridad vial y accesibilidad de la zona pública seleccionada con propuestas de bajo costo. Para poder llegar a cumplir el objetivo se realizó una investigación de los temas más relevantes ante esta problemática, por ejemplo, la movilidad sostenible y los tipos de seguridad. Del mismo modo se investigaron varios manuales de diferentes partes del mundo para justificar la toma de decisiones. La finalidad es entregar una serie de planos digitales a modo de resumen de todas las decisiones tomadas para el nuevo diseño. Estas modificaciones fueron justificadas por un análisis de seguridad vial hecho en la zona de estudio, que se refiere a la identificación de errores de diseño, y respaldadas por los manuales viales. Se usaron listas de chequeo como herramientas para identificar las modificaciones necesarias. Estas listas se armaron extrayendo los incisos relevantes al caso de estudio de otras listas de chequeos. Esto tuvo el fin de simular una auditoría de seguridad vial,



ya que, una verdadera auditoría debe estar compuesta por expertos y las personas encargadas del diseño no pueden estar incluidas en ella.

En este trabajo se presentaron restricciones de naturaleza económica para la parte del análisis vial, debido a los altos costos de realizar un aforo de varias horas se optó por solo aforar una hora la cual se estimó como la hora pico. Por el mismo motivo no se ha realizado un levantamiento topográfico de la zona o fotogrametría con un dron, esto significa que los planos no tienen una precisión alta y se pierde el sentido de realizar los detalles del diseño pues se trabaja sobre un plano inexacto. Analizando el ámbito social existen restricciones como la aplicación de los manuales de seguridad vial. El hecho de que un manual proporcione o recomiende algún tipo de diseño no significa que funcione en todas las partes del mundo. Esto se debe a las diferentes conductas que las personas tienen en las diferentes regiones socio-culturales. Es decisión del diseñador escoger los métodos que se pueden aplicar al caso de estudio.



## **2. CAPÍTULO II: Marco teórico**

El segundo capítulo de esta tesis abarca los temas y definiciones más relevantes para el cumplimiento del objetivo. Algunos de estos temas son herramientas que fueron usadas y otros son conceptos necesarios que se tuvieron en cuenta al momento de proponer la solución ante la problemática. Es por ello, que estos conceptos sirven como una forma de evaluación a la propuesta de mejora.

### **2.1 La movilidad sostenible**

La movilidad sostenible tiene como objetivo reducir los problemas medioambientales y sociales que la movilidad urbana produce. Algunos de estos problemas son la contaminación del ambiente, contaminación sonora y vibracional, consumo de energía, inequidad en las personas, ineficiencia económica, pérdida de espacios públicos y accidentes. La contaminación del ambiente se debe a las emisiones causadas por los vehículos, en el caso de Perú se estima llegar a una tasa de 7.4 mil millones de toneladas de dióxido de carbono por año para el 2030 (Dawidowski et al., 2014). El transporte europeo viario representa el 95% de emisiones de CO<sub>2</sub> con un total de 784 millones de toneladas en el 2019 (European Environment Agency, 2019). De igual manera los vehículos son responsables de la contaminación sonora y vibracional causadas por las bocinas y el funcionamiento de los motores. Luego, el consumo de energía de los vehículos es significativamente grande. Por ejemplo, en el 2019 Estados Unidos consumió el 83.7% del total de la energía usada en el transporte solo en carreteras y vías urbanas (Bureau of Transportation Statistics, 2021) y en la unión europea más del 95% en el 2019 (European Environment Agency, 2019). Los países pertenecientes a la IEA consumieron el 59% de la energía del sector transporte solo en vehículos privados en el 2018 (International Energy Agency, 2020). Por otro lado, la movilidad urbana actual genera una inequidad en las personas que no tienen vehículos personales ya que asumen las consecuencias del transporte privado sin tener los beneficios, por ejemplo, viven en ciudades con mayores emisiones de CO<sub>2</sub>, avenidas congestionadas y pérdida del espacio público para favorecer a los vehículos. Respecto a la economía, hay varios costos directos e indirectos como los generados por la congestión, contaminación, etc. Finalmente, también genera accidentes de los cuales ya se han hablado con mayor detalle párrafos arriba. (Directorate-General for Environment, 2004)

La idea de la movilidad sostenible es dejar de proponer soluciones antiguas, que se basaban en aumentar la oferta de capacidad vial para satisfacer la demanda. Se ha comprobado que no es eficiente aumentar la oferta, ya que, como consecuencia, crea mayor demanda. En cuanto las personas se den cuenta que hay mayor capacidad para los vehículos, ellos van a optar por usar estas vías incrementando la demanda. Si el caso es extremo donde varias vías de la ciudad tienen gran capacidad, las personas podrían optar por adquirir un vehículo. En ambos casos se está invitando a nuevos usuarios para generar mayor demanda, y, si las soluciones siguen basándose en crear más oferta se crea un círculo vicioso. Una mejor solución es gestionar de una manera más eficiente los recursos que ya se tienen para generar orden en las vías (Wood, 1994).

Para poder lograr este tipo de movilidad es necesario enfocarse en tipos de transporte más sostenibles como el transporte público, las bicicletas o caminar. Puede llegar a ser un poco difícil hacer esto pues vivimos en un mundo donde el vehículo particular es quien domina las vías. Al crear una ciclovía o peatonalizar una calle es posible que se



genere una gran cantidad de congestión y es por esto que hay que tomar las medidas adecuadas. Un método para ello es la evaporación del tráfico, sin embargo, es necesario dar reemplazos al vehículo particular, como una buena red de transporte público conectada a una red de ciclovías y tener en cuenta la accesibilidad de los peatones (Directorate-General for Environment, 2004)

Existen varios métodos para lograr una movilidad sostenible, por ejemplo, en el ámbito financiero se puede aumentar los precios de los estacionamientos o invertir más en el transporte público, así fomentando menos el uso de los vehículos privados. Por parte del uso del terreno se puede organizar la ciudad de modo que los viajes sean más cortos, llegando a tener viajes que se pueden hacer a pie o en bicicleta. La tecnología tiene un rol muy importante desde buscar reemplazos de combustible que generen menos emisiones hasta la parte de telecomunicación donde se pueden hacer reuniones virtuales, creando menos necesidad de viajar. Por último, con una buena infraestructura se puede dar prioridad a los peatones, ciclistas y al transporte público mediante espacios designados para ellos. También se pueden tomar medidas de tráfico calmado para reducir la velocidad de los vehículos generando un lugar más seguro para los peatones y ciclistas. Existe la posibilidad de dar mayor accesibilidad a los peatones y ciclistas, por ejemplo, rampas, estacionamientos de bicicletas y ciclovías. Finalmente, siempre hay que tener la idea de reducir la cantidad total de viajes, esto se puede hacer cambiando el modo de viaje, reduciendo la distancia de los viajes o disminuyendo la cantidad de los mismos (Banister, 2000).

La transición del tipo de movilidad actual a una movilidad sostenible se puede hacer con un plan de movilidad urbana sostenible (SUMP por sus siglas en inglés). Los SUMP están estructurados en cuatro fases las cuales son: preparación y análisis, desarrollo de la estrategia, planificación de medidas, e implementación y monitoreo. La primera fase se refiere a identificar los recursos, las fortalezas y las debilidades que se tienen para proceder con el SUMP. También es la parte donde se crea el equipo interno y se analiza la situación actual de la movilidad. La fase dos es donde se forman los escenarios a los cuales se quieren llegar coordinando con quienes van a invertir y se indican los objetivos a cumplir. La tercera fase identifica los métodos a usar basándose en cuales son los mejores en tanto a costo y efectividad, luego, se procede a definir las responsabilidades de cada uno. Finalmente, la fase cuatro es donde se implementan los métodos planeados, son monitoreados y se analizan los errores y los logros con el fin de aprender del caso de estudio. (Rupprecht et al., 2020)

## **2.2 Los tres tipos de seguridad**

A continuación se presentan los tres tipos de seguridad vial, los cuales son: la seguridad nominal, la seguridad sustantiva y la percepción de seguridad. Asimismo, se menciona la importancia de cada una de ellas y algunos ejemplos. La información de este subcapítulo ha sido recolectada del libro *Seguridad vial: La necesidad de un nuevo marco teórico* (Dextre, 2010).

### **2.2.1. Seguridad nominal**

La seguridad nominal, también llamada legal o normativa, es el tipo de seguridad que se relaciona a las normas que cada país o región tiene. Se puede satisfacer mediante el cumplimiento de las normas de diseño. En caso ocurra un accidente vial, se puede

analizar la zona e identificar si realmente se han cumplido las normas, con el fin de encontrar el error o verificar si las normas actuales son suficientemente exigentes para satisfacer la seguridad de los usuarios. La determinación de los parámetros a cumplir en las normas es dada por ingenieros expertos y con experiencia en el tema. La manera de pasar esto al diseño es por medio de cálculos, por ejemplo, al diseñar una carretera hay que hacer cálculos que debemos cumplir como el radio mínimo de una curva o el peralte. (Dextre, 2010)

Es importante saber en qué se basan estos cálculos debido a que si los paradigmas son erróneos también lo son las conclusiones. En la actualidad existen buenos modelos para calcular algunos parámetros como el peralte de una curva mediante un diagrama de cuerpo libre o la distancia de parada de un tramo de una carretera mediante un análisis dinámico. Por otro lado, hay modelos hechos sin mucho razonamiento como la distancia de visibilidad en una curva vertical. Este es el caso de la AASHO cuando optaron por una distancia mínima sobre la calzada que debe ser visible, decidieron usar una altura de 10 cm sin mucho razonamiento; luego, cuando la altura promedio de los vehículos disminuyó con los nuevos modelos, solo se aumentó la altura mínima de visibilidad a 15 cm, con el fin de que las carreteras sigan cumpliendo con las normas. Esto hace que la seguridad nominal no sea la única que se deba de cumplir ni asegura que se tenga un buen índice de seguridad en la zona, ya que, cumplir con la normativa no asegura que el lugar sea seguro (Dextre, 2010). Este último ejemplo se puede analizar con la imagen 2.1 donde  $H_1$  es la altura de los ojos del conductor y  $H_2$  es la altura mínima de un objeto que debe ser visible.

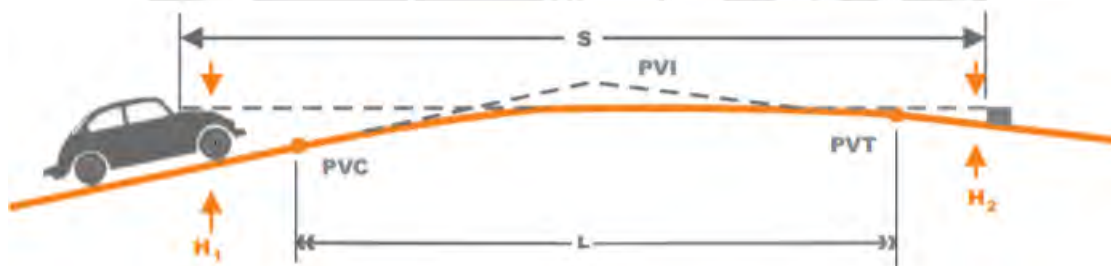


Figura 2.1: Visibilidad en una curva vertical parabólica  
Fuente: Seguridad vial: La necesidad de un nuevo marco teórico (Dextre, 2010)

### 2.2.2. Seguridad sustantiva

La seguridad sustantiva corresponde a la toma de datos de los accidentes ocurridos, es decir, se relaciona con la estadística. A diferencia de la seguridad nominal, la seguridad sustantiva es el análisis después de la construcción del proyecto, una vez que ya está en servicio. Es un tipo de seguridad muy importante pues ve lo que realmente está pasando en la zona del proyecto, analiza si en realidad es seguro o no (Dextre, 2010). Este tipo de seguridad vial es muy usado para evaluar zonas ya sea en comparación con el diseño anterior o con zonas aledañas, también es la base para la definición de los puntos negros de cada región.

### 2.2.3. Percepción de seguridad

La percepción de la seguridad depende de cada persona, es influenciada por el riesgo que perciben cada una de ellas y que tan incomoda la persona está ante este nivel de riesgo (Elvik et al., 2008). Es importante tomar en cuenta este tipo de seguridad al momento de diseñar para que los usuarios se sientan seguros al usar el espacio público. En lugares donde las personas perciben poca seguridad, donde sí la hay, no van a poder disfrutar del espacio público por el alto peligro que perciben. El otro caso es que los usuarios perciban un lugar seguro cuando realmente no lo es. Este último trae problemas mayores ya que genera un aumento en la cantidad de accidentes, dado que los usuarios toman acciones como si estuvieran en un lugar seguro (Elvik & Bjornskau, 2005). Un ejemplo es colocar un cruce peatonal en medio de una vía de alta velocidad, los peatones pueden percibir poco riesgo al cruzar por él, ya que la vía se los indica, sin embargo, están sometidos a un alto nivel de riesgo porque no se garantiza que los vehículos decidan ceder el paso a los peatones.

### 2.3 Accesibilidad urbana

“La accesibilidad es una característica básica del entorno construido. Es la condición que posibilita el llegar, entrar, salir y utilizar las casas, las tiendas, los teatros, los parques y los lugares de trabajo. La accesibilidad permite a las personas participar en las actividades sociales y económicas para las que se ha concebido el entorno construido.” (CCPT, 1996). Con esta definición en mente es fácil ver la pérdida en la calidad de un ambiente si no es accesible. Esto afecta a todos, pero, sobre todo, a las personas con alguna discapacidad, por ello, es necesario actuar sobre las barreras que generan esta inaccesibilidad, las cuales se pueden dividir en tres tipos: intrínsecas, ambientales e interactivas (Smith, 1987).

Las barreras intrínsecas son parte del usuario mismo, es decir, son las limitaciones físicas, psicológicas o cognitivas que la persona tiene. Estas pueden estar vinculadas con el conocimiento, la salud y la dependencia física o psicológica. Por ejemplo, al tener un déficit cognitivo, la limitación de aprendizaje priva a muchas personas de disfrutar de su entorno. Asimismo, una dependencia psicológica genera una gran barrera en las personas ya que el primer paso para superar las demás barreras es tener iniciativa personal. Las barreras ambientales pertenecen al entorno ya sea de arquitectura, de transporte o de un rechazo social. En tanto al transporte se pueden observar claramente algunas barreras como buses sin espacio para una silla de ruedas, escaleras sin el acompañamiento de rampas, etc. Por último, las barreras interactivas están relacionadas con la habilidad que uno requiere para hacer alguna actividad, como no poder presionar el botón del cruce peatonal por falta de acceso a él (Lopez, 2002).

#### 2.3.1 Usuarios vulnerables

Los usuarios vulnerables pueden ser categorizados por la cantidad de protección exterior que tienen, el control que pueden tener ante situaciones riesgosas y la fragilidad, es decir, la cantidad de energía que pueden absorber ante fuerzas externas (Methorst et al., 2010). Con ello se puede tener algunos ejemplos como los peatones o los ciclistas por su falta de protección ante vehículos motorizados. Otro punto para recalcar son las personas discapacitadas que, en su mayoría, no tienen la autonomía que tienen el resto de personas, lo cual genera mayor vulnerabilidad en ellos. Por ejemplo,

una persona con discapacidad visual no puede reaccionar rápidamente ante un vehículo con el cual va a impactar o una persona en silla de ruedas no puede salir del camino rápidamente ante esta misma situación. En el 2017 se registraron más de tres millones de personas con alguna discapacidad en el Perú, lo cual corresponde al 10.4% de la población. Las personas con alguna dificultad visual ocupan el 48.3% de este grupo y las personas con alguna dificultad para trasladarse el 15.1% (INEI, 2018). La tabla 2.1 indica el resto de datos del censo 2017.

Tipo de discapacidad	Población con discapacidad		Sexo			
	Absoluto	%	Hombre		Mujer	
			Absoluto	%	Absoluto	%
<b>Total</b>	<b>3 209 261</b>	<b>100,0</b>	<b>1 388 957</b>	<b>100,0</b>	<b>1 820 304</b>	<b>100,0</b>
<b>Con 1 discapacidad</b>	<b>2 618 026</b>	<b>81,6</b>	<b>1 128 561</b>	<b>81,3</b>	<b>1 489 465</b>	<b>81,8</b>
Dificultad para ver	1 550 196	48,3	608 124	43,8	942 072	51,8
Dificultad para oír	243 486	7,6	135 780	9,8	107 706	5,9
Dificultad para hablar o comunicarse	98 979	3,1	58 531	4,2	40 448	2,2
Dificultad para moverse o caminar	485 211	15,1	208 990	15,0	276 221	15,2
Dificultad para entender o aprender	135 210	4,2	62 362	4,5	72 848	4,0
Dificultad para relacionarse con los demás	104 943	3,3	54 773	3,9	50 170	2,8
<b>Con 2 o más discapacidades</b>	<b>591 235</b>	<b>18,4</b>	<b>260 396</b>	<b>18,7</b>	<b>330 838</b>	<b>18,2</b>

Tabla 2.1: Perú: Población según tipo de discapacidad, 2017  
Fuente: INEI - Censos Nacionales 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas.

Este tema se puede relacionar con la movilidad sostenible pues en los últimos años se ha orientado la movilidad a medios que generen menos emisiones, como lo son los ciclistas y los peatones. Para poder aumentar la frecuencia de estos medios de transporte es importante darles una opción accesible y segura (Valero & Puerta, 2014). La manera de cumplir este objetivo es evitar situaciones donde este tipo de usuario esté expuesto a una gran cantidad riesgo como lo están al compartir espacios con vehículos motorizados que van a altas velocidades o al ser obligados a recorrer caminos más largos, aumentando su exposición ante los riesgos (Dextre, 2021).

### 2.3.2 Diseño universal

Con el objetivo de llegar a tener un diseño universal es importante primero darle la accesibilidad necesaria a las personas, de esta manera ellas lograrán tener autonomía al momento de desplazarse (Cabrera, 2021). Los principios del diseño universal se enlistan a continuación. Como primer principio está el uso equiparable, debe ser accesible para las personas con discapacidad. El diseño debe tratar a todas las personas por igual evitando la segregación de cualquier usuario, por ejemplo, todos los usuarios usan rampas y no solo quienes están en silla de ruedas. El segundo principio es que el diseño debe ser flexible para todo tipo de habilidades físicas de las personas. Esto se puede lograr ofreciendo diferentes maneras de uso al mismo elemento. Como tercer principio está el uso simple e intuitivo, el diseño debe ser fácilmente entendible por todos y debe evitar ambigüedades, complejidades, adaptándose a la intuición de los usuarios. Luego, el cuarto principio, habla sobre la información perceptible, esta debe ser comunicada con gran eficacia adaptándose a las habilidades de los usuarios para percibirla. Ello se



logrará usando diferentes métodos para transmitir la misma información, por ejemplo, de manera gráfica, táctil y sonora. El quinto principio es la tolerancia al error, al considerar al error humano en el diseño se pueden perdonar las acciones equívocas de las personas minimizando las consecuencias. Se debe proporcionar advertencias de los peligros y elementos que ayuden a dar seguridad a los usuarios. Según el Manual de seguridad vial (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2017) en el 2014 el factor humano fue el único factor en el 84% de los accidentes y estuvo presente en el 94%. El penúltimo principio es exigir poco esfuerzo físico, el desplazamiento debe generar la mínima fatiga posible en los usuarios. Minimizando las acciones repetitivas y el esfuerzo físico sin descanso son formas de lograr esto. Finalmente, el séptimo principio, tamaño y espacio para el acceso y uso, menciona que las dimensiones de los elementos deben ser adecuadas para todos los usuarios. Esto tiene el fin de permitir un uso acomodado a las personas, para ello, los elementos deben de ser visibles y alcanzable por gente parada o sentada (Huerta, 2007).

El diseño universal debe ser aplicado a nuestra realidad bajo el conocimiento de las necesidades que tiene cada tipo de usuario. Por ello, se mencionan las necesidades que los diferentes tipos de usuarios tienen y los conceptos a tener en cuenta durante el diseño para satisfacerlas.

Primero están las personas con algún tipo de discapacidad visual, la cual incluye a quienes son total o parcialmente ciegos. Estas personas pueden percibir poca o nula información del camino frente a ellos y de su entorno, sobre todo, en lugares desconocidos. Las zonas complicadas e impredecibles resultan muy difíciles para ellos, como una intersección que no esté a 90 grados (Los Angeles County, 2011). La manera en la que caminan es distinta, tienen diferentes velocidades a la de una persona sin discapacidad y estas velocidades cambian dependiendo mucho del entorno, por ejemplo, al escuchar personas frente a ellos reducen la velocidad por temor a chocarlas (Cabrera, 2021). La velocidad de estos usuarios también cambia dependiendo de si están acompañadas o no, si lo están tienen una velocidad promedio de 0.48 m/s y si no lo están esta sube a 0.74 m/s (Israel Cabrera Vega & Cebollada Frontera, 2019).

La discapacidad motriz incluye a las personas que usan sillas de ruedas, bastón, muletas, etc. Estas personas tienen otras necesidades como superficies niveladas y lisas ya que la rugosidad pueden generar dolor. Las pendientes deben ser mínimas tanto las longitudinales como las transversales, las primeras deben ser accesibles al momento de subirlas y no causar pérdida de control al bajarlas, por otro lado, una gran pendiente transversal puede desestabilizar al usuario. Este tipo de personas requieren más espacio para trasladarse por lo cual los accesos deben ser más anchos, también tienen dificultad al usar elementos altos como un botón de semáforo peatonal (Los Angeles County, 2011). Finalmente, se debe considerar que su velocidad es menor y varía bastante dentro del mismo grupo, por ejemplo, un adulto entre 60 y 70 años con andador camina a 0.81 m/s, luego, entre 80 y 90 años tiene una velocidad de 0.41 m/s. En contraste con los usuarios con bastón, estas velocidades están alrededor de 1.07 m/s y 0.63 m/s respectivamente (Israel Cabrera Vega & Cebollada Frontera, 2019).

El envejecimiento tiene como consecuencia pérdida de capacidad física y sensorial, generando nuevas necesidades en los adultos mayores. La visibilidad empeora al igual

que el oído, resultando en menor cantidad de información que se puede percibir. Por el lado del movimiento tienen menor balance, son afectados por superficies desniveladas, también tienen menos fuerza resultando en no poder caminar largas distancias y menos si estas son en subida, por último, tienen reacciones más lentas (Los Angeles County, 2011). Su velocidad también es menor a la que solía ser, con valores de cercanos a 1.04 m/s (Israel Cabrera Vega & Cebollada Frontera, 2019).

Otro tipo de usuario en el que hay que pensar son los niños, a pesar de que no se consideran con una discapacidad, se debe tener en cuenta que ellos perciben el mundo diferente a los adultos; por ejemplo, el hecho de relacionar el color rojo con la acción de detenerse todavía no es aprendida. La segunda razón es que los niños tienen una menor visión periférica, esto puede causar que no vean tantas señales viales como el resto de personas (Trifunović et al., 2017). Su habilidad de calcular la velocidad y distancia es limitada, al igual que la distinción del lugar de origen de un sonido. Tienen movimientos y comportamientos poco predecibles y no están familiarizados con el tránsito (Los Angeles County, 2011).

Finalmente, está el grupo de las personas con alguna discapacidad cognitiva el cual no ha sido muy estudiado dentro del ámbito de transporte ya que las entrevistas con ellos no pueden durar mucho tiempo y el grupo en sí es muy diverso, es decir, los distintos tipos de discapacidad cognitiva generan diferentes necesidades. Se sabe que tienen dificultades al procesar información y entender el lenguaje vial, por ejemplo, al ver la señal peatonal, la cual es una silueta de un peatón, ellos no perciben una persona, ya que, esta silueta no se parece a un humano de verdad (Cabrera, 2021).

Al tener en cuenta solo los objetivos y principios del diseño universal es un concepto que aparenta ser muy bueno y a primera vista parece ser la solución a los problemas de accesibilidad. Sin embargo, al analizar las necesidades de los diferentes tipos de usuarios se vuelve más complicado aplicarlo en la realidad. El diseño no solo exige satisfacer todas las necesidades, también se encuentran contradicciones, por ejemplo, una persona en silla de ruedas prefiere que la vereda esté a la altura de la pista para no tener rampas en su camino, por otro lado, una persona ciega prefiere tener un desnivel entre estos elementos para poder diferenciarlos. Un conflicto parecido ocurre con el uso del podotáctil, el cual facilita a las personas con discapacidad visual a orientarse, pero, incomoda a las personas con discapacidad motriz. Esto resalta la pregunta si en verdad se puede llamar “diseño universal” sabiendo que es probable dejar a un grupo de personas excluidas, sin embargo, es responsabilidad del diseñador manejar la accesibilidad de la mejor manera posible (Cabrera, 2021).

### 2.3.3 EEPI

El instrumento de evaluación de entornos de proximidad inclusivos (EEPI) tiene como finalidad evaluar edificios, entornos de proximidad y transporte público con una perspectiva hacia la inclusión de las personas discapacitadas. Este instrumento está dividido en dos partes, la primera es la evaluación del diagnóstico donde se usa una lista de chequeo general y una lista de chequeo detallada. En la lista de chequeo general se incluyen diez aspectos como el clima, obstáculos en las aceras y otras zonas peatonales, gestión de tránsito, entre otras; y son analizados con mayor profundidad en la lista de chequeo detallada. Esta última se usa para cuantificar el análisis de la zona de estudio

mediante números del uno al cinco, finalmente, se debe sumar estos puntajes por cada uno de los diez criterios y dividirlo entre el puntaje máximo posible para poder hacer el análisis. La segunda parte del instrumento EEPI es la gestión del entorno de proximidad la cual está compuesta por cuatro pasos: identificación de problemas, participación ciudadana, propuestas de mejora y la evaluación de estas. La parte más relevante a esta tesis es la identificación de problemas, por esta razón, se explica a continuación. Este primer paso se divide en tres tareas: recolectar datos, usar la lista de chequeo específica y hacer un mapa de barreras. La recolección de datos se realiza escribiendo lo observado y tomando fotos, luego, la lista de chequeos debe ser usada solo con los incisos relevantes al caso de estudio, finalmente, se elabora el mapa de barreras señalando los errores encontrados en el plano de la zona (Cabrera & Cebollada, 2021). A modo de resumen se tiene la figura 2.2 que muestra el procedimiento a seguir para usar la herramienta EEPI en su totalidad.

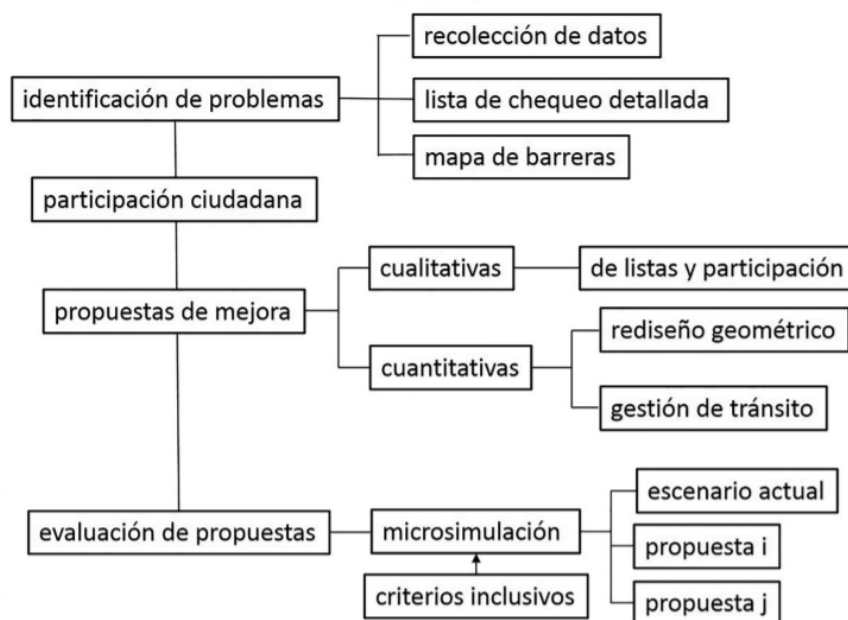


Figura 2.2: Esquema general de la gestión del entorno (análisis operacional)  
Fuente: EEPI (Cabrera & Cebollada, 2021)

#### 2.4 Auditorías e inspecciones de seguridad vial

Una auditoría de seguridad vial (ASV) es el proceso formal que se usa para evaluar un proyecto de tránsito o vial llevado a cabo por profesionales calificados para informar el riesgo de accidentes en el proyecto. El proyecto puede estar en su fase de diseño o una vez ya terminado y puede ser realizado en cualquier tipo de proyecto que incluya a alguna vía (Austroads, 2002). Es importante que sea un proceso formal pues se realiza cuando alguna autoridad lo ordena como requisito anterior a la construcción, a diferencia de una inspección de seguridad, la cual consiste en el mismo proceso pero toma este nombre pues no es solicitada por alguna autoridad. La auditoría debe ser realizada por expertos en seguridad vial, gestión de tránsito, y diseño vial; y el equipo auditor no debe estar compuesto por alguien que haya participado en el diseño (Dextre et al., 2008).

Las ASV no buscan comparar propuestas ni verificar el cumplimiento de las reglas, tienen como objetivo informar sobre los problemas encontrados en un proyecto el cual



puede estar en etapa de planificación, construcción o finalizado. Es preferible realizar la auditoría desde el inicio del proyecto ya que es más económico hacer cambios en la etapa de diseño a que hacerlos en la etapa de construcción o una vez finalizado. Luego, las ASV también ayudan a reducir la cantidad de accidentes y la severidad de ellos, finalmente, reducen costos a lo largo de la vida del proyecto en reparaciones o mantenimiento (Dextre et al., 2008).

El proceso para cumplir una ASV no varía mucho entre proyectos, lo que sí puede variar es la cantidad de información, reuniones o personas, sin embargo, siguen el mismo orden. Una ASV comienza por seleccionar al equipo auditor, esto es hecho por el cliente o por el diseñador del proyecto. El equipo debe estar compuesto como mínimo por dos personas y es recomendable que no sean más de cuatro, por lo menos una de ellas debe ser experta en el tema de seguridad vial. Luego, está la etapa de proveer la información necesaria, la cual consiste en que el diseñador informe al equipo auditor, por medio de un reporte, todo lo necesario para que puedan trabajar. El informe incluye lo que se espera obtener de la auditoría, los datos de campo, los planos y otros datos relevantes al caso. Después, debe haber una reunión entre el equipo auditor con el cliente o diseñador, este es el momento donde el diseñador menciona sus preocupaciones en tanto a la seguridad vial o las condiciones en las cuales quiere que se evalúe el proyecto. A este paso le sigue la evaluación de los documentos y las inspecciones de campo realizadas por el equipo auditor, estos dos procesos se realizan en conjunto. El primero consisten en revisar los documentos para tener una primera impresión de lo que se espera ver en el campo, se usa para identificar posibles errores que luego serán confirmados en campo. Las visitas al sitio de estudio deben ser en diferentes escenarios, por ejemplo, ir en algún momento del día y después ir en la noche. Una vez en campo el equipo auditor debe inspeccionar la seguridad vial desde el punto de vista de todos los usuarios que podrían transitar por la zona, por ejemplo, niños, adultos mayores, ciclistas, choferes de bus, personas con discapacidad, etc. Esto se puede hacer mediante notas, fotos y/o videos. Una vez que el equipo auditor culmina sus inspecciones viales deben redactar el reporte donde se indican todos los puntos a cambiar. Este reporte puede incluir recomendaciones de como arreglar el problema pero no deben ser detalladas, eso es responsabilidad del diseñador. Luego, se debe realizar otra reunión entre el equipo auditor y el diseñador o cliente donde quienes realizan la auditoría explican los problemas identificados, cualquier duda que tenga el diseñador puede ser resuelta en este momento. Finalmente, el diseñador debe responder al reporte del equipo auditor, en él puede aceptar, negar o aceptar parcialmente tanto los problemas encontrados como las recomendaciones dadas por el equipo auditor. En caso acepte lo señalado se debe especificar como se va a realizar la solución. Por otro lado, si el diseñador decide no aceptar el error encontrado o la recomendación dada, debe explicar el porqué de ello (Morgan et al., 2019).

#### 2.4.1 Listas de chequeo

Las listas de chequeo son herramientas usadas por el equipo auditor para poder inspeccionar el proyecto de forma ordenada y no dejar ningún aspecto de lado. También se pueden usar como ayuda para la formación de un nuevo auditor, sin embargo, estas listas no son un reemplazo al conocimiento ni experiencia del auditor, simplemente son una ayuda. La creación de una lista de chequeo queda en la responsabilidad del equipo

auditor, ya que, estas siempre son diferentes pues deben adaptarse a la situación del proyecto. Algunos aspectos que influyen en la lista de chequeos son la ubicación del proyecto, por ejemplo, puede estar ubicado en una zona rural o urbana; y la etapa actual del proyecto, planificación, construcción, finalización, etc. La lista es creada de otras listas de chequeo proporcionadas por el gobierno quien establece las ASV como una obligación o manuales de diferentes países. El equipo auditor es el encargado de seleccionar los incisos más relevantes para el proyecto de las diferentes listas para así crear su propia lista de chequeos (Dextre et al., 2008). La figura 2.3 muestra un ejemplo de una lista de chequeos.

LISTA DE CHEQUEO GENERAL DE SEGURIDAD VIAL		REVISADO	CONDICIONES GENERALES
<b>JEFE DEL EQUIPO</b> <b>NOMBRE</b> <b>FIRMA</b> <b>FECHA</b>			COMENTARIOS
<b>1.1</b>	<b>Alcance</b>		
1	¿Son claros los objetivos del proyecto?		
2	¿Se respeta el contexto y la jerarquía de la red vial?		
3	¿Se conocen y considera los planes de la red vial futura?		
4	¿Existen estudios de tránsito y transporte?		
<b>1.2</b>	<b>Infraestructura existente</b>		
5	¿Se interactuó con proyectos y obras de infraestructura existente para evitar las interferencias?		
<b>1.3</b>	<b>Impactos</b>		
6	¿Se consideró los impactos sobre redes viales existentes?		
<b>1.4</b>	<b>Ejecución del proyecto</b>		
7	¿Es claro el plan de trabajo para la ejecución?		
8	¿La señalización es efectiva?		
9	¿Se encuentra en buen estado las vías para los desvíos?		
10	¿Los desvíos resuelven en capacidad de fluidez de la circulación vehicular y peatonal?		
11	¿Se considera los aspectos básicos para mantener limpia el área de circulación?		
<b>1.5</b>	<b>Accidentalidad</b>		
12	¿Se ha tenido en cuenta los análisis de accidentalidad de la zona del proyecto para reducir los riesgos?		
<b>1.6</b>	<b>Auditorías anteriores</b>		
13	¿Se considera las detecciones de puntos potencialmente peligrosos formulados por las auditorías de seguridad vial anteriores con respecto al mismo o similar tipo de proyecto?		

Figura 2.3: Ejemplo de la primera página de un lista de chequeos

Fuente: Manual de seguridad vial (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2017)



### **3. CAPÍTULO III: Metodología**

Este capítulo explica los pasos que se siguieron durante el trabajo para cumplir con el objetivo general y los específicos. Desarrolla las técnicas que se realizaron y las herramientas que se usaron, finalmente, tiene la sección de limitaciones donde se indican los defectos de este proyecto y las razones por las cuales son aceptados.

#### **3.1. Obtención del plano**

El plano de la situación actual de la zona de estudio se obtuvo con el uso de la herramienta Google Earth y con algunas mediciones realizadas en campo. Esto consiste en tomar medidas representativas de la zona de estudio, por ejemplo, el ancho de una vereda, el largo o el ancho de una isla de refugio para peatones, etc. Los elementos a medir no incluyeron carriles, curvas de las vías o cualquier zona por donde transiten vehículos por razones de seguridad. Una vez que se obtuvieron cuatro medidas de la zona de estudio se procedió a importar una foto aérea de la zona, proporcionada por Google Earth, al programa AutoCAD. Dentro del archivo de AutoCAD se colocó la foto a escala usando una de las medidas tomadas en campo, el resto de ellas fueron usadas para la verificación de la escala con un error menor al 5%.

#### **3.2. Identificación de los usuarios vulnerables**

Este paso se fue actualizando en cada visita a campo cuando se identificaba un nuevo tipo de usuario vulnerable, sin embargo, en la primera visita se tomaron notas de los tipos de usuarios encontrados. Estos incluyeron peatones, ciclistas, personas esperando al transporte público, etc. Es importante recalcar que algunos usuarios fueron considerados aun así cuando no fueron visualizados en la zona de estudio, ya que, el no verlos puede significar dos cosas. La primera es que no transiten por la zona pues esta no es accesible y la segunda es que la cantidad de este tipo de usuario que transita por ahí sea baja y simplemente no se logró identificarlo durante el estudio. Por ejemplo, el no ver a personas en silla de ruedas o adultos mayores no significa que no se deban colocar rampas en el diseño.

La identificación de los usuarios es necesaria para saber que necesidades hay en la zona de estudio. Teniendo una idea de las necesidades se puede realizar un diseño que satisfaga la mayor cantidad posible de ellas.

#### **3.3. Análisis de la seguridad vial y accesibilidad en campo**

El procedimiento de este acápite se realizó de tres maneras, la primera siendo con las visitas a campos, en estas se siguió la primera parte del método EEPI (Cabrera & Cebollada, 2021) con el fin de identificar las barreras ante personas con discapacidad. Primero, se tomaron fotos y notas de las barreras encontradas en el entorno de proximidad. Capítulos más adelante se encuentra la lista de chequeos específica usando lo relevante al caso de estudio y donde se colocaron los puntajes de cada inciso de la herramienta EEPI. Finalmente, se realizaron diversos mapas de barreras para señalar las zonas a mejorar. La segunda forma de la identificación de los errores de diseño se hizo mediante un plano, pues así se puede ver con mayor claridad la geometría de la zona. El último consistió en analizar el comportamiento de los usuarios en campo y anotar los riesgos a los que se exponen.



### **3.4. Investigación de las medidas de bajo costo**

La obtención de la teoría acerca de los métodos usados en otros países fue por manuales y casos de estudios. Algunos de estos manuales son: Medidas de tráfico calmado (CONASET, 2010), y el Urban street design guide (NACTO, 2012). Al momento de tomar métodos de estos manuales es necesario saber que no todo método que funcione en una región necesariamente va a ser efectivo en otra zona. Los métodos citados en este capítulo son relevantes al caso de Lima donde hay un tipo de manejo agresivo y el cumplimiento de reglas no es óptimo. Finalmente, solo se mencionaron aquellos métodos relevantes a la zona de estudio, es decir, que pueden brindar propuestas de mejora.

### **3.5. Armado de la lista de chequeos**

Anteriormente se mencionó el armado de una lista de chequeos, este proceso se realizó usando las listas proporcionadas por (U.S. Department of Transportation, 2020) y (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2017). Teniendo en cuenta las necesidades obtenidas de la identificación de los usuarios vulnerables se seleccionaron los incisos más relevantes para así crear la lista de chequeos. La lista sirvió para ir mencionando las observaciones al diseño y dar soluciones. Así mismo, se armó una lista de chequeo de la herramienta EEPI para evaluar y mejorar la accesibilidad en la zona de estudio.

### **3.6. Aplicación de las medidas de bajo costo**

Una vez que se han identificado las zonas o elementos con falta de seguridad vial y/o accesibilidad se precedió a indicar la medida de bajo costo para su solución. Se explica el porqué de la elección de esta propuesta y la manera en la que aportará al mejoramiento de la zona de estudio.

### **3.7. Limitaciones**

Este trabajo tiene algunas limitaciones y la gran mayoría son de carácter económico o temporal. La primera limitación que tiene este trabajo es el método por el cual se va a obtener el plano de la zona de estudio, al no venir de un levantamiento topográfico puede tener poca precisión debido a la distorsión angular de la foto y la obstrucción de la vereda causada por las edificaciones. Luego, al usar una foto de Google Earth la zona puede haber cambiado entre el tiempo en el que se tomó la foto y el momento en el que se realizó el estudio, algunos detalles fueron verificados en campo. Una segunda limitación es que las listas de chequeos son reducidas por temas de costos, es decir, al momento de seleccionar los ítems de las listas de chequeo para crear una propia se dejarán de lado aquellos ítems que requieran soluciones de grandes sumas de dinero, ya que, se quiere dar una solución de bajo presupuesto.

La figura 3.1 contiene un resumen de la metodología a seguir.

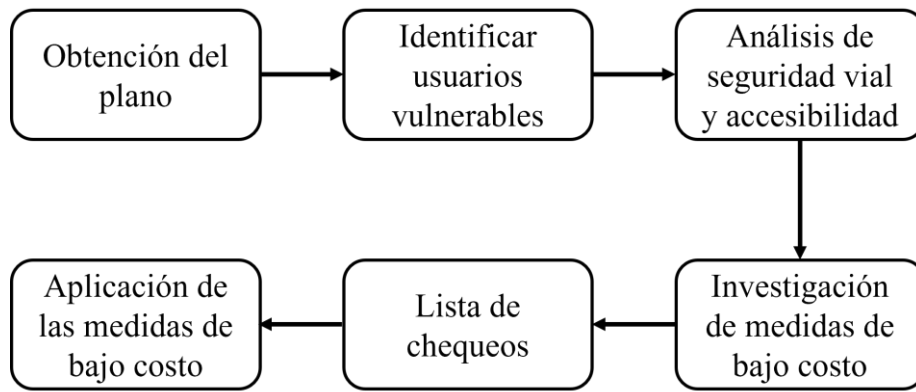


Figura 3.1: Gráfico resumen de la metodología

#### 4. CAPÍTULO IV: Caso de estudio

##### 4.1 Mediciones tomadas en campo

La primera medición hecha en campo fue el ancho de la vereda que se muestra en la figura 4.1 y esta distancia es de 2 m.



Figura 4.1: Medida para la calibración del plano  
Fuente: Propia y Google Earth

La validación se hizo en 3 diferentes puntos los cuales se muestran en la figura 4.2, luego, las medidas reales y las del plano se encuentran en las figuras 4.3, 4.4 y 4.5. En los tres casos se tiene un error menor al 5%, por lo cual, el plano es aceptado.



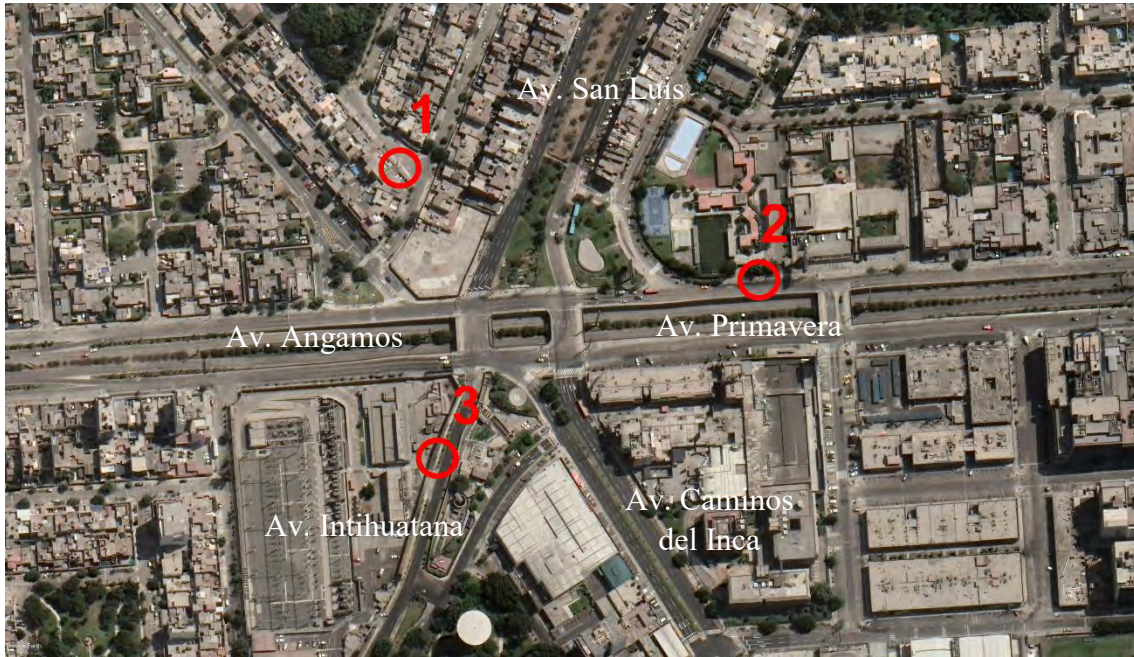


Figura 4.2: Puntos de validación  
Fuente: Propia y Google Earth



Figura 4.3: Punto de validación 1  
Fuente: Propia y Google Earth





Figura 4.4: Punto de validación 2  
Fuente: Propia y Google Earth



Figura 4.5: Punto de validación 3  
Fuente: Propia y Google Earth

#### 4.2. Obtención del plano

El trazo del plano se realizó con 4 fotos aéreas obtenidas de Google Earth, estas fueron alineadas para obtener toda la zona de estudio. La razón por la cual se decidió hacerlo de esta forma es porque al solo usar una foto aérea que abarque a toda la zona de estudio la resolución que se obtiene es baja. Para poder hacer calzar estas 4 fotos se tuvo que desactivar el relieve y los edificios en 3D que ofrece el programa Google Earth, esto ayuda a obtener una foto más parecida a un plano ya que reduce la distorsión angular. La foto con la que se trabajó puede ser observada en la figura 4.6 y el plano que resultó de ello en la figura 4.7 y en el anexo A1.





Figura 4.6: Foto aérea de la zona de estudio  
Fuente: Google Earth

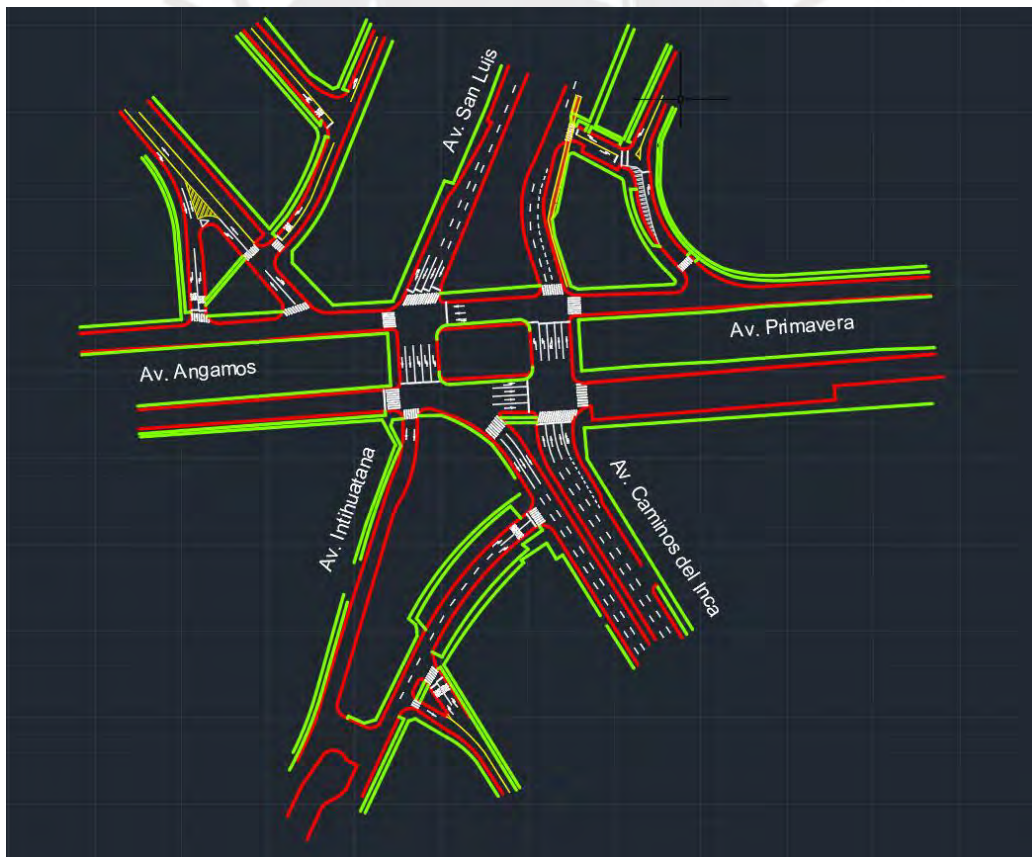


Figura 4.7: Plano inicial

A primera vista el plano parece estar incompleto por la falta de señalización horizontal en las vías, sin embargo, este es uno de los errores que se halló en la zona de estudio. Se hablará más acerca de ello en el capítulo 6.

## 5. CAPÍTULO V: Identificación de los usuarios vulnerables

Luego de varias inspecciones en campo se ha podido observar que esta zona es transitada por peatones. Cerca de la intersección hay 3 paraderos lo cual genera una aglomeración de los peatones. Debido a que la intersección es semaforizada y las rutas de aproximación son rectas, los peatones suelen caminar por el paso de cebra. Esto significa que la mayoría de las rutas de deseo de los peatones están ya demarcadas pues no tienen otra opción por donde cruzar las avenidas. Esto se puede observar en la figura 5.1, donde los 3 puntos representan a los paraderos y las dos flechas con dos cabezas representan las líneas de deseo de los peatones diferentes a las demarcadas por los cruces peatonales.



Figura 5.1: Rutas de deseo y puntos de aglomeración peatonal

Por otro lado, se encontraron pocos ciclistas a pesar de que hay una ciclovía en la avenida San Luis en la dirección SN. En el tramo inicial de la ciclovía se encuentra una zona designada para préstamos de bicicletas por parte de la municipalidad, sin embargo, está cerrado. Esto ayuda a validar la hipótesis de que es una zona con pocos ciclistas, dado que un proyecto así haya fallado. La razón por la cual este tipo de usuarios no transcurren estas vías puede ser un tema cultural, ya que, no es muy común encontrar bicicletas en Lima, o un tema de seguridad vial. El nivel de seguridad de las bicicletas es bueno en el caso de la avenida San Luis por la presencia de la ciclovía, sin embargo, en las otras rutas de aproximación no se encuentra el mismo caso. Para poder afirmar que la escasez de ciclistas es por un tema cultural o falta de seguridad se debe hacer un estudio a una escala mayor. Este estudio deberá abarcar las rutas de los ciclistas para poder hacer el trazo de una ciclovía, en caso exista la demanda, lo cual no se puede hacer analizando solo una intersección pues la ciclovía debe tener continuidad.

En las rutas de acceso a la intersección se logró observar una pequeña cantidad de personas de tercera edad. Así mismo, durante la investigación, se observó a una persona con discapacidad visual la cual era acompañada por un guía. La persona guía iba en frente mientras que la otra persona caminaba atrás de él agarrándolo del hombro.





## 6. CAPÍTULO VI: Análisis de la seguridad vial y accesibilidad

Este capítulo espera resaltar todos los detalles que ponen en riesgo a las personas que transiten por la zona de estudio, ya sea caminando, en vehículo particular, transporte público, bicicleta, etc. Igualmente, se quiere señalar todos los puntos donde exista la falta de accesibilidad para ciertas personas.

### 6.1 Señalización horizontal

En general se encuentra un desgaste en la pintura que se usó para la señalización horizontal. Al momento de hacer el plano inicial, mostrado en la figura 4.7, se decidió dibujar la señalización sin importar la poca visibilidad que tenga, solo en algunos casos donde no existe la señalización horizontal se ha dejado estos espacios sin trazo. En su mayoría la pintura está desgastada como se puede ver en la figura 6.1. Un ejemplo de la ausencia de señalización se puede encontrar en la figura 6.2 donde no hay división de carriles en la avenida Intihuatana.



Figura 6.1: Señalización horizontal poco visible



Figura 6.2: Falta de separación de carriles

También existe inconsistencia en la demarcación de los cruces peatonales, otros países suelen usar sendas de cruce peatonal, mostradas en la figura 6.3, en puntos donde el peatón no siempre tiene la preferencia, por ejemplo, cruces semaforizados. En casos contrarios se usa el paso de cebra.



Figura 6.3: Senda de cruce peatonal incorrecta

## 6.2 Señalización vertical

En este tipo de señalización se ha encontrado las señales de “PARE” (R-1) junto a todas las señales horizontales de pare, lo cual es lo apropiado. En otros casos se ha encontrado señalización vertical incoherente como se muestra en la figura 6.4, también existen casos de señalización no visible o poco visible mostrado en la figura 6.5. Por último, existe la ausencia de señalización en algunos puntos de la zona de estudio.



Figura 6.4: Incoherencia en la señalización vertical



La figura 6.4 muestra la señal preventiva P-56 “zona urbana” y unos metros después está la señal regulatoria R-30 indicando una velocidad máxima de 60 km/h. La señal P-56 debe usarse solo al entrar a una zona urbana, sin embargo, antes de este trayecto ya se circula por una zona de este tipo. En caso se haya querido usar dicha señal para dar el mensaje de que hay una reducción de velocidad, más adelante se muestra la velocidad máxima de 60 km/h, la misma velocidad máxima anterior a este trayecto. Por ello, esta señal P-56 no tiene significado alguno al ser usada en este contexto.



Figura 6.5: Señal con poca visibilidad

### 6.3 Semaforización

Este subcapítulo busca analizar todo lo relacionado al semáforo de la intersección, por ejemplo, el ciclo, tanto en la duración como las fases. Por otro lado, se hablará de la cantidad de luminarias que se encuentran para los peatones y vehículos.

#### 6.3.1 Ciclo semafórico

El ciclo semafórico consta de 4 fases, la primera es el verde para las avenidas Primavera y Angamos, es decir, los movimientos EO y OE. Luego, sigue una fase de despejar el ovalo, esto significa dar verde a todos ellos que estaban realizando un giro a la izquierda. Después, la tercera fase, es para los movimientos NS y SN que son los vehículos correspondientes las avenidas San Luis y Caminos del Inca. Finalmente, se tiene otra fase para despejar el ovalo. Todo esto se resume en la Tabla 6.1 donde se pueden ver los diferentes programas que se usa a lo largo del día y de la semana.



Hora	Plan	Estructura	Desfase	T. Fase 1 (Av. Primavera)		T. Fase 2 (Despeje del Ovalo)		T. Fase 3 (Av. Caminos del Inca)		T. Fase 4 (Despeje del Ovalo)		Ciclo
				A	RR	A	RR	A	RR	A	RR	
00:00	1	1	0	28	3 2	10	3 3	20	3 2	10	3 3	90
04:00	2	1	0	28	3 2	10	3 3	20	3 2	10	3 3	90
06:00	3	1	0	64	3 2	19	3 3	60	3 2	15	3 3	180
09:30	4	1	0	50	3 2	15	3 3	48	3 2	15	3 3	150
11:30	5	1	0	50	3 2	15	3 3	48	3 2	15	3 3	150
17:00	6	1	0	64	3 2	19	3 3	60	3 2	15	3 3	180
21:00	7	1	0	40	3 2	10	3 3	38	3 2	10	3 3	120
23:00	8	1	0	30	3 2	10	3 3	28	3 2	10	3 3	100
DOMINGO												
00:00	9	1	0	28	3 2	10	3 3	20	3 2	10	3 3	90
04:00	10	1	0	28	3 2	10	3 3	20	3 2	10	3 3	90
07:00	11	1	0	40	3 2	10	3 3	38	3 2	10	3 3	120
17:00	12	1	0	40	3 2	10	3 3	38	3 2	10	3 3	120
23:00	13	1	0	30	3 2	10	3 3	28	3 2	10	3 3	100

Tabla 6.1: Ciclo semafórico  
Fuente: (Municipalidad de Lima, 2021)

Lo primero a evaluar es la duración del ciclo, se puede ver que entre las 6 am y 9 pm de los días de semana el ciclo dura entre 150 y 180 segundos. Se recomienda tener un ciclo máximo de 120 segundos pues al tener rojos muy largos las personas tienden a respetarlos menos. Esto se pudo observar en campo en el acceso de la Av. Primavera, al final de la fase 3 los vehículos suelen pasarse la luz roja durante la fase 4 de despeje del ovalo. Este comportamiento se debe a dos razones, la primera razón es porque el dispositivo de control de tráfico tiene un contador el cual llega a 0 al final de la fase 3, es decir, el rojo sigue con el contador en 0 durante la fase 4. Los conductores al ver que el contador llega a 0 suelen acelerar y cuando se dan cuenta que no ha cambiado a verde están sobre el cruce peatonal o en la intersección y optan por pasar la luz roja. La segunda razón es que el despeje del ovalo confunde a las personas ya que logran ver una luz verde, sin embargo, no es para ellos. Esto último también ocurre en los otros accesos.

### 6.3.2 Ciclo peatonal

No existe una fase exclusiva para peatones, los verdes peatonales ocurren al mismo tiempo que los rojos del tramo de la avenida que se está cruzando, sin embargo, existen dos puntos a tomar en cuenta. El primero es al cruzar la Av. Primavera, durante las fases de despeje del ovalo (fases 2 y 4) hay un flujo de vehículos que sale del ovalo mas no hay flujo que entre. Esto indica que se puede dar paso al cruce peatonal norte de la Av. Primavera durante la fase 2, sin embargo, este se encuentra en rojo generando confusiones en los peatones o esperas más largas.

El segundo punto a recalcar es el cruce peatonal de la Av. Caminos del Inca, la señal de tráfico indica verde para los peatones durante la fase 1. Esto causa un problema de seguridad pues existe un gran flujo de vehículos que gira desde la Av. Angamos a la derecha hacia la Av. Caminos del Inca y lo hacen a una velocidad alta. Se ha encontrado que durante la fase 1 los peatones no pueden cruzar o son muy pocos quienes lo hacen, la mayoría de los peatones cruza antes de la fase 3, es decir, comienza la fase 2, se despeja la mayoría de los vehículos del ovalo, luego, cruzan los peatones mientras su señal está en rojo, y finalmente empieza la fase 3. Cabe mencionar que durante todo el verde peatonal ambos semáforos tintinean y el que controla el movimiento EO no está prendido durante el tiempo del rojo debido a fallas en las luminarias.

Por último, es necesario colocar luminarias que indiquen a los peatones cuanto tiempo queda de verde peatonal. Esto funciona como un ámbar peatonal, por lo tanto, durante esta cuenta regresiva no se debe permitir el inicio del cruce.

### 6.3.3 Cabezales de semáforos

Ya se mencionó que existe una falla en los dispositivos de control de la Av. Caminos del Inca pues no existe el rojo peatonal y el verde tintinea. En esta intersección se puede ver que no se respeta la cantidad mínima de luminarias, que es una por carril, mostrada en la tabla 6.2. La distribución de los semáforos se puede ver en la figura 6.6 donde el máximo de semáforos por acceso es dos cuando se trata de accesos de 3 a 5 carriles. El problema es aún mayor en los accesos de la Av. Angamos y la Av. San Luis donde solo se tiene un dispositivo de control, violando el mínimo de 2 cabezales por acceso según norma.

Número de carriles rectos por ingreso	Número total de semáforos requeridos por ingreso (valores pueden excederse)	Número mínimo de semáforos elevados requeridos por ingreso
1	2	1
2	2	1
3	3	2**
4 o más	4 o más	3**

\*\* Si es posible todos deberían ser elevados

Tabla 6.2: Número mínimo de semáforos recomendados en una intersección  
Fuente: (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2015a)

Por otro lado, la ubicación de los semáforos en el acceso sur es cercano a la línea de pare, no respetando la distancia mínima de 12 m.

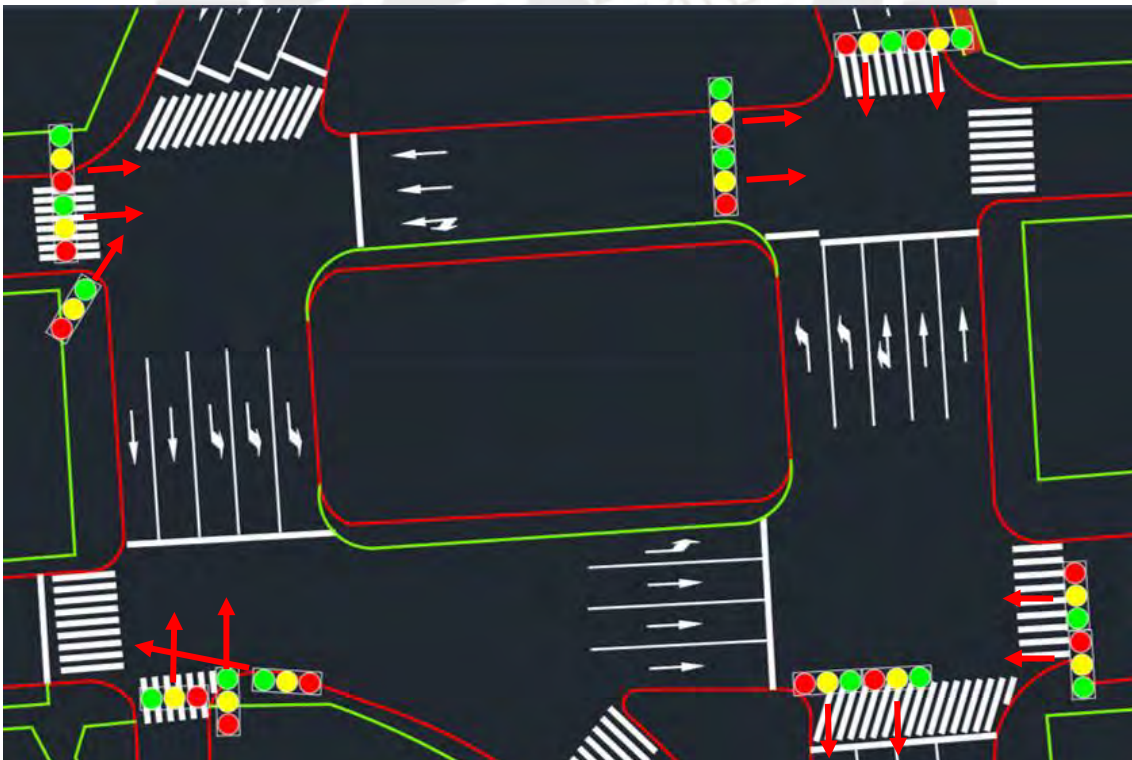


Figura 6.6: Distribución de semáforos en la intersección

### 6.3.4 Intervalos de cambio de fase

La tabla 6.1 muestra que los tiempos de ámbar duran 3 segundos mientras que los tiempos de todo rojo son 2 segundos luego de las fases 1 y 3 y para las fases de despeje del ovalo son de 3 segundos. Con ello se puede decir que los tiempos de todo rojo son apropiados dado las cortas distancias de despeje. Por otro lado, los tiempos de ámbar son muy cortos, considerando un tiempo de reacción  $t = 1$  s, una velocidad de aproximación  $v = 60$  km/h y una desaceleración de  $3 \text{ m/s}^2$  se puede calcular un tiempo de ámbar de 3.78 s, por lo tanto, se debe incrementar a 4s.

## 6.4 Diseño vial

### 6.4.1 Cantidad de carriles y canalización

En las rutas de aproximación existen dos puntos con un carril demás, generando distancias innecesariamente más largas que los peatones deben recorrer. El primer punto es en la Av. Géminis mostrada en la figura 6.7 donde hay dos carriles de entrada y de salida a la Av. Angamos. Es probable que esto se haya hecho para separar los vehículos que giran en U de los vehículos que van de frente, sin embargo, esta avenida tiene un flujo vehicular bajo donde no es necesaria la separación. El segundo punto es en el Jr. Tinajones, donde la entrada a la Av. Intihuatana tiene un carril corto para realizar el giro a la derecha, el cual se puede hacer de ambos carriles, esto se puede ver en la figura 6.8.

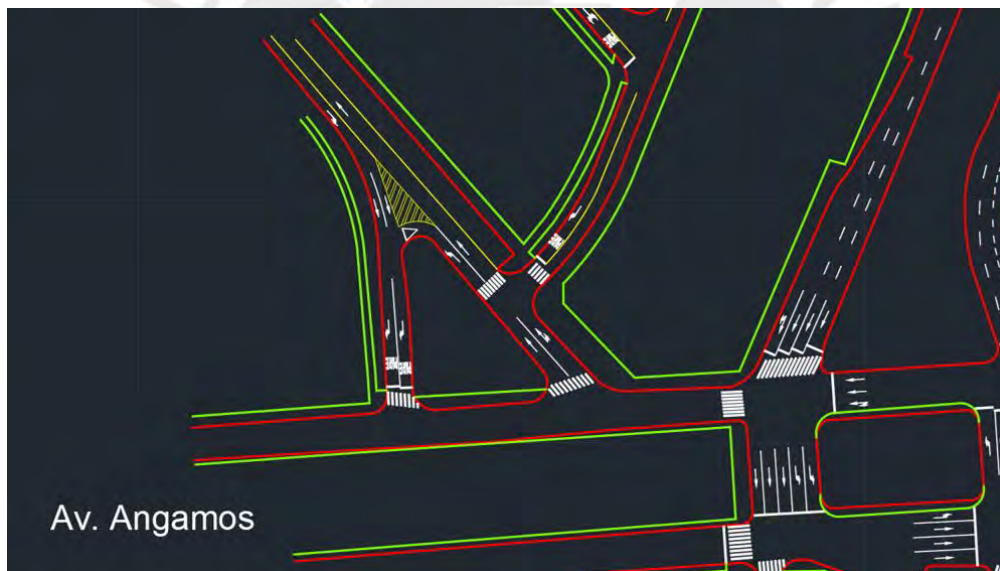


Figura 6.7: Exceso de carriles en la Av. Géminis



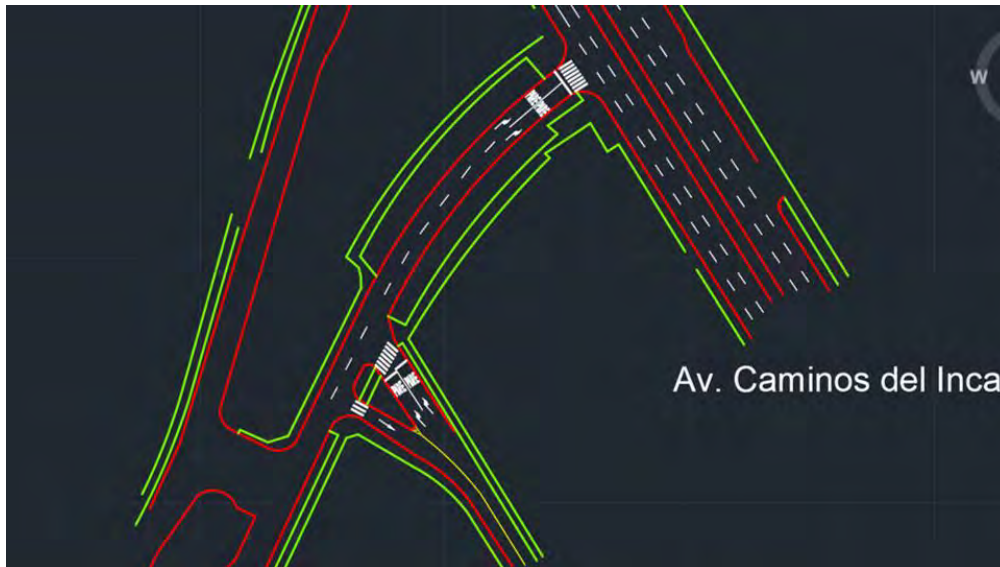


Figura 6.8: Exceso de carriles en el Jr. Tinajones

Dentro de la intersección se encuentran 4 puntos, mostrados en la figura 6.9, con posibles excesos de carriles, el primer punto es la salida de la intersección por la Av. San Luis donde existen 3 carriles y uno de ellos termina luego de 40 m. Esto se hace para recibir a los 3 carriles que salen del ovalo, sin embargo, se podría trabajar con dos carriles que siguen de frente. Esto lleva al punto número 2 de la intersección, donde hay 5 carriles que salen del óvalo generando confusión en los conductores y, por ende, desorden en la intersección. Si se desea eliminar el tercer carril del punto 1, se debe cambiar la señalización del punto 2 para mantener la continuidad de los carriles. El mismo problema existe en el punto 3 donde los 5 carriles generan confusión, la solución es la misma, canalizar los carriles y/o eliminar uno. En caso se opte por eliminar un carril se debe considerar el aumento en la longitud de las colas, pues, pueden interferir con el resto de movimientos. Después, el cuarto punto tiene 4 carriles donde 3 de ellos siguen de frente, si bien estos carriles están alineados con el siguiente tramo de la Av. Primavera, el carril de más a la derecha (sur en el plano) no está alineado con algún carril que venga de la Av. Angamos.

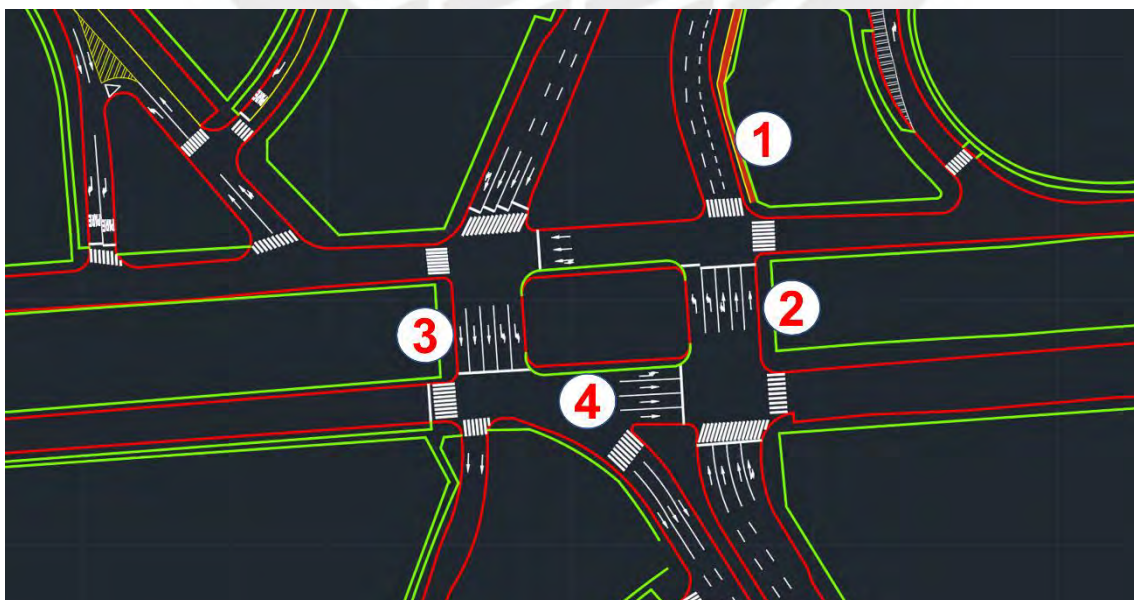


Figura 6.9: Exceso de carriles en la intersección

Por último, no hay canalización a la salida del punto 3, es decir, los vehículos tienen 3 posibilidades desde esta ubicación. La primera es seguir de frente hacia la Av. Intihuatana, la segunda es girar a la izquierda hacia la Av. Caminos del Inca y la tercera es permanecer en el ovalo. Al tener 5 carriles con 3 destinos diferentes sin líneas guías se genera gran confusión y, por ende, congestión y un mayor riesgo.

#### 6.4.1 Radios de giro

En la zona de estudio se han encontrado 2 giros con un radio muy grande, estos dos puntos se pueden observar en la figura 6.10 donde ambas curvas tienen un radio de aproximadamente 45 metros. Se sabe que los radios de giro grandes permiten hacer las maniobras a mayor velocidad y aumentan la distancia de cruce de los peatones, ambos factores disminuyendo la seguridad de los usuarios vulnerables. Precisamente, luego de estas dos curvas se encuentran cruces peatonales y generan un riesgo alto para los peatones. El punto 2 ya fue mencionado en la sección 6.3.2.

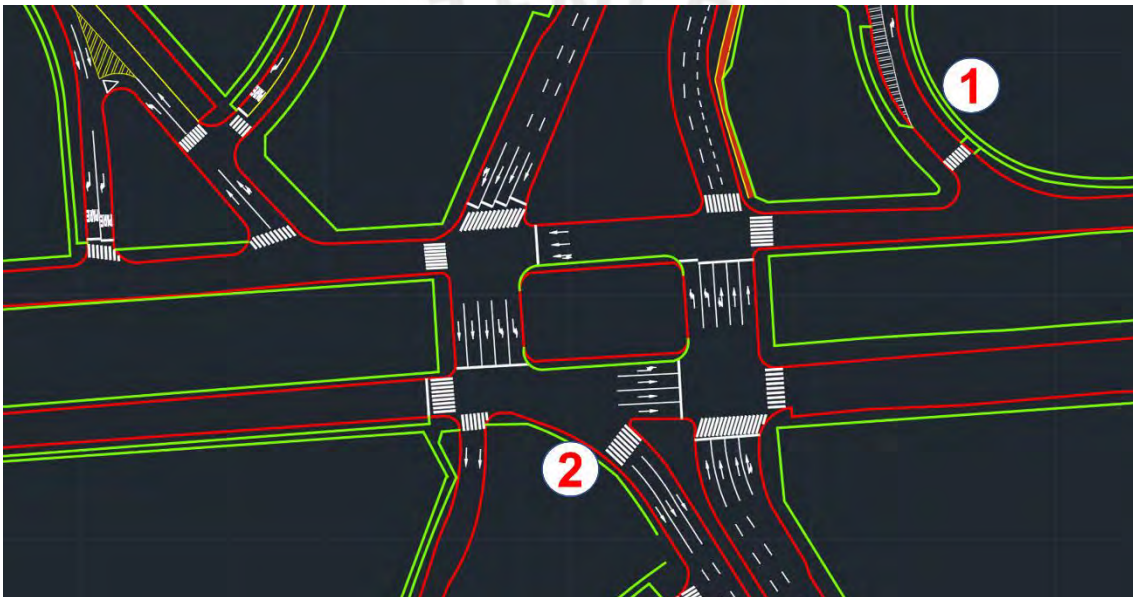


Figura 6.10: Radios de giro grandes

#### 6.5 Transporte público

El primer paradero se encuentra en la Av. Caminos del Inca, mostrado en la figura 6.11, este paradero carece de bancas para esperar al transporte público y un techo para proteger a las personas tanto del sol como la lluvia. La ubicación del paradero es al final de la avenida, es decir, este llega hasta la esquina de la intersección. Esto genera que los vehículos que quieran girar a la derecha suelen hacerlo desde el segundo carril para adelantar al bus que recoge o deja pasajeros. La maniobra mencionada genera un punto de conflicto entre el bus y los vehículos, así mismo, los vehículos no tienen visibilidad de los peatones que están cruzando. En caso los buses deseen ir a la izquierda con dirección a la Av. Angamos lo deben hacer de dos maneras, la primera es girando desde el paradero creando muchos puntos de conflicto y la segunda opción es recoger pasajeros antes del paradero. Esta segunda opción hace que los pasajeros deban subir y bajar del bus en un lugar que no corresponde. Finalmente, existe la presencia de árboles que reducen la visibilidad entre los peatones y los buses.



La figura 6.12 muestra el paradero de la Av. Primavera, cuenta con bancas y techo, sin embargo, no cuenta con un espacio exclusivo para el transporte público, comparte un carril con los vehículos privados. Este punto tiene mejor visibilidad entre los peatones y los conductores, igualmente, tiene una mejor ubicación que el primer paradero, ya que, cuenta con cierta distancia para que los vehículos que quieran girar a la derecha puedan hacerlo desde el carril correspondiente.

Por último, el tercer paradero ubicado en la Av. San Luis, tiene bancas techadas y su propio carril. Este carril continúa a la avenida lo cual es innecesario ya que hay una ampliación de 2 a 4 carriles antes de la intersección. Este paradero es mostrado en la figura 6.13.



Figura 6.11: Paradero Av. Caminos del Inca



Figura 6.12: Paradero Av. Primavera



Figura 6.13: Paradero Av. San Luis

### 6.6 Rampas

Por lo general, se encuentran rampas en la mayoría de las intersecciones de la zona de estudio con anchos de 1 metro y con pendientes entre 10% y 15%, sin embargo, existe una ausencia de rampas en el punto 1 y 2 de la figura 6.14. Por otro lado, las letras indican la existencia de una rampa mal diseñada.

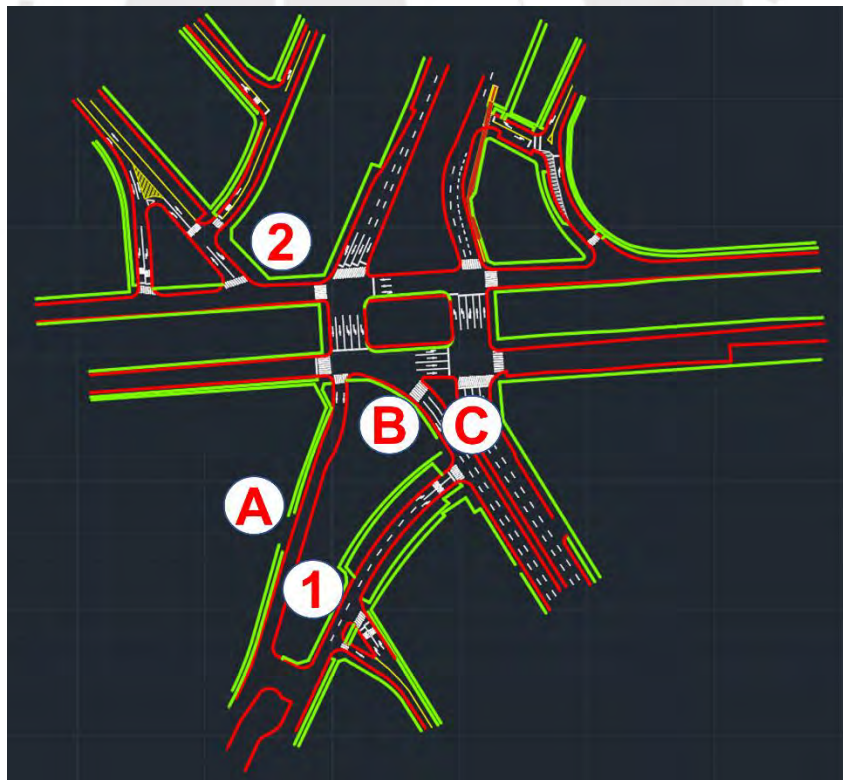


Figura 6.14: Ubicación de rampas con errores

A continuación, se muestran las figuras de las rampas en los puntos A y B, el punto A tiene una entrada a un garaje que no está a nivel de la vereda, los peatones deben bajar



al nivel de la entrada del garaje y caminar con una pendiente transversal de 8.7%. Por otro lado, el punto B tiene una rampa que bloquea la vereda y no es funcional para las personas en silla de ruedas. Ambos errores se muestran en la figura 6.15. Las figuras 6.16 y 6.17 muestran los errores en los puntos C y 1, los cuales parecidos al del punto A, los peatones deben bajar al nivel de la pista debido a la presencia de un garaje. Finalmente, la figura 6.18 muestra la ausencia de rampas en el punto 2.



Figura 6.15: Rampas de los puntos A (izquierda) y B (derecha)



Figura 6.16: Rampas del punto C

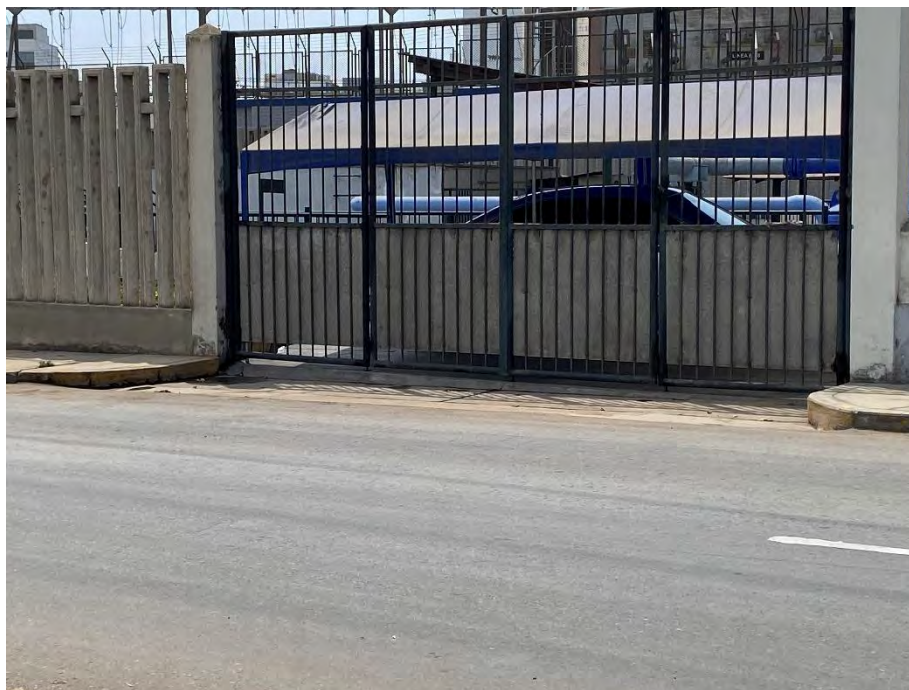


Figura 6.17: Ausencia de rampas en el punto 1



Figura 6.18: Ausencia de rampas en el punto 2

### 6.7 Veredas

Los anchos de veredas encontrados son apropiados, todos sobrepasan los 1.8 metros y tienen pendientes, tanto transversales como longitudinales, apropiadas. Existen algunos problemas de obstrucción y discontinuidad de veredas, estos puntos se encuentran en la figura 6.19.





Figura 6.19: Veredas con discontinuidades u obstrucciones

El punto 1 indica la discontinuidad en la vereda, mostrado en la figura 6.20, mientras que los puntos 2 y 3 apuntan a obstrucciones de la vereda mostrados en las figuras 6.21 y 6.22 respectivamente. En el caso del punto 2 la obstrucción es dada por una serie de elementos, en primer lugar, existe una elevación innecesaria de la vereda por una distancia de 5 m, la rampa lleva a unas rejillas que incomodan el paso de la silla de ruedas, luego, el ancho de la vereda es reducido por la presencia de controladores eléctricos. Finalmente, el descenso de esta sección elevada conlleva al cruce peatonal disminuyendo la seguridad, pues, provoca la pérdida de control. Por otro lado, el punto 3 es obstruido por diferentes postes de electricidad, un buzón y el poste del semáforo.



Figura 6.20: Discontinuidad de vereda en el punto 1

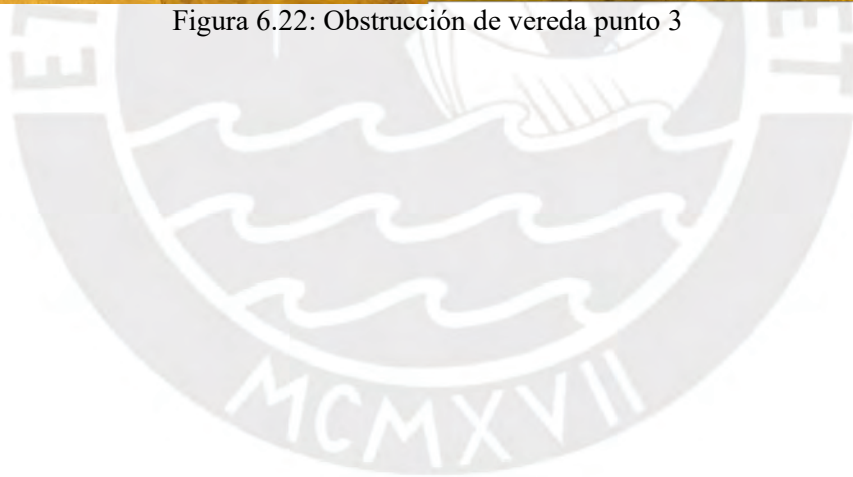




Figura 6.21: Obstrucción de vereda en el punto 2



Figura 6.22: Obstrucción de vereda punto 3



## 7. CAPÍTULO VII: Medidas de bajo costo

Este capítulo explica algunas medidas de bajo costo que luego fueron aplicadas a la zona de estudio. Estas medidas fueron extraídas de diferentes manuales y se consideró el comportamiento de manejo encontrado en la zona de estudio.

### 7.1 Islas canalizadoras

Las islas canalizadoras, mostradas en la figura 7.1, son una medida para ordenar el tránsito vehicular guiando a los conductores por la ruta que el diseñador desea que tomen. Se pueden usar para impedir movimientos rectos en una intersección desde un cierto carril, forzando al vehículo a girar (CONASET, 2010). También se pueden usar cuando existe una falta de canalización de movimientos (CONASET, 2008). Se imposibilita al vehículo de seguir de frente siempre y cuando la isla canalizadora sea un elemento sólido, también existe la posibilidad de colocar islas canalizadoras fantasmas las cuales son la demarcación de la isla canalizadora. Es sabido que los elementos físicos tienen mejores resultados que la señalización horizontal plana, sin embargo, se ha obtenido buenos resultados en Chile con solo la demarcación de las islas canalizadoras. Otra manera de usar este elemento es crear islas de refugio para los peatones como se muestra en la figura 7.2, esto consiste en desviar a los vehículos con las islas canalizadoras y como consecuencia se tiene un espacio donde los peatones pueden esperar mientras cruzan la vía. (CONASET, 2005)

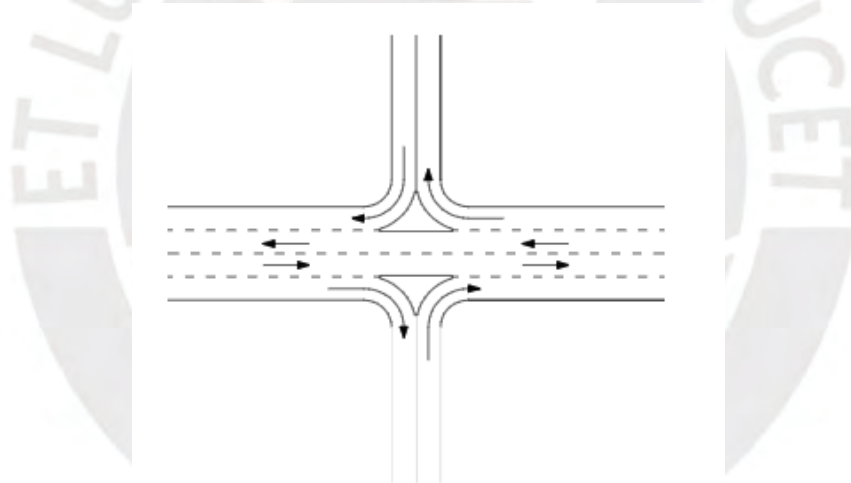


Figura 7.1: Islas canalizadoras (giros a la derecha)

Fuente: (CONASET, 2010)



Figura 7.2: Islas canalizadoras (refugio de peatones)

Fuente: (CONASET, 2005)

### 7.2 Vallas peatonales

Este elemento cumple con un objetivo parecido a las islas canalizadoras, sin embargo, las vallas aplican para los peatones. Son usadas cuando existe una falta de seguridad en

el cruce de los peatones y se quiere que tomen otra ruta. Las vallas obligan a cruzar por la zona correspondiente como se muestra en la figura 7.3 (CONASET, 2008). Es posible que las vallas generen trayectos más largos para los peatones o no sigan las rutas de deseo de ellos, es por eso, que se deben colocar solo cuando son necesarias para la seguridad y el ordenamiento de los peatones.



Figura 7.3: Vallas peatonales  
Fuente: (CONASET, 2005)

### 7.3 Ubicación de los cruces peatonales

Es recomendable que los cruces peatonales estén a 6 metros de distancia desde la esquina de la intersección cuando hay giros que intervienen con él. Esto tiene varios beneficios, el primero es que los vehículos y los peatones logran percibirse mutuamente con mayor anticipación al conflicto, pues, el peatón puede ver que el vehículo está girando desde una distancia segura y el vehículo recién enfrenta al peatón una vez que se logra hacer la maniobra de giro. Segundo, evita colas generadas por los vehículos que quieren cruzar la intersección y no pueden por la presencia de peatones, los 6 metros sirven como un espacio de almacenamiento (CONASET, 2005).

### 7.4 Intervalo de peatón líder

El *leading pedestrian Interval* (LPI) consiste en darle un tiempo de ventaja a los peatones para que puedan cruzar la vía de una manera más segura. Esto se hace atrasando el verde vehicular unos segundos, de esta manera, cuando los vehículos giran a la derecha van a encontrar a los peatones cruzando. Se hace por un intervalo de tiempo entre 3 a 7 segundos, dando prioridad a los peatones sobre los vehículos. Se puede usar donde hay un flujo grande de peatones que entran en conflicto con un flujo grande de vehículos que giran a la derecha (NACTO, 2012) (Florida Department of Transportation, 2022). Se ha observado una reducción del 58.7% de colisiones entre vehículos y peatones en las zonas tratadas con este método (Fayish & Gross, 2010). El tiempo de este intervalo puede ser calculado por la ecuación 7.1 encontrada en *Guidelines and recommendations to accommodate older drivers and pedestrians* (FHWA, 2001).

$$LPI = \frac{ML + PL}{WS} \geq 3 s$$

Ecuación 7.1: Tiempo del intervalo de peatón líder  
Fuente: (FHWA, 2001)

Donde:

ML = Ancho total de los carriles que entran en conflicto.

PL = Ancho del estacionamiento (Si existe).

WS = Velocidad de los peatones (Se recomienda 0.85 m/s).

Este intervalo permite darles seguridad a los peatones sin tener que mover el cruce peatonal a 6 metros de la esquina como se mencionó antes. Claramente, el LPI solo se puede usar en intersecciones semaforizadas, pero permite mantener las rutas de deseo de los peatones. Por otro lado, es posible que un LPI muy grande disminuya la capacidad vehicular del acceso.

### 7.5 Radios de giro

En zonas urbanas es preferible tener radios de las esquinas pequeños pues estos limitan la velocidad a la que los vehículos pueden hacer la maniobra. También reduce la longitud de cruce de los peatones, reduciendo el riesgo de ellos. NACTO recomienda un radio entre 10 y 15 pies (3 y 4.5 metros). Al disminuir el radio también aumenta el ancho de la vereda, esto permite colocar mejores rampas en las esquinas. Es importante tener en cuenta el radio efectivo, si bien el radio de la esquina tiene un efecto en la trayectoria que los vehículos toman, también pueden tomar un radio mayor si se les da la opción, resultando en velocidades altas. Un ejemplo de esto se muestra en la figura 7.4, donde el carril de los vehículos está lejos de la esquina por la ciclovía y los vehículos estacionados creando un radio efectivo grande, a pesar de que el radio de la esquina es pequeño. (NACTO, 2012)

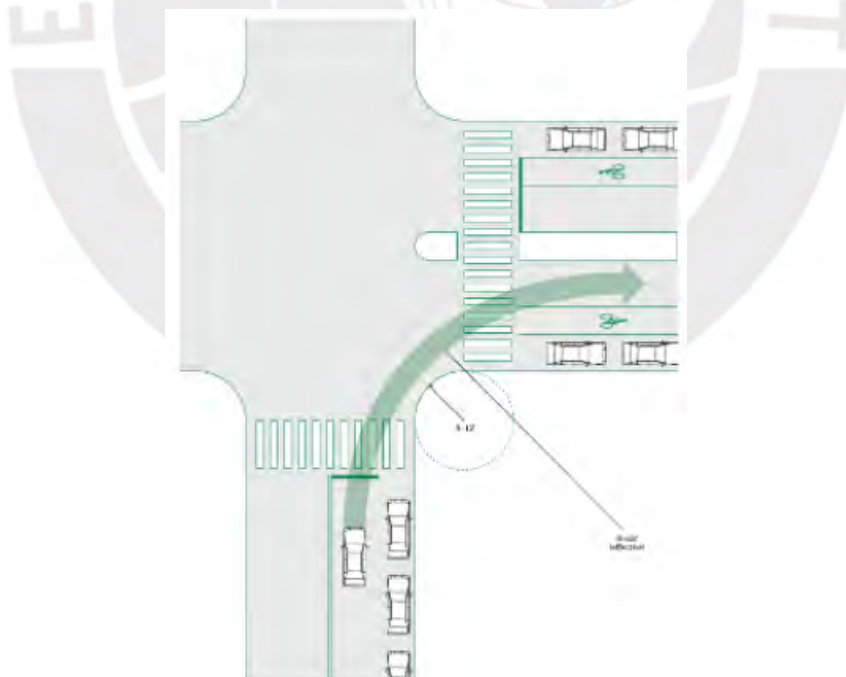


Figura 7.4: Radio de giro efectivo  
Fuente: (NACTO, 2012)

La velocidad de giro debe ser menor a 25 km/h (NACTO, 2012) por la seguridad de los peatones y esto se puede relacionar a un radio efectivo tomado del diseño geométrico de carreteras mostrada en la ecuación 7.2.



$$R = \frac{V^2}{127(s + f_t)}$$

Ecuación 7.2: Radio de giro respecto a la velocidad  
Fuente: (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2018)

Donde:

R = Radio efectivo en m.

V = Velocidad en km/h.

s = Peralte máximo.

$f_t$  = Coeficiente de fricción transversal máximo asociado a V.

Se considera  $s = 0$  y  $f_t = 0.17$  para zonas urbanas con velocidades menores a 40 km/h. Usando la velocidad de 25 km/h recomendada por la NACTO y los valores de s y  $f_t$  ya mencionados se obtiene  $R = 28.95$  m, este resultado es el radio efectivo máximo, pues en zonas urbanas se quieren radios pequeños para reducir la velocidad.

### 7.6 Líneas guía

Las líneas guía son aquellas que dividen a los carriles dentro de la intersección con el fin de ordenar e indicar al conductor por donde debe hacer la maniobra, se pueden ver en la figura 7.5. Se usan en intersecciones complejas o en las que podrían generar confusión, un ejemplo es que los carriles después de la intersección no estén alineados con los carriles antes de la intersección (Candía, 2021). También se pueden usar para indicar por donde se debe hacer el giro con el fin de reducir los conflictos en la intersección (NACTO, 2012). Se debe usar la mínima cantidad de líneas guía para no generar una mayor confusión. (Candía, 2021)

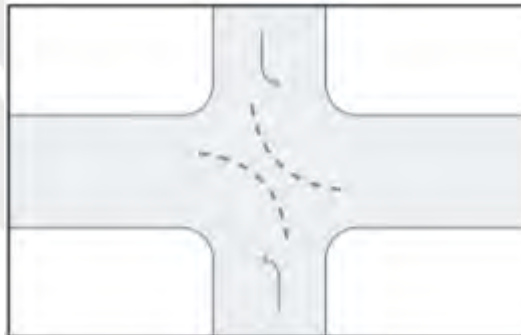


Figura 7.5: Líneas guía  
Fuente: (NACTO, 2012)

### 7.7 Carriles de giro a la izquierda

Se recomienda un carril exclusivo de giro a la izquierda cuando en hora pico se tienen más de 100 veh/h que hagan este movimiento, si se encuentran más de 300 veh/h se recomienda usar 2 carriles. Así mismo, cuando el 20% de los vehículos que llegan a la intersección giran a la izquierda se recomienda el uso de un carril exclusivo para ellos (Transportation Research Board, 2000). Una vez que se tiene decidido si se va a usar este tipo de carril, se debe diseñar con la longitud correcta, para ello, se muestra la figura 7.6 que indica los elementos de un carril de este tipo.

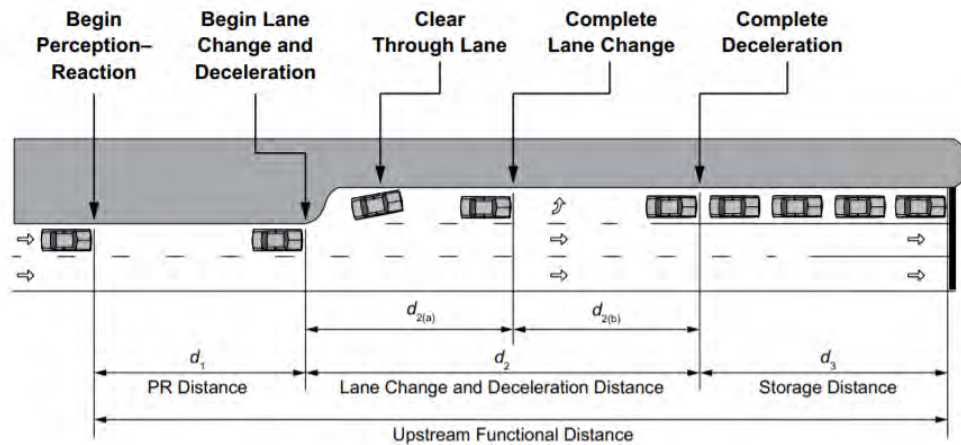


Figura 7.6: Carril de giro a la izquierda  
Fuente: (AASHTO, 2018)

Los elementos son los siguientes:  $d_1$  es la distancia que necesita el conductor para reconocer que existe un carril de giro a la izquierda,  $d_{2(a)}$  es la distancia que se recorre mientras se cambia de carril,  $d_{2(b)}$  es la distancia de desaceleración después de cambiar de carril, y  $d_3$  es la longitud de almacenamiento. Es necesario que la longitud de almacenamiento pueda contener de 1.5 a 2 veces la cantidad de vehículos que se pueden acumular en un ciclo, esto es para no obstaculizar el resto de la vía con los vehículos que están esperando entrar a este carril. Es preferible obtener los valores en campo, sin embargo, cuando se planea cambiar las fases semafóricas no se pueden medir estos valores futuros, por lo cual, la AASHTO brinda fórmulas y tablas para calcular la distancia de almacenamiento. Para la distancia  $d_2$  se considera una desaceleración de  $2.0 \text{ m/s}^2$  y se muestran los resultados en la tabla 7.1. (AASHTO, 2018)

V (km/h)	d2 (m)
30	25
40	35
50	50
55	65
65	85
70	105
80	130
90	155
95	185
105	215
110	250

Tabla 7.1: Distancia de cambio de carril y desaceleración  
Fuente: (AASHTO, 2018)

La distancia  $d_3$  se calcula a partir de las ecuaciones 7.3 y 7.4.

$$c = \frac{V_0 e^{-\frac{V_0 t_c}{3600}}}{1 - e^{-\frac{V_0 t_f}{3600}}}$$

Ecuación 7.3: Capacidad de un carril exclusivo para giro a la izquierda  
Fuente: (AASHTO, 2018)

$$d_3 = \left\{ \frac{\ln[P(n > N)]}{\ln\left[\frac{v}{c}\right]} - 1 \right\} * VL$$

Ecuación 7.4: Longitud de almacenamiento  
Fuente: (AASHTO, 2018)

Donde:

$c$  = Capacidad del carril de giro a la izquierda (veh/h).

$V_0$  = Flujo de vehículos opuestos al giro a la izquierda (veh/h).

$t_c$  = Brecha crítica (s).

$t_f$  = Brecha de seguimiento (s).

$P(n>N)$  = Probabilidad de que el carril se sature.

$v$  = Flujo de vehículos que giran a la izquierda (veh/h).

$VL$  = longitud promedio que ocupan los vehículos (m).

Los valores con los que normalmente se trabaja son: la probabilidad de que se sature el carril sea de 0.005, una longitud promedio que ocupan los vehículos de 7.6 m, y para cumplir con el percentil 85 de los usuarios, la brecha crítica y la de seguimiento son 6.25 s y 2.2 s respectivamente. Con estos datos se obtiene la tabla 7.2.

Flujo de giro a la izquierda (veh/h)	Flujo de vehículos opuestos (veh/h)				
	200	400	600	800	1000
40	16	16	16	16	16
60	16	16	16	16	16
80	16	16	16	16	23
100	16	16	16	23	23
120	16	16	23	23	31
140	16	16	23	31	39
160	16	23	23	31	46
180	16	23	23	39	46
200	16	23	31	39	61
220	23	23	31	46	69
240	23	23	39	46	84
260	23	31	39	54	100
280	23	31	39	61	122
300	23	31	46	69	161

Tabla 7.2: Longitud de almacenamiento  
Fuente: (AASHTO, 2018)

Se puede observar que el cálculo para un carril con giro a la izquierda protegido no se encuentra en la tabla 7.2, ya que, corresponde a  $V_0 = 0$  y si se coloca este valor en la ecuación 7.3 existe una indeterminación. Para ello se toma el límite de esta ecuación cuando  $V_0$  tiende a 0 y se obtiene  $c = 1636$ . Finalmente, se simplifica el denominador de la ecuación 7.4 a  $\ln(v/1636)$ .

### 7.8 Semáforo para buses

Esta señal de control de tránsito permite que el transporte público pueda cruzar la intersección antes que el resto de vehículos. Esto se logra dándole unos segundos de verde solo al transporte público antes que al resto de vehículos. Con esto los buses no esperan a los demás y tienen tiempo de realizar las maniobras necesarias para retomar la vía, es decir, si se crea un carril para el paradero y, luego de la intersección no hay continuación del carril, los buses pueden alinearse con los otros carriles. Esto se puede implementar en intersecciones donde hay bastantes conflictos entre el transporte público que quiere girar a la izquierda y el resto de vehículos que quiere seguir de frente o voltear a la derecha, ya que el bus está en el carril de la derecha recogiendo o dejando pasajeros. Al despejar al transporte público primero se eliminan estos conflictos. Para señalar este mensaje se usa un semáforo especial con una línea blanca mostrada en la figura 7.7, ello con el fin de indicar que solo los buses pueden pasar y el resto de conductores, que probablemente no reconozcan la señal, esperen al verde que les corresponde (NACTO, 2016). Las líneas blancas de la figura 7.7, de izquierda a derecha, significan lo siguiente en comparación al semáforo tradicional: rojo, verde, giro a la izquierda protegido, giro a la derecha protegido, y la última que tintinea es el ámbar. (Dirección general de tráfico de España, 2018)



Figura 7.7: Semáforo para buses

Fuente: (Dirección general de tráfico de España, 2018)

### 7.9 Veredas

Las veredas deben tener un ancho mínimo de 1.2 m libres para que las sillas de ruedas puedan pasar sin dificultad. Esto se usa para vías con poco flujo peatonal, en zonas donde hay bastantes peatones se puede aumentar el ancho. Debe existir un mínimo de 2.1 m libres de alto a lo largo de las veredas, se debe tener cuidado con las ramas de los árboles que suelen obstruir el camino. Finalmente, pueden tener una pendiente transversal máxima de 2%. (Huerta, 2007)

### 7.10 Rampas

Las rampas deben ser incluidas cuando existe un desnivel mayor a 13 mm, si es menor se pueden usar bordes biselados. Las pendientes máximas de las rampas dependen del desnivel y estas se pueden observar en la tabla 7.3.

Desnivel (cm)	Pendiente (%)
0-25	12
26-75	10
76-120	8
121-180	6
181-200	4
>200	2

Tabla 7.3: Pendientes máximas de rampas peatonales

Fuente: (Huerta, 2007)



Por otro lado, el ancho mínimo debe ser de 90 cm, sin embargo, si la rampa tiene una longitud mayor a 15 m se debe usar un ancho mínimo de 1.5 m. Se deberán proporcionar descansos cuando la rampa supere una longitud de 7.5 m y estos deben tener un largo mínimo de 1.2 m. Cuando una rampa perpendicular a la pista conlleva a la vereda, esta debe tener un espacio libre mínimo de 90 cm hasta el borde interno de la vereda con el fin de permitir que la silla de ruedas rote sin problemas. Una rampa con más de 3 m de largo requiere pasamanos a una altura de 80 cm y se recomienda prolongarlos 45 cm horizontalmente antes y después de la rampa. (Huerta, 2007)

### 7.11 Estacionamientos

Los estacionamientos deben ser un cajón de 2.6 m x 6.0 m para vehículos livianos (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2015a). En caso de los estacionamientos para personas con discapacidad el ancho debe aumentarse a 3.8 m. Si se colocan 2 de estos estacionamientos adyacentes ellos pueden compartir un ancho de 1.2 m para realizar las debidas maniobras. La cantidad de estacionamientos para vehículos conducidos por o que transportan personas con discapacidad depende de la cantidad total de estacionamientos y se muestran en la tabla 7.4. Este tipo de estacionamiento debe ser acompañado por la adecuada señalización y rampas de acceso. (Huerta, 2007)

Total de estacionamientos	Estacionamientos para personas con discapacidad
0-5	Ninguno
6-20	1
21-50	2
51-400	2 por cada 50
>400	16 más 1 por cada 100 adicional

Tabla 7.4: Cantidad mínima de estacionamientos para personas con discapacidad  
Fuente: (Huerta, 2007)

## **8. CAPÍTULO VIII: Armado de las listas de chequeo**

Este capítulo será dedicado a la elección de los incisos de las listas de chequeo. Se armarán 3 listas, primero, la lista de chequeo de una inspección de seguridad vial la cual será una extracción de incisos de la lista proporcionada por (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2017). De igual forma se armará la segunda lista de chequeos para la accesibilidad de los usuarios tomando los incisos de la herramienta EEPI. La tercera lista es para simular una ASV evaluando el diseño propuesto con las listas proporcionadas por (U.S. Department of Transportation, 2020) y (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2017)

### **8.1 Lista de chequeo ISV**

Esta lista se puede encontrar en el anexo 2 la cual analiza la situación actual de la zona de estudio. En ella se comentan los puntos a corregir para la señalización horizontal, vertical y la semaforización.

### **8.2 Lista de chequeo EEPI**

La lista de chequeo EEPI se puede encontrar en el anexo 3, esta es una lista solo con los incisos relevantes para esta tesis que se obtuvieron de la lista detallada de la herramienta EEPI (Cabrera & Cebollada, 2021). En su mayoría se tomaron incisos que estén relacionados con el espacio público, por ejemplo, se decidió no colocar los incisos que se referían al interior del transporte público o de las edificaciones. Así mismo, por ser un análisis de una intersección, se obvió incisos que requieran un estudio de una zona más amplia, por ejemplo, las rutas que toma el transporte público.

### **8.3 Lista de chequeo ASV**

Esta lista se puede encontrar en el anexo 4 y, en su mayoría, recupera la etapa de diseño y las generalidades de ambas listas referenciadas. Las demás etapas no pueden ser analizadas en esta tesis pues son auditorías para las etapas de construcción del proyecto y su revisión luego de la apertura.

## 9. CAPÍTULO IX: Aplicación de las medidas de bajo costo

Este capítulo está dedicado a mostrar la propuesta de mejora para el diseño de la zona de estudio. En la mayoría de los casos presenta porciones del plano de mejora y luego una breve explicación de los cambios que se han realizado, al igual que el porqué de estas decisiones. En todas las figuras se presenta la situación actual en el lado izquierdo y la propuesta de mejora en el lado derecho. Para el cambio del diseño vial dentro de la intersección es necesario conocer los flujos de los vehículos que transcurren por ella y estos se presentan en las siguientes tablas. Se realizaron 2 aforos, el primero para la calibración y el segundo para la validación de la micro simulación que se verá en el siguiente capítulo. Con el fin de obtener un factor de hora pico se dividió cada aforo en 4 segmentos de 15 minutos cada uno. El primer aforo se realizó el 25 de mayo del 2022 entre las 6:40 pm y 8:04 pm, el segundo se realizó entre las 9:36 am y 10:52 am del día siguiente. Estos tiempos son un poco más de una hora porque hay tiempos perdidos entre posicionar el dron cada cambio de batería. Se eligieron estas horas para tener flujos diferentes de vehículos y poder realizar la validación correctamente. Se obtuvo un 11% menos de vehículos el segundo día.

Primeros 15 min						Segundos 15 min					
O/D	CI	P	SL	A	I	O/D	CI	P	SL	A	I
CI	3	70	160	80	10	CI	11	81	193	140	5
P	44	2	5	80	48	P	37	2	5	77	47
SL	167	49	1	23	108	SL	214	79	2	29	150
A	57	89	61	5	10	A	78	104	87	11	6

Terceros 15 min						Cuartos 15 min					
O/D	CI	P	SL	A	I	O/D	CI	P	SL	A	I
CI	11	71	171	114	4	CI	7	68	134	107	5
P	42	3	4	68	48	P	32	7	8	71	59
SL	199	68	4	43	120	SL	146	62	2	34	88
A	83	90	76	17	10	A	82	75	71	8	9

Total					
O/D	CI	P	SL	A	I
CI	32	290	658	441	24
P	155	14	22	296	202
SL	726	258	9	129	466
A	300	358	295	41	35

Tabla 9.1: Aforo día 1 en veh/h

Primeros 15 min						Segundos 15 min					
O/D	CI	P	SL	A	I	O/D	CI	P	SL	A	I
CI	5	46	175	116	4	CI	4	61	186	129	9
P	36	2	5	79	48	P	30	2	6	66	28
SL	108	50	5	27	75	SL	111	51	5	36	74
A	46	99	71	19	19	A	59	85	74	25	13

Terceros 15 min					
O/D	CI	P	SL	A	I
CI	3	64	185	145	5
P	32	4	3	74	44
SL	128	56	1	48	77
A	76	90	61	22	8

Cuartos 15 min					
O/D	CI	P	SL	A	I
CI	2	62	165	108	8
P	31	4	6	57	32
SL	116	52	3	30	73
A	64	90	73	24	8

Total					
O/D	CI	P	SL	A	I
CI	14	233	711	498	26
P	129	12	20	276	152
SL	463	209	14	141	299
A	245	364	279	90	48

Tabla 9.2: Aforo día 2 en veh/h

### 9.1 Diseño vial y señalización horizontal

El primer caso es el de la Av. Géminis que intercepta a la Av. Angamos en la dirección EO. Se ha decidido eliminar un carril en cada sentido de la avenida pues este carril extra solo se aumenta para la intersección con la avenida principal, de esta manera los cruces peatonales son más cortos. Al eliminar el carril derecho en la dirección SN se logra tener un espacio de 6 m en la Ca. Pablo Usandizaga en el cual los vehículos pueden esperar y no detenerse sobre el cruce peatonal. La eliminación de este carril también logra disminuir el radio de giro de los movimientos de la Av. Angamos a la Av. Géminis, para evitar que los vehículos realicen el giro con un mayor radio invadiendo la señalización horizontal se ha decidido colocar tachones. En el sentido NS se eliminó el carril izquierdo para tener espacio luego del fin de la vereda que cruza el parque y se propone colocar vallas peatonales en este espacio, representadas por aspas azules, esto es con el fin de canalizar a los peatones que caminan por la vereda que cruza el parque. La eliminación de este carril también aumenta la visibilidad entre vehículos. Por último, se han señalizado estacionamientos que están en uso, sin embargo, actualmente no tienen la señalización adecuada.



Figura 9.1: Cambios en la Av. Géminis



El siguiente caso es el de la Av. Intihuatana donde hay ausencia de señalización horizontal, por ello, se propone repintar los carriles y la isla con las señales de pare. En la parte superior izquierda se debe continuar la vereda, la entrada al garaje no debe generar que los peatones bajen al nivel de la pista y caminen por una pendiente transversal significativa. Se propone un cruce peatonal en la Av. Intihuatana para darle continuidad a la vereda. Finalmente, se hace un trazo de señalización horizontal indicando la salida de vehículos en la parte inferior.

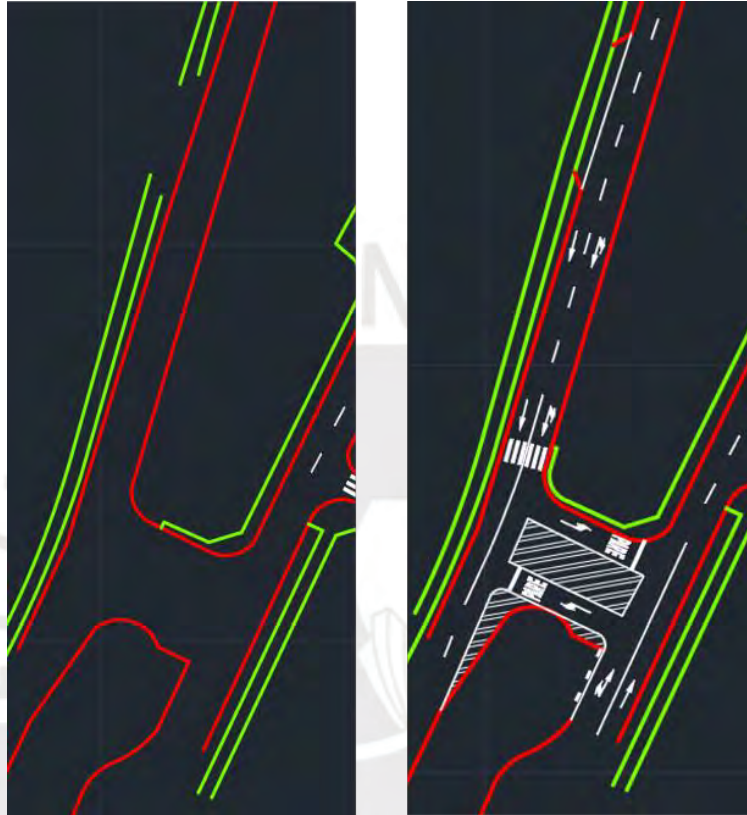


Figura 9.2: Cambios en la Av. Intihuatana

En el Jr. Tinajones, el cual termina en la Av. Intihuatana, se ha optado por eliminar un carril de ingreso, ya que este solo se ha trazado al final del jirón. Al tener 2 carriles solo genera mayor riesgo para los peatones y mayor desorden al momento de hacer el giro a la derecha. Esta es una esquina en la cual hay que incluir rampas, como se mencionó en el análisis de accesibilidad. Se ha incluido un nuevo cruce peatonal el cual crea continuidad de la vereda. Es posible que los peatones traten de cruzar la Av. Intihuatana al norte del nuevo cruce, por lo tanto, se han colocado vallas peatonales a lo largo de la vereda.

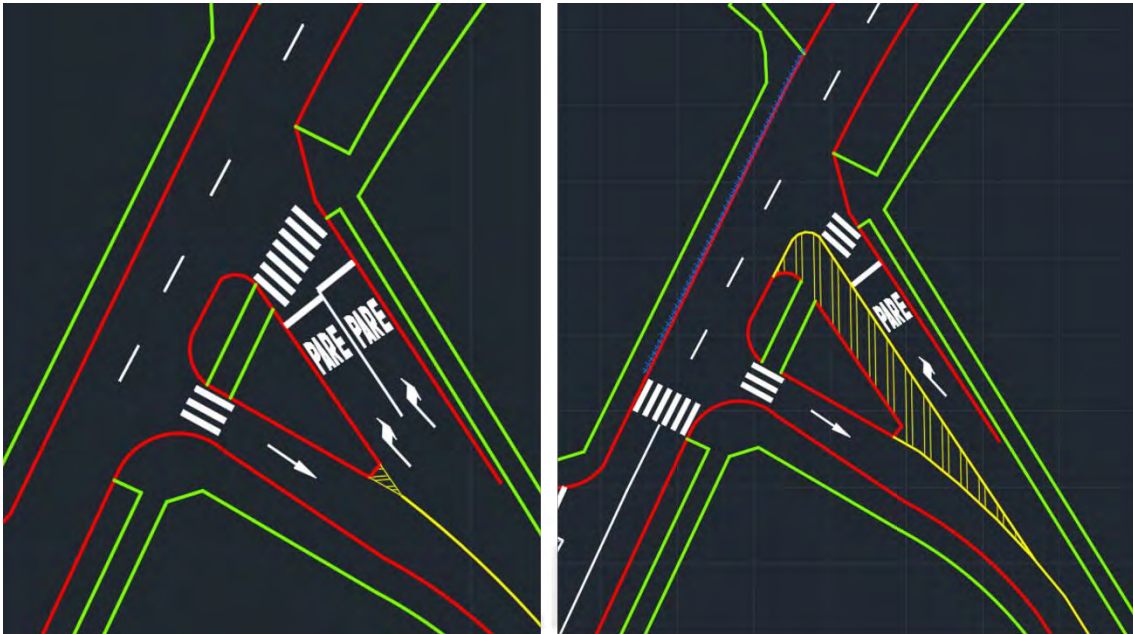


Figura 9.3: Cambios en el Jr. Tinajones

A lo largo de las avenidas Primavera y Angamos es necesario demarcar los límites de los carriles. Por otro lado, los estacionamientos no están delimitados correctamente, se propone pintar los límites y agregar dos estacionamientos para personas con discapacidad. Estos estacionamientos deben estar ubicados frente a la entrada del centro comercial.



Figura 9.4: Cambios en la Av. Primavera

La Av. San Luis actualmente tiene una ciclovía en la vereda poco circulada, por esta razón se ha optado por eliminar dicha ciclovía. Esta continúa por la avenida, en este caso solo se propone eliminar la parte que obstruye a la vereda. Para entrar a la Av. San Luis desde el sur, existen 3 carriles de los cuales 1 es eliminado repentinamente, se ha decidido eliminar el carril y solo usar 2 de ellos. La señalización horizontal ha sido corregida, se han colocado flechas 6 y 30 metros antes del cruce con la calle al norte de

las figuras y se permite el giro a la izquierda en sentido sur-oeste. Se ha desplazado el cruce peatonal superior izquierdo de la figura con el fin de alinearlo con la vereda, esto crea un espacio de 6 metros en el cual los vehículos de la vía secundaria pueden esperar para entrar a la avenida principal. El desplazamiento genera que no esté alineado con la vereda sur, por ello, se han colocado macetas para guiar a los peatones. El cruce peatonal en la esquina superior derecha se ha repintado con la señalización correspondiente la cual es de tipo cebra. Por otro lado, el radio de giro de la curva inferior derecha ha sido reducido a 5 metros, de esta manera se reduce la velocidad de los vehículos antes de entrar en conflicto con los peatones y hay mayor visibilidad entre ambos usuarios. Las tachas a lo largo de la curva tienen la finalidad de obligar a los vehículos a no cruzar la línea blanca y respetar la señalización. Finalmente, se ha movido el cruce peatonal en la esquina inferior derecha para alinearlo con las rutas de deseo de los peatones, esto incluye mover la rampa peatonal.



Figura 9.5: Cambios en la Av. San Luis

La última zona con cambios en el diseño vial es la intersección misma, es decir, el óvalo. Se ha identificado varios conflictos que se generan en el óvalo, sobre todo, al momento en que ocurren los giros a la izquierda. Para ello se ha implementado líneas guías, con el fin de canalizar los movimientos y reducir los conflictos. La canalización estará acompañada de señalización vertical para transmitir claramente el mensaje de dónde (en qué carril) se debe colocar el vehículo dependiendo de su destino, esto se verá capítulos más adelante. También se ha reducido la cantidad de carriles, es importante notar que actualmente los 5 carriles dentro del óvalo suelen servir como un lugar de espera para los vehículos que giran a la izquierda y las colas no bloquean a los vehículos que siguen de frente. Por esta razón se va a cambiar la semaforización, ya que, es muy importante la relación entre la semaforización y la geometría de la intersección, sin embargo, esto se explicará con mayor detalle capítulos más adelante. La señalización horizontal de los movimientos permitidos, representado por flechas, también se ha rediseñado, por ejemplo, en la entrada a la Av. San Luis no se permite que 3 carriles sigan de frente, pues, solo hay 2 carriles que pueden recibir a los vehículos. En el acceso de la Av. Caminos del Inca se encontraron varios buses con destino a la Av. Angamos, dado que el paradero está antes de la intersección y al lado derecho existen conflictos con los vehículos que siguen de frente, por ello, se ha reubicado el paradero unos metros



antes para que los buses puedan cambiar de carril. En la salida de la Av. Caminos del Inca se ha optado por eliminar un carril hasta la intersección con la Av. Intihuatana, ya que, solo hay 2 carriles que llegan a esta avenida desde el óvalo. Esta reducción de carriles trae beneficios, por ejemplo, genera un espacio suficiente para una rampa peatonal adecuada en vez de la que se mostró en la figura 6.14 como el punto C. También disminuye la velocidad de los giros a la derecha desde la Av. Angamos ya que el radio de giro es menor. No se minimiza este radio de giro pues la capacidad de la intersección se vería muy afectada, sobre todo, por el resto de movimientos con destino en la Av. Caminos del Inca. En la Av. San Luis se ha optado por pasar de 4 carriles a 3, esto genera un espacio para un paradero segregado de la vía, además, los 2 carriles iniciales se han desviado a la derecha para crear un carril de giro a la izquierda. Este carril mide 32.15 metros, por lo visto en la tabla 7.1 para una avenida de 40 km/h la distancia para hacer la maniobra de cambio de carril requiere 35 metros. Por lo tanto, este carril es muy corto, a pesar de ello igual se coloca pues reduce accidentes y mejora la gestión de la intersección. (AASHTO, 2018). Por otro lado, la señalización de cada movimiento permitido se ha colocado 50 y 25 metros antes de la intersección. Dentro del óvalo se han colocado tachas en la parte sureste con el fin de evitar la invasión en la isla por parte de los vehículos. Por último, los cruces peatonales se han mantenido como paso de cebra, a pesar de haber identificado sendas peatonales en la zona de estudio. Esta decisión fue tomada debido a que las sendas peatonales no se encuentran en el manual de dispositivos, sin embargo, el uso de sendas peatonales ayuda a las personas con alguna discapacidad visual a tener en cuenta si deben respetar algún semáforo peatonal. Todo esto se puede ver en la figura 9.6.



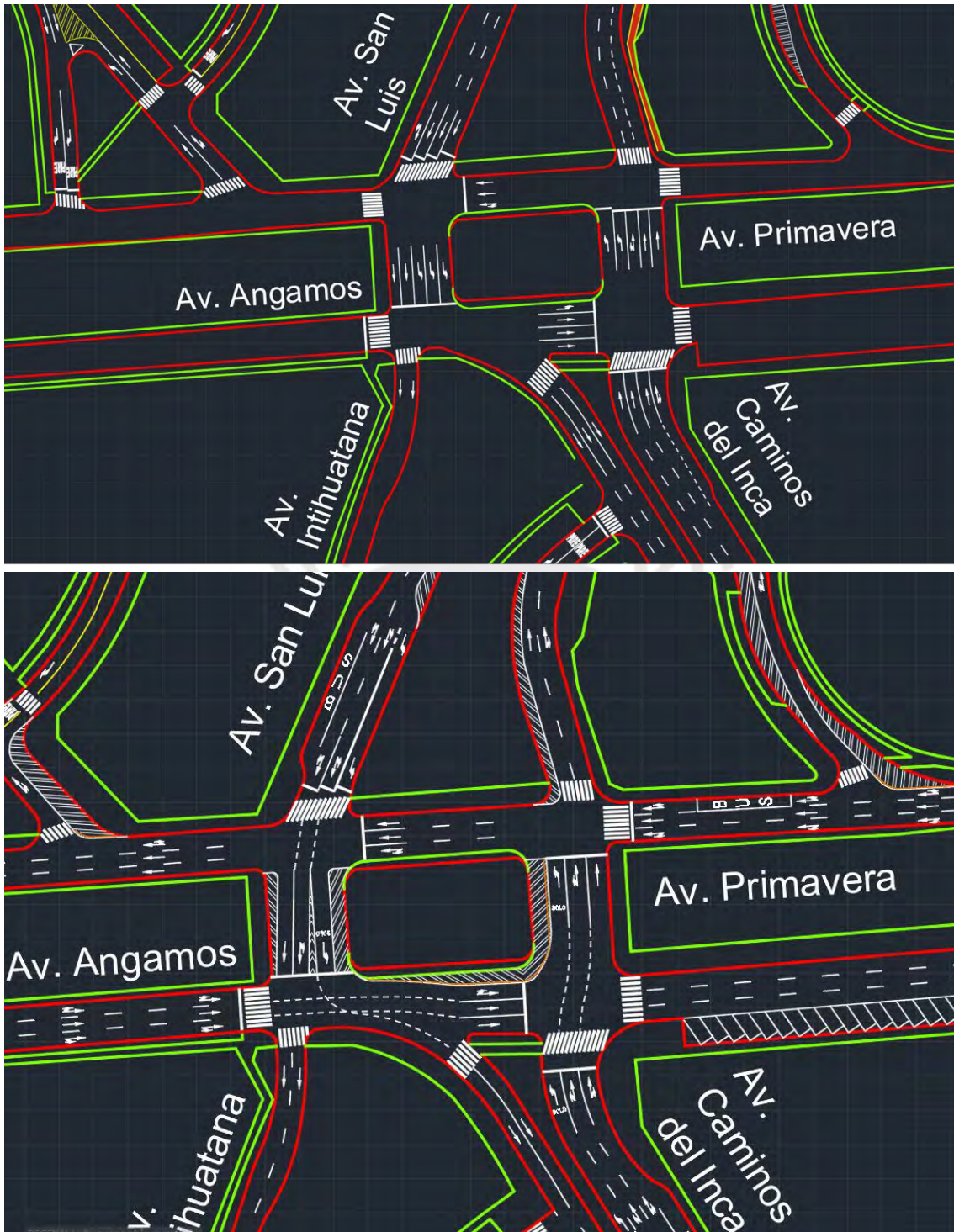


Figura 9.6: Cambios en el óvalo

## 9.2 Señalización vertical

Se propone implementar nueva señalización vertical, primero, todos los “PARE” de la señalización horizontal están acompañados de una señal vertical. En el caso de la Av. Intihuatana se colocan dos señales verticales al momento de llegar al cruce con la Av. Caminos del Inca. Esto se hace para evitar que un vehículo alto interrumpa la visibilidad de la señal a otro vehículo en el carril adyacente. Los estacionamientos para personas con discapacidad están acompañados de señalización vertical informativa, al igual que los paraderos. Es necesario que estas señales no estén obstruidas por árboles, como es el

caso de la señal del paradero de la Av. Primavera, por limitaciones de la metodología y obtención el plano no se puede tener este detalle, sin embargo, en caso un árbol obstruya a la señalización, se debe retirar las ramas necesarias para recuperar la visibilidad o mover la señal a otro lugar. Se han implementado señales verticales reglamentarias de giros a la izquierda en cada carril exclusivo para este movimiento y señales de “No entre” alrededor del óvalo y en el giro en U de la Av. Intihuatana. Las señales preventivas se han usado para señalar los cruces peatonales próximos a la Av. Primavera y a la Av. Angamos para incrementar la visibilidad de ellos.

Por otro lado, se propone una señal aérea en el acceso de la Av. San Luis con el fin de canalizar los movimientos, mostrada en la figura 9.7. Anteriormente se habló sobre las líneas guías para realizar las diferentes maniobras de una manera ordenada y garantizar la continuidad de los carriles, sin embargo, se debe señalar en qué carril el vehículo debe colocarse dependiendo del destino al cual quiere llegar. Por ello, la señal aérea está a 35 m antes de la intersección donde inicia el carril de giro a la izquierda, así, dando el tiempo necesario a los conductores para colocarse en el carril adecuado. De manera similar se propone una señal informativa en la Av. Primavera para indicar qué carril deben tomar los vehículos en el óvalo para realizar el giro a la izquierda que deseen. Todo esto se puede ver en el anexo 6.

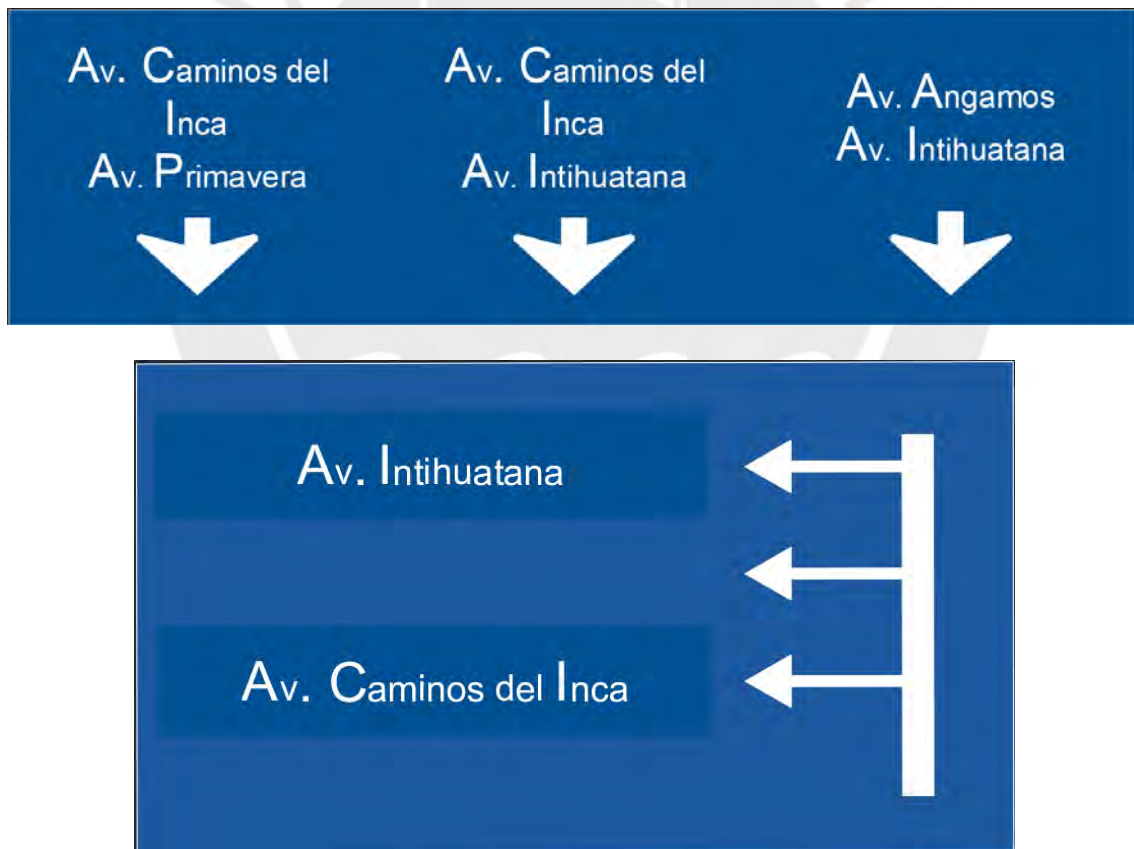


Figura 9.7: Señales informativas propuestas



### 9.3 SemafORIZACIÓN

#### 9.3.1 Planificación del ciclo semafórico

Durante el aforo se pudo observar que las colas generadas por los vehículos que realizan giros a la izquierda llegan a bloquear a los vehículos que quieren seguir de frente como se puede ver en la figura 9.8. Con la geometría propuesta donde se reduce la cantidad de carriles de 5 a 3 estas colas serían aún más largas e interrumpirían a más vehículos generando más desorden, tiempos de espera más largos y una reducción en la capacidad de la intersección. Este ejemplo demuestra la importancia de la relación entre la semafORIZACIÓN y el diseño de la intersección, por ello, se ha planificado un nuevo ciclo semafórico de 4 fases donde cada fase corresponde a cada acceso dando giros a la izquierda protegidos (fases “Split”). Esto también se puede justificar con la gran cantidad de giros a la izquierda que hay, que varían entre 155 veh/h hasta 726 veh/h. Siendo estos valores mayores a 100 veh/h en todos los casos se recomiendan giros a la izquierda protegidos (Cabrera, 2020). Los giros en U dentro del óvalo no van a poder realizarse en una fase dado que está cantidad de movimientos son bajos, varían entre 9 y 41 veh/h. Al no dar la posibilidad de hacer el giro en U en una fase se puede usar este tiempo para dar pase a los peatones, por ejemplo, cuando el acceso de la Av. Primavera esté en verde, los peatones podrán cruzar la salida de la Av. Primavera. En el caso de la Av. Caminos del Inca los peatones podrán cruzar las salidas de las Av. Caminos del Inca e Intihuatana.



Figura 9.8: Colas formadas dentro de la intersección  
Fuente: Roberto Lissia

Es fácil observar que el ciclo semafórico actual no ha tomado en cuenta a los peatones, esto se ve en campo debido a que los semáforos peatonales no guardan una buena relación con los semáforos vehiculares y también en la tabla 6.1, donde no hay alguna fase que especifique los movimientos peatonales. Durante la inspección de seguridad vial en campo se observó que los tiempos peatonales eran adecuados, por ejemplo, el rojo peatonal no es excesivamente largo ni el verde muy corto para que los peatones se queden en medio de la intersección cuando este se acabe, esto se da porque las distancias a cruzar no son muy largas. Otros aspectos que se pudieron observar es que algunos semáforos peatonales están en rojo innecesariamente y hay verdes peatonales que no son usados debido a que la prioridad la tienen los vehículos que giran a la derecha. Para minimizar los tiempos de espera de los peatones se implementarán intervalos de peatón líder (LPI) en los cruces donde haya una cantidad significativa de vehículos que giran a la derecha generando la pérdida de prioridad en los peatones. Estas rutas son de la Av. Angamos hacia la Av. Caminos del Inca y de la Av. Caminos del Inca hacia la Av. Primavera, donde ambos movimientos superan los 290 veh/h.

Una vez que ya se tienen las fases planeadas, una para cada acceso, es necesario ver el orden de ellas. Primero se elimina toda opción que dos fases consecutivas sean para accesos no adyacentes (Av. San Luis y Av. Caminos del Inca o Av. Primavera y Av. Angamos). Esto es porque el tiempo de todo rojo debería ser el tiempo que un vehículo demora recorrer dos lados del óvalo para que pueda realizar el giro a la izquierda. Este orden de fases generaría mucho tiempo perdido. Al eliminar estas opciones solo quedan dos, que las fases sean en sentido horario o antihorario. En caso las fases se activen en sentido antihorario los tiempos de todo rojo serían mayores a la otra opción, para explicar esto es mejor tomar un ejemplo. Los vehículos de la Av. Angamos van a recorrer un lado completo del óvalo y se podría iniciar la fase de la Av. Caminos del Inca una vez que los de la Av. Angamos hagan el giro a la izquierda o crucen la intersección. En caso se tome el sentido horario los vehículos de la Av. Angamos solo deben cruzar los carriles de la Av. San Luis para que se pueda iniciar la siguiente fase que sería para dicha avenida y para los vehículos que estaban esperando a dar la vuelta en U desde la Av. Caminos del Inca, esto resulta en menos tiempo perdido.

Analizando estas dos opciones desde el punto de vista de los peatones también conviene que las fases se inicien en sentido horario y ello se verá con ejemplos. Primero es el caso de un peatón que quiere cruzar en sentido horario, si las fases son en sentido antihorario, luego de esperar a los vehículos del primer acceso que quiere cruzar debería esperar a los vehículos que giran a la izquierda de la siguiente fase. En caso el sentido de las fases sea horario, el peatón, luego de esperar a cruzar el primer acceso, se encontraría con un verde peatonal en la siguiente fase pues los carros que entran en conflicto con esa persona están haciendo un giro a la derecha y no un giro a la izquierda protegido como en el caso anterior. El segundo caso a analizar es a un peatón que cruza la intersección en sentido antihorario y, realizando el mismo análisis, se concluye que en este caso el peatón tendría demoras de un poco más de la longitud de dos fases para el caso de fases horarias. El caso de fases antihorarias generaría demoras iguales al tiempo de 3 fases. Finalmente, por razones de comodidad de los peatones y menores tiempos de todo rojo se escoge el orden de las fases en sentido horario y estas se pueden observar en la figura 9.9, en ella se muestran 8 fases ya que 4 de ellas sirven para el



despeje de los giros a la izquierda, lo cual se explica a detalle en el siguiente subcapítulo.

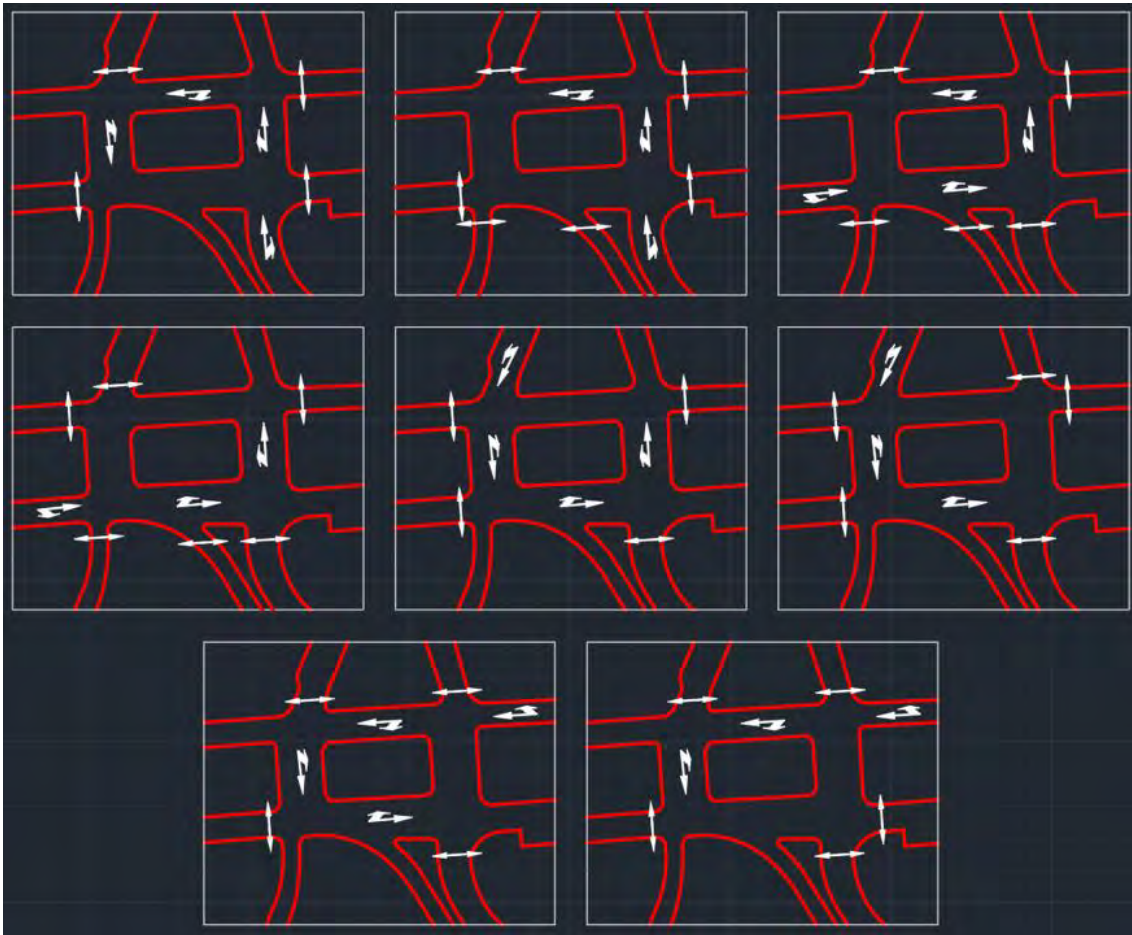


Figura 9.9: Fases semafóricas

### 9.3.2 Cálculo del ciclo semafórico

En la sección 6.3.4 se concluyó que los tiempos de ámbar deben ser de 4 s asumiendo un tiempo de reacción de 1 segundo, una velocidad de aproximación de 60 km/h y una desaceleración de 3 m/s<sup>2</sup>. Para el caso de los tiempos de todo rojo se calcula la distancia que deben de recorrer los vehículos para despejar la intersección (W) desde cada uno de los accesos, luego, tomando la longitud del vehículo como 6.1 m dado que predominan los vehículos ligeros, una velocidad de 60 km/h y la ecuación 9.1 se obtiene la tabla 9.1 con los tiempos de todo rojo (TR). En esta tabla se concluye que se necesita 1 segundo de TR para cada acceso menos para la Av. Angamos que necesita 2 segundos.

$$TR = \frac{W + L}{V}$$

Ecuación 9.1: Tiempo de todo rojo

Acceso	W (m)	TR (s)
CI	16	1.32
A	21	1.62
SL	14	1.20
P	16	1.32

Tabla 9.3: Tiempo de todo rojo por acceso

El siguiente paso para el cálculo del ciclo semafórico es convertir a todos los flujos en automóviles equivalente directos (ADE). Los factores de equivalencia que se usaron son: 3 vehículos equivalentes para un bus, 0.4 para una moto, 1.1 para los giros a la izquierda dado que no hay flujo opuesto y 1.32 para los giros a la derecha por tener cerca de 200 peatones/h. El porcentaje de motos y de buses son 2.7% y 0.6%, con ello se obtiene el factor por vehículos pesados ( $f_{vp}$ ) de la ecuación 9.2. Los siguientes cálculos se realizaron con el aforo del día 1, el que contiene más flujo vehicular.

$$f_{vp} = \frac{100}{100 + \sum P_i(E_i - 1)}$$

Ecuación 9.2: Factor de vehículos pesados

Donde:

$P_i$  = porcentaje del vehículo  $i$

$E_i$  = automóviles equivalentes al vehículo  $i$

Con ello se obtiene  $f_{vp} = 0.998$  y se puede usar para calcular los flujos en ADE de cada acceso con la ecuación 9.3.

$$Q_{ADE} = VHMD * \frac{E_v}{f_{vp} * f_{hp}}$$

Ecuación 9.3: Flujo de vehículos equivalentes

Donde:

VHMD = Volumen horario de máxima demanda

$E_v$  = factor de giro a la izquierda o derecha

$f_{hp}$  = factor de hora pico

El factor de hora pico se obtiene con la ecuación 9.4.

$$f_{hp} = \frac{V_t}{V_{15} * 4}$$

Ecuación 9.4: Factor de hora pico

Donde:

$V_t$  = volumen total

$V_{15}$  = volumen en los 15 minutos más cargados

En el caso de  $f_{hp}$  se tiene un valor de 0.875

Con ello se obtiene la tabla 9.4 que contiene los flujos equivalentes de cada movimiento. Luego, en la tabla 9.5 se muestra el flujo de saturación (S) de cada acceso los cuales se calcularon tomando el tiempo que demoran los vehículos, a partir del cuarto vehículo, en cruzar la línea de retención. La cantidad de vehículos en la cola desde el cuarto vehículo es dividido por el tiempo medido y se obtiene el flujo de saturación.

O/D	CI	P	SL	A	I
CI	40.3	438.4	753.5	555.5	30.2
P	195.2	17.6	33.3	339.0	254.5
SL	914.5	325.0	11.3	195.0	533.6
A	453.5	410.0	371.6	51.6	52.9

Tabla 9.4: Flujos equivalentes en veh/h

	Caminios del Inca			Angamos			San Luis			Primavera		
	veh	t (s)	s (veh/h)	veh	t (s)	s (veh/h)	veh	t (s)	s (veh/h)	veh	t (s)	s (veh/h)
1	8	16.10	1788.82	11	21.02	1883.92	9	20.88	1551.72	7	13.67	1843.45
2	6	13.80	1565.22	6	11.67	1850.90	10	23.65	1522.20	10	19.84	1814.52
3	4	7.50	1920.00	10	20.40	1764.71	8	15.64	1841.43	9	18.17	1783.16
4	10	19.73	1824.63	10	21.52	1672.86	12	25.01	1727.31	10	20.77	1733.27
5	7	13.19	1910.54	7	16.74	1505.38	15	29.86	1808.44	12	22.60	1911.50
6	9	18.41	1759.91	8	12.90	2232.56	8	14.80	1945.95	10	20.74	1735.78
	S prom		1794.85	S prom		1818.39	S prom		1732.84	S prom		1803.61

Tabla 9.5: Cálculo del flujo de saturación

Para obtener los grados de saturación se deben ver los flujos de cada carril y tomar el carril crítico, es decir, el que tiene un mayor flujo. Este volumen de vehículos equivalentes se divide entre el flujo de saturación del acceso para obtener el grado de saturación. Dado que algunos carriles permiten ciertos movimientos y no permiten otros, se realizará la distribución de los vehículos tomando esto en cuenta. El otro criterio para la distribución de los vehículos es el hecho que los conductores toman el carril con la menor cantidad de tráfico, es decir, los conductores tratan de generar una demanda equitativa en los 3 carriles. Para visualizar esto con mayor facilidad se ha creado la tabla 9.6 donde los carriles están enumerados de izquierda a derecha para cada acceso. En la primera fila de esta tabla se encuentran la cantidad de vehículos equivalentes que tienen que usar el carril para llegar a su destino. La segunda fila indica la cantidad de vehículos equivalentes que van a ser distribuidos entre los carriles, ya sea entre 2 o 3 carriles.

CI			P		
1	2	3	1	2	3
71	0	438	467	0	33
556		754	339		

SL			A		
1	2	3	1	2	3
336	0	195	423	0	506
915		534	410		

Tabla 9.6: Distribución de vehículos equivalentes por carril



La tabla 9.7 contiene el promedio de vehículos equivalentes por carril para cada acceso. En los casos donde la cantidad de vehículos que debe usar un carril es mayor al promedio, se debe usar este carril crítico para el cálculo del grado de saturación. En el caso donde es posible una distribución equitativa de vehículos por carril, se puede usar el promedio de volumen por carril del acceso.

	Ve <sub>q</sub> / carril
CI	606
P	280
SL	660
A	447

Tabla 9.7: Promedio de vehículos equivalentes por carril

Analizando la tabla 9.6 y 9.7 se puede ver que para el caso de Caminos del Inca y San Luis se puede obtener una distribución equitativa de 606 vehículos por carril y 660 respectivamente. Sin embargo, este no es el caso del resto de las avenidas. La avenida Primavera tiene como carril crítico al primer carril dado que no se puede distribuir los 339 vehículos equivalentes para obtener una demanda de 280 veq/h en cada carril. Finalmente, el acceso de la avenida Angamos tiene al carril 3 como carril crítico.

Una vez que se conoce el volumen de vehículos equivalentes en cada carril crítico se puede calcular los grados de saturación de cada acceso y esto se muestra en la tabla 9.8. Con la suma de los valores se puede ver que la intersección está saturada, por lo tanto, no se puede aplicar la ecuación de Webster. Por ello, se tomará un ciclo de 120 segundos, se usa el máximo recomendable pues se asignará una fase a cada acceso y al usar 4 fases hay 4 intervalos de cambio de fase donde hay tiempos perdidos. Al querer despejar la toda cola de vehículos en un ciclo se necesitan tiempos de verdes largos, si se usa un ciclo de menor tiempo, como 90 segundos, es posible que esto no se logre.

	Ve <sub>q</sub> crit	S prom	Y <sub>i</sub>
CI	606	1794.85	0.338
P	467	1803.61	0.259
SL	660	1732.84	0.381
A	506	1818.39	0.278
	Suma		1.349

Tabla 9.8: Grado de saturación por acceso

Antes de distribuir el verde se obtienen las pérdidas sumando los tiempos de ámbar y todo rojo, lo cual resulta en 21 s. A ello se le debe sumar el tiempo perdido por los LPI los cuales serán usados al inicio de las fases de la Av. Caminos del Inca y la Av. Angamos. Usando la ecuación 7.1 con el ancho (ML) igual a 2.8 y asumiendo la velocidad de los peatones (WS) con un valor de 0.85 m/s se obtienen tiempos de 3.3 s lo cual se redondea a 3 s. La suma final del tiempo perdido por ciclo es de 27 segundos.

Finalmente, se distribuye el tiempo de verde que es  $C - L = 120 - 27 = 93$  s entre las 4 fases tomando la relación de los  $Y_i$ , esto se muestra en la tabla 9.9. El ciclo semafórico se muestra resumido en la figura 9.10, para el caso de los peatones se muestra la letra

“P” seguido por la/s inicial/es de la avenida que cruzan y finalmente el sentido en la que va esta sección de la avenida. Para el caso de los semáforos dentro del óvalo se muestra la letra “O” y luego las iniciales del acceso al que apuntan. Estos semáforos deben permanecer en verde unos segundos más que los de los accesos para que el último vehículo que gire a la izquierda pueda cruzar la intersección. El tiempo extra de verde para cada acceso se obtiene de medir los tiempos que les demora a los vehículos hacer el giro a la izquierda en la situación actual. Para ello, no se toman vehículos al comienzo de la cola, ya que con la nueva semaforización estos van a poder hacer los giros a la izquierda libremente. Tampoco se toman vehículos que lleguen al óvalo con una larga cola dado que esto tampoco pasará con la nueva semaforización, por lo tanto, se miden vehículos que entran a la intersección con una velocidad de flujo libre y llegan al óvalo con poca/sin cola, para así, tomar el tiempo que les demora el recorrido. Existen diferencias entre los tiempos actuales y los que ocurrirían con la propuesta, por ejemplo, se espera que la canalización y orden de los carriles disminuya los conflictos y aumente la velocidad de los vehículos, del mismo modo, los radios de giro de la propuesta dentro del óvalo son mayores aumentando también la velocidad de los vehículos. Por último, los vehículos actualmente frenan al ver el semáforo en rojo frente a ellos o cuando se están aproximando a la cola, lo cual, no ocurrirá con la nueva semaforización. A pesar de que estos tiempos de giros a la izquierda van a ser diferentes, igual se miden para tener una idea del comportamiento de los vehículos y estos están mostrados en la tabla 9.10. Para esta recopilación de datos se ha asumido una distribución T-student dado que son muestras pequeñas, menores a 30 datos, con un intervalo de confianza del 95% y un error del 5% de la media.

	g (s)
CI	25
P	19
SL	28
A	21

Tabla 9.9: Distribución de verde calculada

	CI	A	SL	P
1	12.65	12.60	13.45	14.87
2	14.29	11.48	13.15	12.75
3	12.35	12.95	13.69	15.99
4	12.23	14.83	13.05	14.56
5	14.38	15.27	14.4	13.73
6	12.79	15.35	12.9	12.76
7	10.75	16.39	14.59	14.78
8	12.42	14.35	14.39	16.43
9	13.36	16.17	13.94	13.24
10	12.66	16.96	13.85	13.6
11	12.26	18.35	15.01	15.46
12	15.09	15.12	15.31	15.07
13	10.98	14.41	14.08	12.45

	CI	A	SL	P
14	12.73	13.1	15.79	11.3
15	12.99	15.45	13.81	17.08
16	14.37	14.14		17.38
17		12.36		15.95
18		13.65		14.89
19		15.28		13.34
20		15.15		14.77
21		12.60		14.76
22		15.19		16.67
23		13.63		
24		14.51		
25		13.62		
26		14.19		
27		13.16		
Prom	12.89	14.45	14.09	14.63
Desv	1.16	1.80	0.84	1.62
N min	14.7	26.1	6.5	21.3
Max	15.09	18.35	15.79	17.08

Tabla 9.10: Tiempos actuales de giros a la izquierda

Los vehículos que giran en U deben ser despejados antes de que los vehículos que siguen de frente lleguen. En la mayoría de los casos no hay vehículos que giren en U y rara vez llegan a ser 2 vehículos por ciclo. Por ello, se puede comenzar el verde al mismo tiempo, la primera fila de carros que va a completar el giro en U tiene el tiempo suficiente de acelerar antes de que los vehículos que van de frente lleguen a ellos. Además, dar el verde a ambos semáforos al mismo tiempo evita que ocurra el error en que los conductores del acceso piensen que el verde del ovalo es para ellos, como ocurre en la actualidad.

Finalmente, se decide aumentar 18 segundos de verde a los semáforos del óvalo que apuntan a los accesos de la Av. Caminos del Inca y la Av. San Luis mientras que se aumenta 15 segundos para los otros dos. Ello resulta en el ciclo semafórico planteado en la figura 9.10 donde los tiempos de LPI se han mostrado con el color naranja, se ha decidido colocar estos tiempos de rojo en los semáforos del óvalo, a pesar de no ser necesarios, para no tener el mismo error actual en el cual los vehículos ven un semáforo frente a ellos cambiar a verde y pasan la luz roja, pensando que el verde es para ellos. Los tiempos de ámbar de los peatones se calcula con la distancia de cada intersección dividida entre la velocidad promedio de 1 m/s mostrado en la tabla 9.11 y para los tiempos de todo rojo se usan 3 segundos. Antes de iniciar una fase peatonal hay 1 segundo de todo rojo con los vehículos con los que entrarían en conflicto. En el caso de los peatones que cruzan las avenidas Intihuatana o Caminos del Inca se ha optado por 3 segundos dado que los cruces peatonales están lejos de la línea de pare. En el caso del cruce de la avenida Caminos del Inca los vehículos recorren 35 metros antes de llegar al conflicto con los peatones.



Acceso	Dist (m)	Ámbar (s)
CIN	11.3	11
CIS	5.5	6
A	8.3	8
SL N	6.4	6
SL S	10.3	10
P	8.4	8
I	5.4	5

Tabla 9.11: Tiempos de ámbar para los peatones

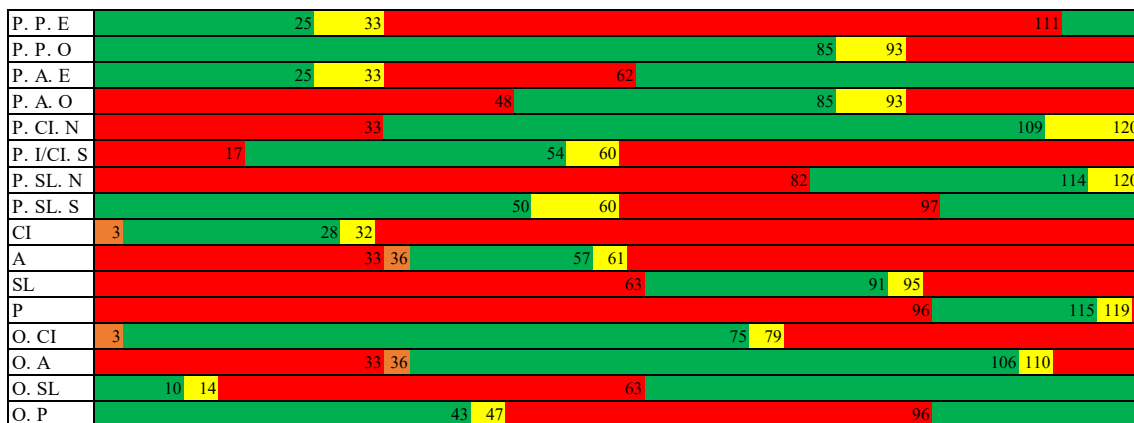


Figura 9.10: Ciclo semafórico calculado

### 9.3.3 Cabezales de semáforos

La ubicación y la cantidad de las cabezas de semáforos se muestran en la figura 9.11, donde los postes son representados por líneas azules y las cruces indican la base del poste. Todos los cabezales son verticales y los semáforos peatonales son representados por las flechas en color celeste las cuales indican a donde deben apuntar. Los criterios para esta ubicación fueron: tener una cabeza de semáforo apuntando a cada carril, que estén ubicados mínimo a 12 m de la línea de pare y, en caso se pueda, usar los postes de los semáforos actuales. Con respecto a los contadores, estos deben ser retirados, en caso sea posible se pueden usar para los semáforos peatonales, pero no para los vehiculares. Esto es porque se ha observado que cuando los semáforos están cerca a cambiar a verde los vehículos comienzan a acelerar, por otro lado, tienen el mismo comportamiento cuando el semáforo va a cambiar a rojo, generando altos niveles de riesgo.

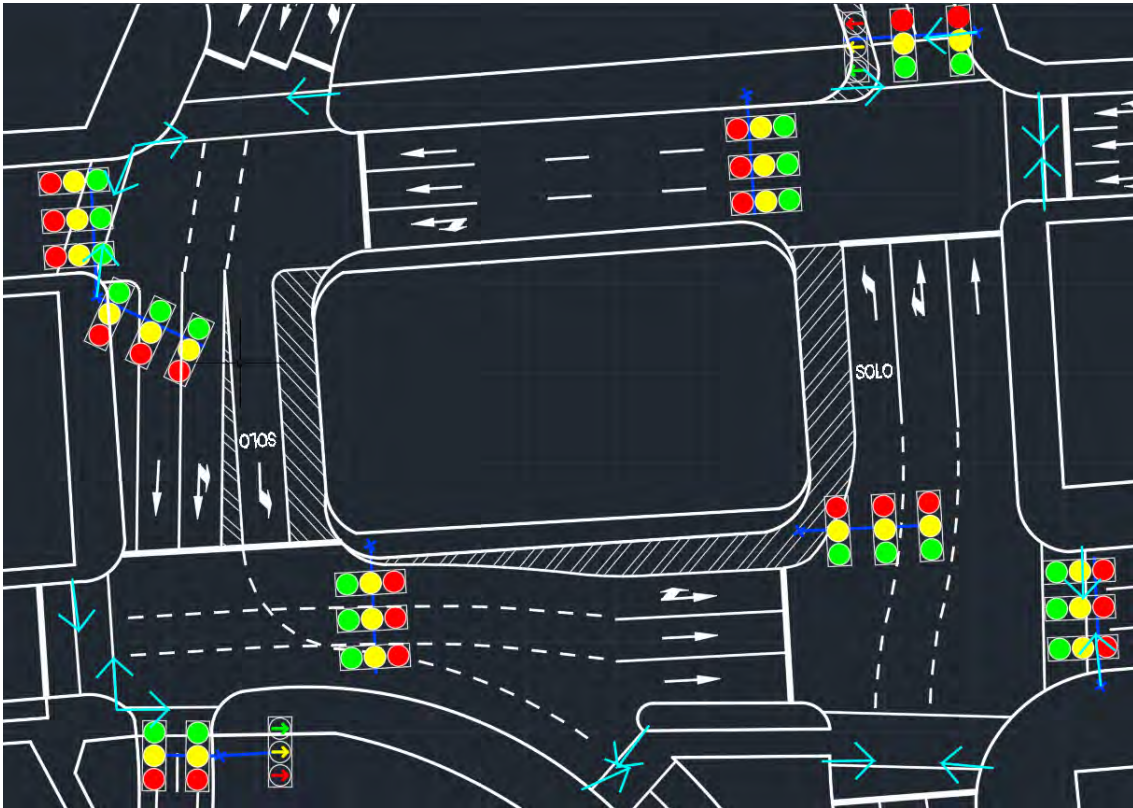


Figura 9.11: Ubicación de los semáforos

## 10. CAPÍTULO X: Microsimulación

Debido al cambio de las fases semaforicas y la reducción de carriles en la intersección es necesario evaluar la propuesta y compararla con la situación actual. Se optó por realizar una micro simulación en el programa Vissim, ya que, tanto la geometría como el comportamiento de los conductores en esta intersección requieren un gran nivel de detalle para poder ser analizado correctamente. Programas determinísticos, como Vistro, no reflejarían tan bien la realidad como un programa estocástico dado que las fórmulas que se usan están basadas en otra realidad, fuera del manejo limeño. Un programa como Vissim da más flexibilidad y se puede analizar el comportamiento de los conductores y peatones, de esta forma se puede aproximar más el modelo a la realidad.

### 10.1 Modelos de microsimulación

El trazado de las vías se realizó con el plano inicial de fondo como guía y el resultado se puede ver en la figura 10.1. Los accesos a la intersección son más largos que la realidad por dos motivos. El primero es para analizar las colas, a pesar de que no se encontraron colas tan largas en la realidad, al momento de calibrar el modelo y hacer cambios en la red, se puede determinar qué cambios son mejores, es decir, si las modificaciones que se realizan son más parecidas a la realidad o no. El segundo motivo es para poder iniciar las rutas de los vehículos con anticipación a la intersección, de este modo los vehículos pueden realizar los cambios de carril necesarios y así no causar mucha congestión cerca a la intersección. Esto último representa la realidad, ya que, los conductores saben por donde ir varios metros antes de llegar a la intersección.

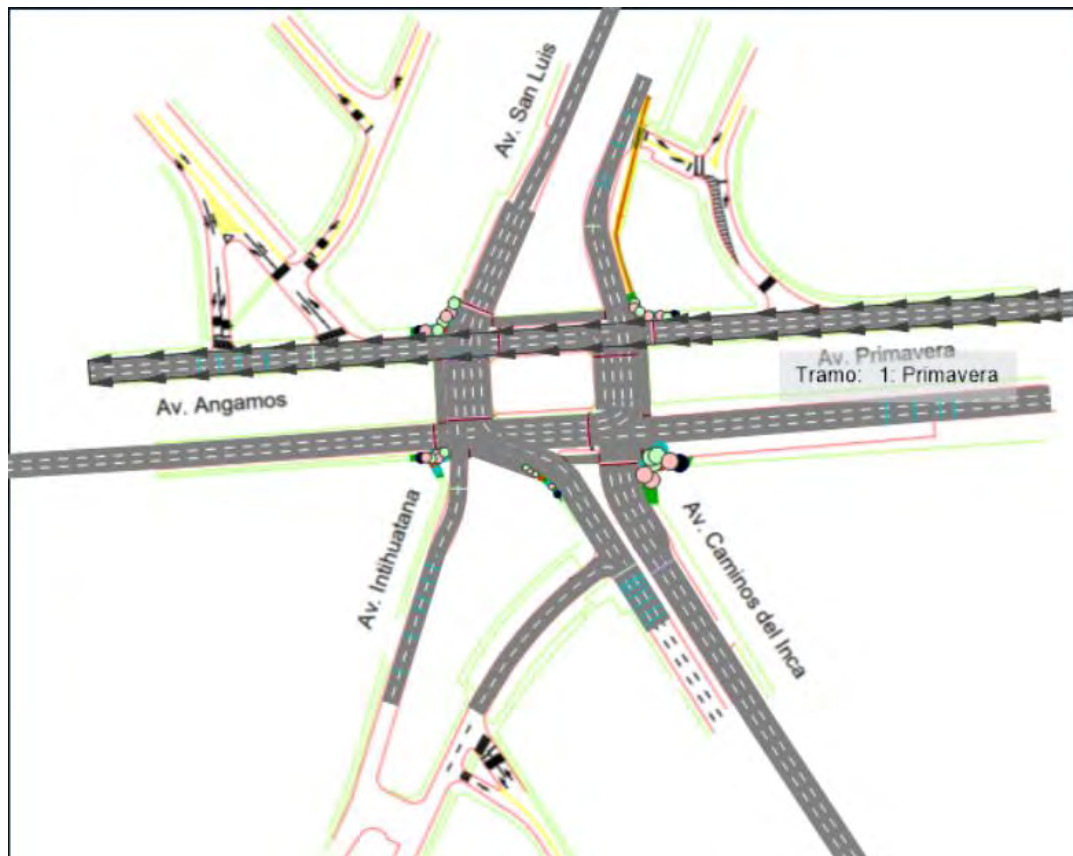


Figura 10.1 Microsimulación de la situación actual

Las áreas de conflicto entre vehículos se resolvieron seleccionando todas con la opción de indeterminado, es decir, ninguno de los dos tiene la prioridad. Esto es por lo visto en campo, que los conductores no dan pase al resto y la prioridad se rige por quien logra pasar primero. En el caso de los conflictos entre peatones y vehículos se les ha dado la prioridad a los vehículos, dado que esto se identificó en campo.

La velocidad deseada de los vehículos fue de 40 km/h por lo visto en campo, si bien en horas con menos flujo se logran velocidades cercanas a los 60 km/h, en la hora pico esta reduce por la congestión. Por parte de las áreas de velocidad reducida se optó por disminuir la velocidad deseada a 15 km/h en buses y 20 km/h para los carros y las motos en los giros.

El diseño vial de ambos puentes, los cuales tienen 5 carriles, genera cierta dificultad en representar el comportamiento de los conductores con la simulación. En campo se puede ver que los 5 carriles se llenan mientras los vehículos esperan para hacer el giro a la izquierda, para ello, hacen los giros de distintos puntos. Esto influye bastante en el giro a la izquierda de la Av. Primavera dado que tiene 3 salidas (Av. Intihuatana, Av. Caminos del Inca y el giro en U). Para simular este comportamiento se decidió crear un giro para cada carril, terminar una ruta en el conector y en el mismo conector iniciar otra ruta, esto se puede ver en la figura 10.2. Las rutas se establecieron de tal manera que los giros en U se realicen por el carril izquierdo, luego, los giros a hacia la Av. Caminos del Inca por los 3 carriles de la izquierda y, finalmente, los 2 carriles de la derecha para los giros con destino en la Av. Intihuatana. Durante el aforo se pudo observar que no todos los vehículos usan esta configuración de carriles, por lo tanto, un



5% del carril central (destinado a la Av. Caminos del Inca) se destinó a Intihuatana y viceversa con el carril adyacente a este. La distribución de vehículos por carril se hizo de manera equitativa debido a que los vehículos en la realidad van por el carril con menos tráfico. De esta manera se acerca la simulación al comportamiento real.

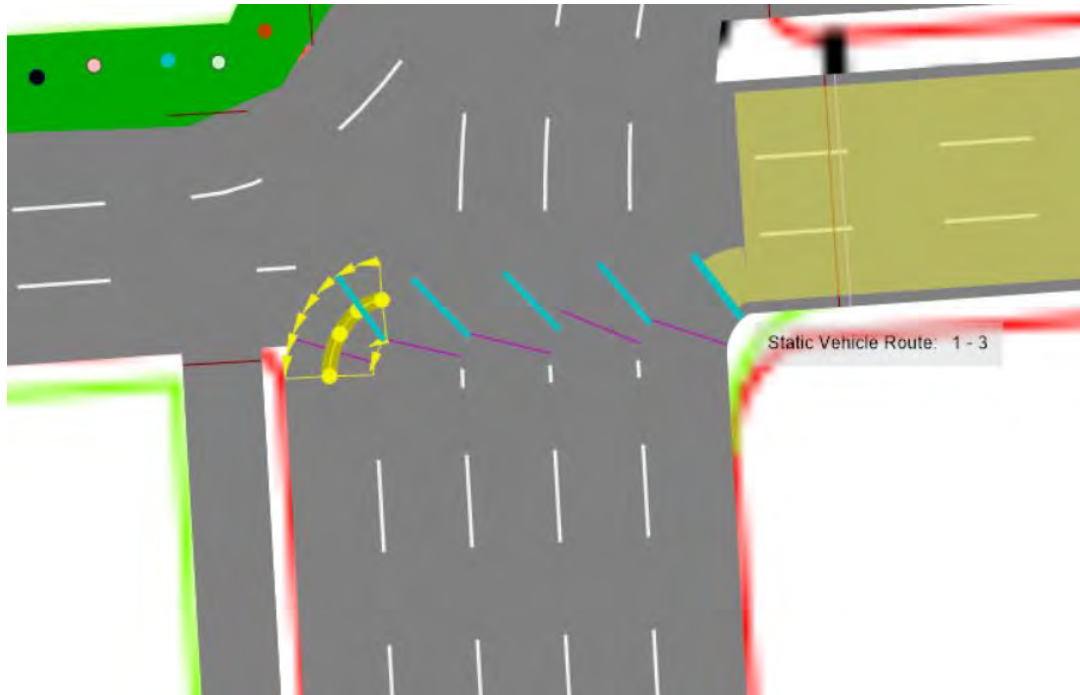


Figura 10.2 Giros a la izquierda de la Av. Primavera

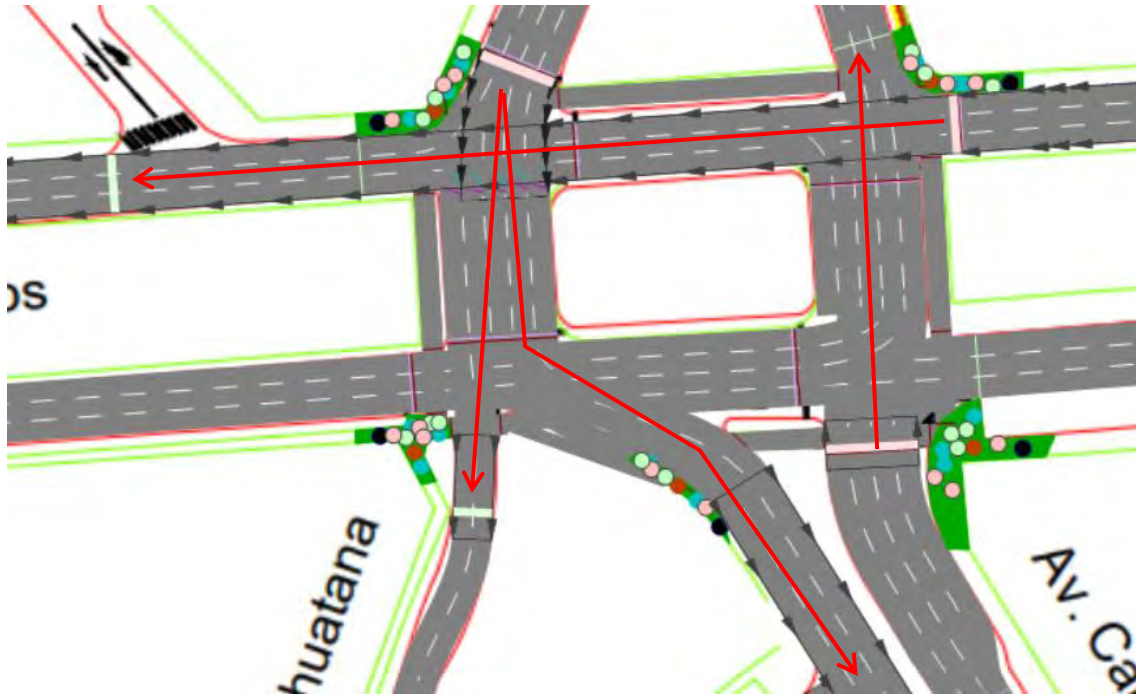
Con los mismos parámetros se modeló la geometría de la propuesta, la cual se puede ver en la figura 10.3, y se cambió el ciclo semafórico al presentado anteriormente.



Figura 10.3: Microsimulación de la propuesta

## 10.2 Calibración y validación

La calibración y validación del modelo se realizaron tomando dos aforos a distintas horas del día para tener una cierta diferencia de datos de campo. El primer aforo se realizó el día 25 de mayo del 2022 de 8:00 pm a 9:00 pm. El segundo aforo fue el día siguiente desde las 9:50 am a las 10:50 am. Como parámetro de calibración se optó por usar los tiempos de viajes de los vehículos en cuatro diferentes rutas las cuales se muestran en la figura 10.4.



Los datos tomados en campo se muestran en las tablas 10.1 y 10.2 mientras que los resultados tomados de Vissim se muestran en las tablas 10.3 y 10.4. En los resultados de la calibración se obtuvo un tiempo de viaje en la 10ma simulación de 29.61 segundos en el tramo de la Av. Primavera. Este dato se ha descartado por ser una anomalía ya que está a fuera del rango de la media más menos 3 veces la desviación estándar. Como umbral de aceptación se tomó un  $\pm 10\%$  de los tiempos de viaje tomados en campo como, se optó por usar este valor debido a que el “Traffic Analysis Handbook” (Florida Department of Transportation, 2014) recomienda un 15% para viajes más largos. Para determinar el mínimo número de toma de muestras asumió una distribución “T-student” y se usó un nivel de confianza de 95% y un error del 5% de la media. La única ruta con un error del 7.5% de la media fue la ruta con origen en la Av. San Luis y destino en la Av. Intihuatana. Esto es debido a los valores bajos que tiene esta toma de datos por ser un tramo más corto que el resto, ello genera que el error aceptable sea muy bajo y resulte en una gran cantidad de toma de muestras.

Tiempo de viaje (s)				
Veh	P	CI	SL - I	SL - CI
1	14.65	10.88	8.85	15.40
2	11.44	12.46	9.54	16.90
3	15.14	10.92	5.70	20.63
4	16.91	10.76	9.95	20.19
5	15.44	13.56	8.25	14.50
6	13.06	13.27	8.48	18.62
7	12.96	9.53	9.82	16.46
8	12.42	11.97	7.08	16.92
9	16.62	12.89	6.48	14.35
10	11.64	12.55	9.21	19.49
11	13.23	13.56	5.05	19.06
12	14.81	11.62	7.49	18.31
13	12.15	13.88	5.76	17.19



Tiempo de viaje (s)				
Veh	P	CI	SL - I	SL - CI
14	15.30	11.57	7.53	17.19
15	17.47	9.27	9.16	19.78
16	15.81	10.23	11.08	18.41
17	15.15	10.09	8.11	17.56
18	15.28	11.48	7.68	18.72
19	16.46	10.92	7.77	16.33
20	12.22	12.89	7.88	16.04
21	13.59	11.50	8.46	
22	16.66	11.69	9.84	
23	14.51	9.93	8.14	
24	13.39	12.51	8.49	
25	13.13	12.59	8.85	
26	13.23			
Prom	14.33	11.70	8.19	17.60
Desv	1.74	1.31	1.43	1.80
E	0.72	0.59	0.61	0.88
N min	25.09	21.35	23.24	18.29
+10%	15.77	12.87	9.00	19.36
-10%	12.90	10.53	7.37	15.84

Tabla 10.1 Datos de campo para la calibración del modelo

Tiempo de viaje (s)				
Veh	P	CI	SL - I	SL - CI
1	9.24	16.53	7.95	16.32
2	9.61	16.12	8.69	16.67
3	8.34	14.52	8.91	13.61
4	10.60	14.29	5.92	16.16
5	10.12	13.80	6.41	15.17
6	11.41	12.26	8.39	16.62
7	12.05	11.45	8.49	18.66
8	10.77	15.18	7.51	15.55
9	10.66	17.07	7.99	15.07
10	10.08	16.06	9.38	15.80
11	9.51	13.08	9.32	17.80
12	8.94	14.59	6.84	16.53
13	8.22	17.29	6.40	18.34
14	11.83	13.90	6.91	13.78
15	11.82	14.58	6.32	15.45
16	11.37	15.04	7.95	
17	9.44	12.35	6.75	
18	10.18	15.52	7.11	
19	10.18	12.03	6.24	
20	11.23	13.08		
21	11.28	14.41		
22		15.05		

Tiempo de viaje (s)				
Veh	P	CI	SL - I	SL - CI
23		13.60		
Prom	10.33	14.43	7.55	16.10
Desv	1.13	1.60	1.11	1.45
E	0.52	0.72	0.38	0.81
N min	20.24	20.97	36.51	14.30
+10%	11.36	15.87	8.31	17.71
-10%	9.29	12.98	6.80	14.49

Tabla 10.2 Datos de campo para la validación del modelo

Tiempo de viaje (s)				
Sim	P	CI	SL - I	SL - CI
1	16.34	10.20	9.36	19.57
2	14.11	10.33	8.95	13.77
3	13.37	11.74	8.52	15.07
4	14.53	10.95	9.29	13.82
5	14.70	11.40	9.05	17.30
6	12.85	12.49	7.97	16.06
7	15.70	12.44	8.49	19.42
8	13.29	10.95	7.72	13.74
9	13.34	12.57	7.72	15.99
10	29.61	11.57	9.86	19.71
11	13.40	10.17	8.33	14.79
12	14.98	11.13	8.59	17.38
13	13.91	10.25	7.42	15.73
14	13.02	10.73	9.19	17.34
15	13.68	11.09	9.04	16.85
16	13.81	10.64	8.79	15.75
17	13.47	10.35	9.44	15.37
18	16.14	11.91	9.39	16.40
19	13.33	10.11	8.95	15.72
20	13.79	9.99	7.94	14.91
21				14.78
22				15.42
23				14.39
Prom	14.09	11.05	8.70	16.06
Desv	1.04	0.84	0.68	1.76
E	0.70	0.55	0.65	0.80
N min	9.25	9.83	4.56	20.95

Tabla 10.3 Datos de Vissim para la calibración del modelo

Tiempo de viaje (s)				
Sim	P	CI	SL - I	SL - CI
1	12.67	10.71	7.46	14.16
2	12.47	9.83	7.16	13.35
3	12.84	11.61	7.51	15.32
4	12.87	12.51	7.54	14.60
5	12.58	10.22	7.34	15.28
6	12.75	12.56	7.39	14.15
7	12.52	10.57	7.20	13.94
8	13.45	12.01	7.46	14.86
9	13.02	10.41	7.21	16.33
10	13.04	11.60	7.50	14.24
11	12.60	11.51	7.30	15.94
12	12.83	12.20	7.55	15.09
13	13.65	11.87	7.92	14.79
14	14.83	10.83	8.61	16.94
15	16.07	10.71	7.90	17.01
16	13.10	11.40	7.17	15.42
17	12.80	10.42	7.43	13.43
18	13.33	11.40	7.36	17.60
19	12.42	9.99	7.37	15.64
20	14.05	11.69	9.00	15.08
Prom	13.19	11.20	7.57	15.16
Desv	0.90	0.83	0.47	1.17
E	0.66	0.56	0.57	0.76
N min	7.91	9.29	2.94	10.45

Tabla 10.4 Datos de Vissim para la validación del modelo

Para obtener este parecido entre los datos tomados en campo y los simulados se usaron los parámetros de comportamiento de manejo en el programa Vissim mostrados en la figura 10.6.



Driving Behavior

No.: 1 Nombre: Urban (motorized)

Seguimiento Modelo de seguimiento de vehículo Cambio de carril Lateral Signal Control Autonomous Driving Driver Errors Meso

Distancia visual hacia delante

Mínimo: 0.00 m

Maximum: 250.00 m

Number of interaction objects: 4

Number of interaction vehicles: 99

Distancia visual hacia atrás

Mínimo: 0.00 m

Maximum: 150.00 m

Behavior during recovery from speed breakdown

Slow recovery

Velocidad: 60.0 %

Acceleration: 40.0 %

Safety distance: 110.0 %

Distance: 2000 m

Distancia de espera para obstáculos estáticos: 0.50 m

Jerk limitation

Aceptar Cancelar

Driving Behavior

No.: 1 Nombre: Urban (motorized)

Seguimiento Modelo de seguimiento de vehículo Cambio de carril Lateral Signal Control Autonomous Driving Driver Errors Meso

Wiedemann 74

Parámetros del modelo

Separación media en detención: 0.75 m

Additive part of safety distance: 2.50

Multiplic. part of safety distance: 2.65

Following behavior depending on the vehicle class of the leading vehicle

Count: 0	VehClass	W74ax	W74bxAdd	W74bxMult	W99cc0	W99cc1Distr	IncrsAccel
There are no elements in this list. You can add new elements through the context menu.							

Aceptar Cancelar

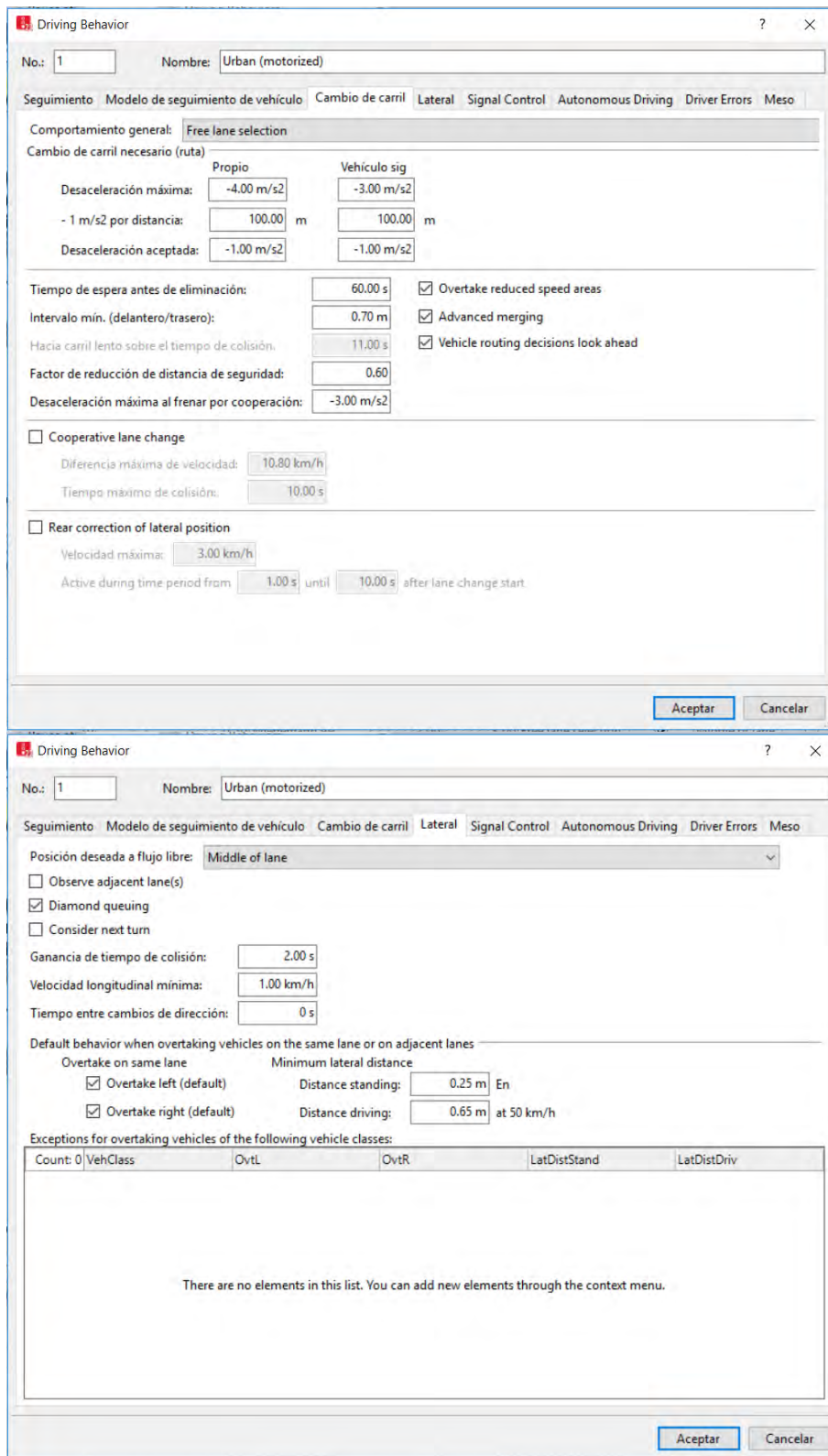


Figura 10.6 Parámetros de calibración  
Fuente: PTV Vissim

### 10.3 Resultados

La toma de datos se realizó para 3 parámetros y estos son: el tiempo de viaje vehicular, el tiempo de viaje peatonal y las colas. Durante estas tomas de datos se observaron colas muy largas en la Av. San Luis y en la Av. Caminos del Inca, por ello se aumentó 4 y 2

segundos al tiempo de verde respectivamente. Para mantener la longitud del ciclo constante se redujo el verde de la Av. Primavera y la Av. Angamos en 4 y 2 segundos respectivamente. El resultado del ciclo semafórico se muestra en la figura 10.7.

P. P. E	24	32			115
P. P. O				89	97
P. A. E	24	32		62	
P. A. O			50	89	97
P. CI. N		35			109
P. I/CI. S	20		54	60	
P. SL. N				80	114
P. SL. S			50	60	100
CI	3	30	34		
A		35	38	57	61
SL				63	95
P					100
O. CI	3			75	79
O. A		35	38		110
O. SL	13	17		63	
O. P			45	49	100

Figura 10.7 Ciclo semafórico final

### 10.3.1 Tiempos de viajes vehiculares

Los tiempos de viaje vehiculares evaluados fueron los 4 usados para la calibración y validación del modelo, y se introdujeron 5 rutas más las cuales son los giros a la izquierda. Para estos últimos se inició la toma de datos varios metros antes de llegar a la intersección para ver como la nueva semaforización afecta a los tiempos de viaje. Todas ellas se pueden ver en las figuras 10.8 a y b con los resultados de la situación actual con fondo azul y los de la propuesta con fondo verde.

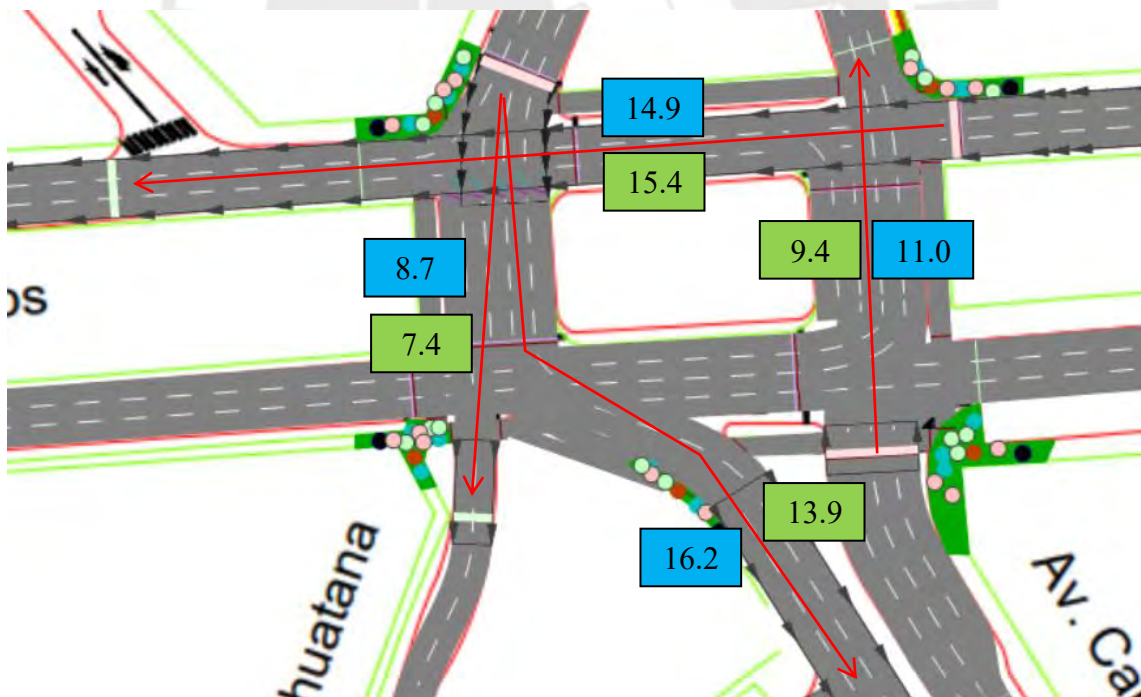


Figura 10.8(a): Tiempos de viaje vehicular

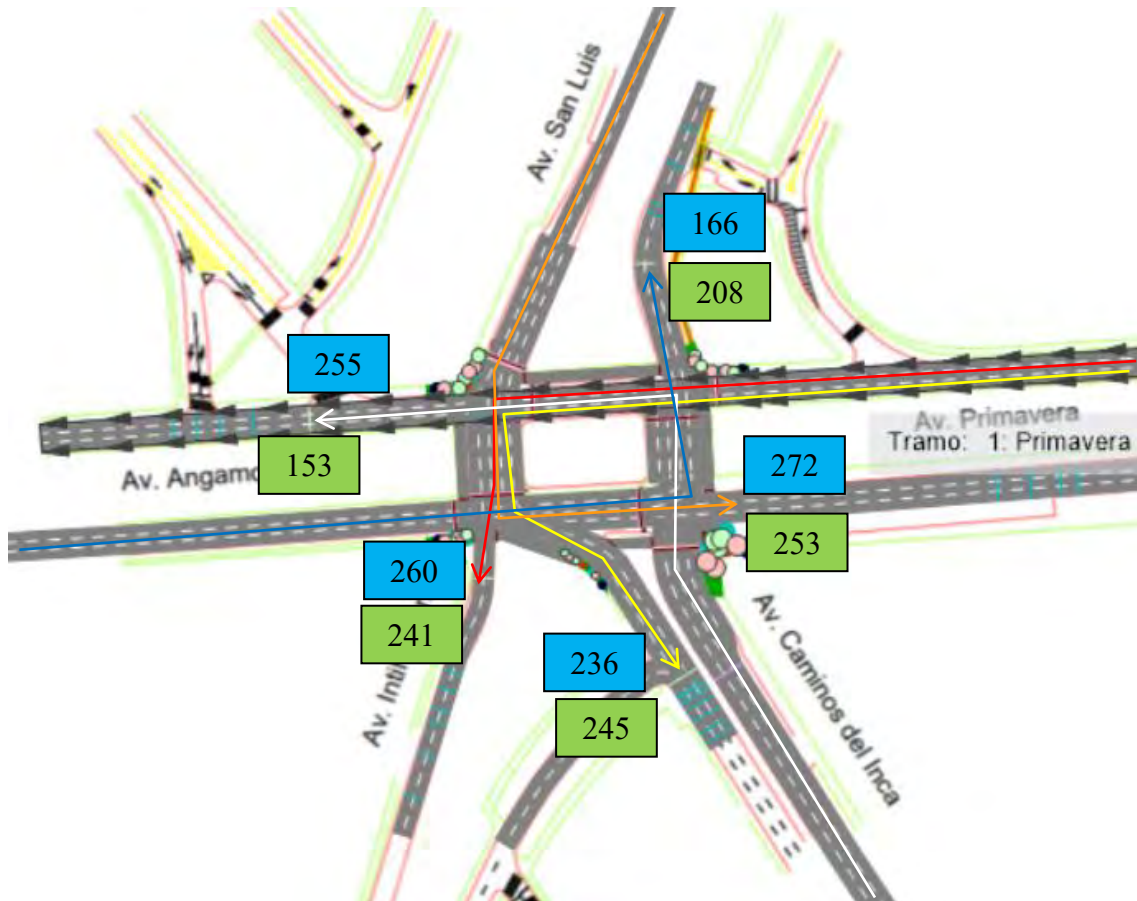


Figura 10.8(b): Tiempos de viaje vehicular

De la figura 10.8(a) se puede observar que la ruta con un mejor resultado es de la Av. San Luis a la Av. Caminos del Inca, ya que el tiempo de viaje redujo en un 14.19%. Esto se debe a la correcta canalización que se modeló en la propuesta. El resto de rutas no han tenido un gran cambio, la única que aumentó fue la ruta de la Av. Primavera a la Av. Angamos en un 3.36%. Por otro lado, las rutas de los giros a la izquierda, mostradas en la figura 10.8(b) tuvieron cambios significativos como por ejemplo el giro a la izquierda de la Av. Caminos del Inca a la Av. Angamos que se redujo en un 40.00%. En dos casos aumentó el tiempo de viaje, en el de la Av. Primavera a la Av. Caminos del Inca en un 3.81% y la ruta de la Av. Angamos a la Av. San Luis en un 25.30%.



### 10.3.2 Tiempos de viajes peatonales

Con el fin de poder comparar los tiempos de viaje peatonal en la situación actual con la propuesta se generaron áreas de peatones en los 5 orígenes y destinos encontrados en campo. Para conectarlos se usaron 7 rutas, 5 de ellas son entre las áreas adyacentes y 2 son el cruce de una esquina a otra de la intersección. Debido a que no se aforaron los peatones se usaron 150 peatones por hora para cada acceso. Esto es solo con el fin de poder comparar los tiempos de viaje de los peatones con la nueva semaforización. En las figuras 10.9 a y b se muestran los tiempos para las 7 rutas en ambos sentidos, con fondo azul están los tiempos de la situación actual mientras que los resultados de la propuesta tienen el fondo verde.

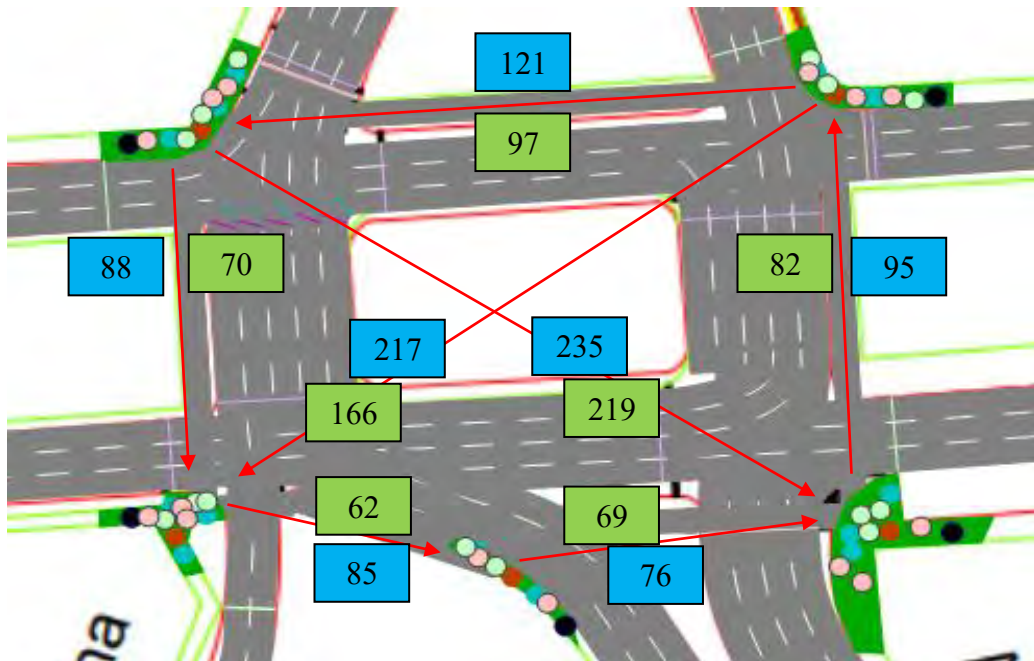


Figura 10.9(a): Tiempos de viaje peatonal

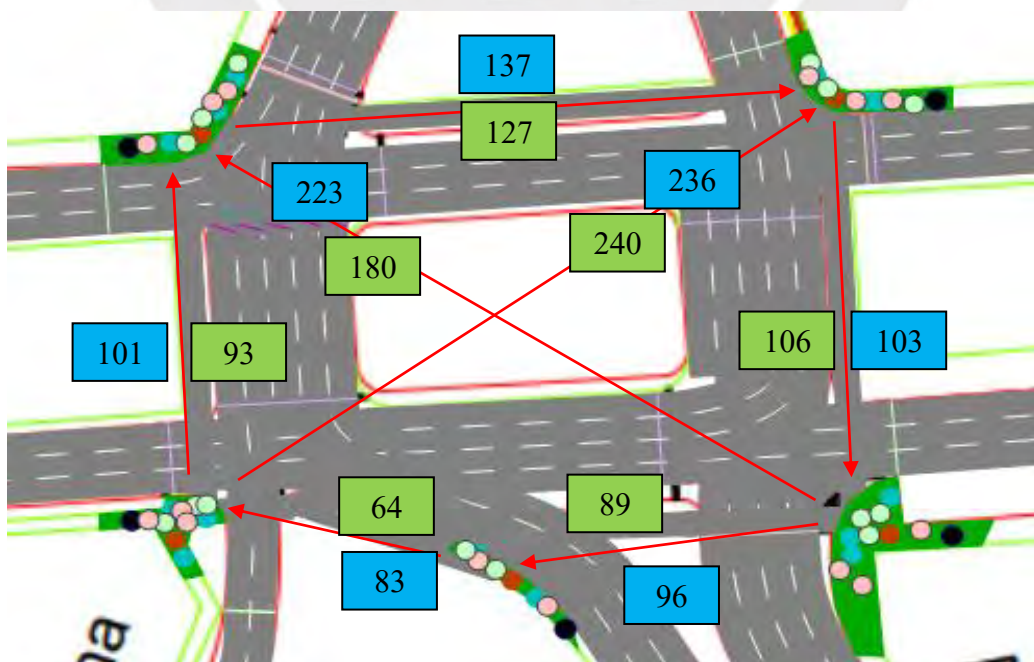


Figura 10.9(b): Tiempos de viaje peatonal

Los resultados muestran que los tiempos de viaje peatonal se han reducido o se han mantenido en valores similares. Lo más importante a recalcar es que no se ha implementado alguna medida que empeore la situación de los peatones drásticamente. Es importante notar que en la realidad estos tiempos son menores fuera de la hora punta pues es usual ver a peatones que no respeten los semáforos peatonales y en este caso se ha medido los tiempos de peatones que sí lo hacen. Este tipo de comportamiento no es relevante de simular pues se trata de una hora punta, donde el flujo vehicular es constante, el cual físicamente no permite que los peatones crucen durante el rojo peatonal.

### 10.3.3 Colas

El último parámetro para evaluar la propuesta fueron las colas que se generan en la intersección. Se tomaron 8 zonas de datos, los 4 accesos y los 4 tramos del óvalo. Los resultados se presentan en la figura 10.10 en metros, con fondo azul las colas actuales y en verde los resultados de la propuesta.

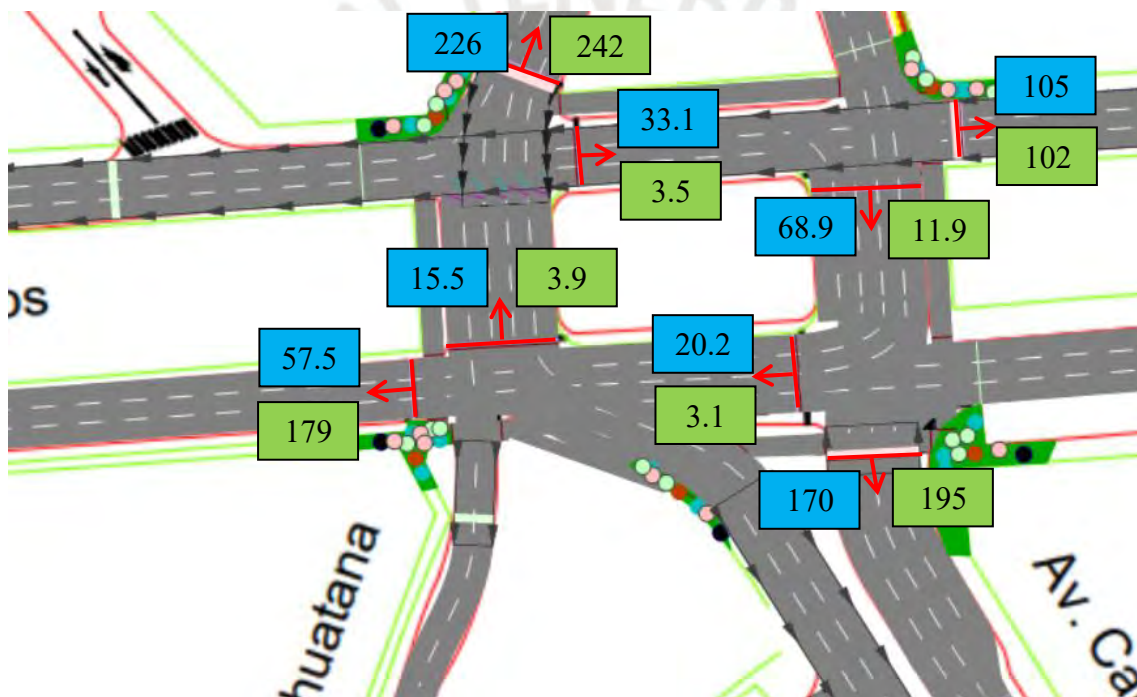


Figura 10.10: Colas promedio

Como se puede observar en la figura 10.10 las colas en el óvalo se redujeron de manera que 3 tramos pueden considerarse sin colas. Por el otro lado, sí hubo un incremento en la longitud de colas promedio en los accesos a la intersección, sobre todo, en los accesos de la Av. Caminos del Inca y la Av. Angamos. Estos incrementos fueron de 14.71% y 211.30%.

En la figura 10.11 se muestran las colas máximas de los mismos puntos mostrados en la figura 10.10.

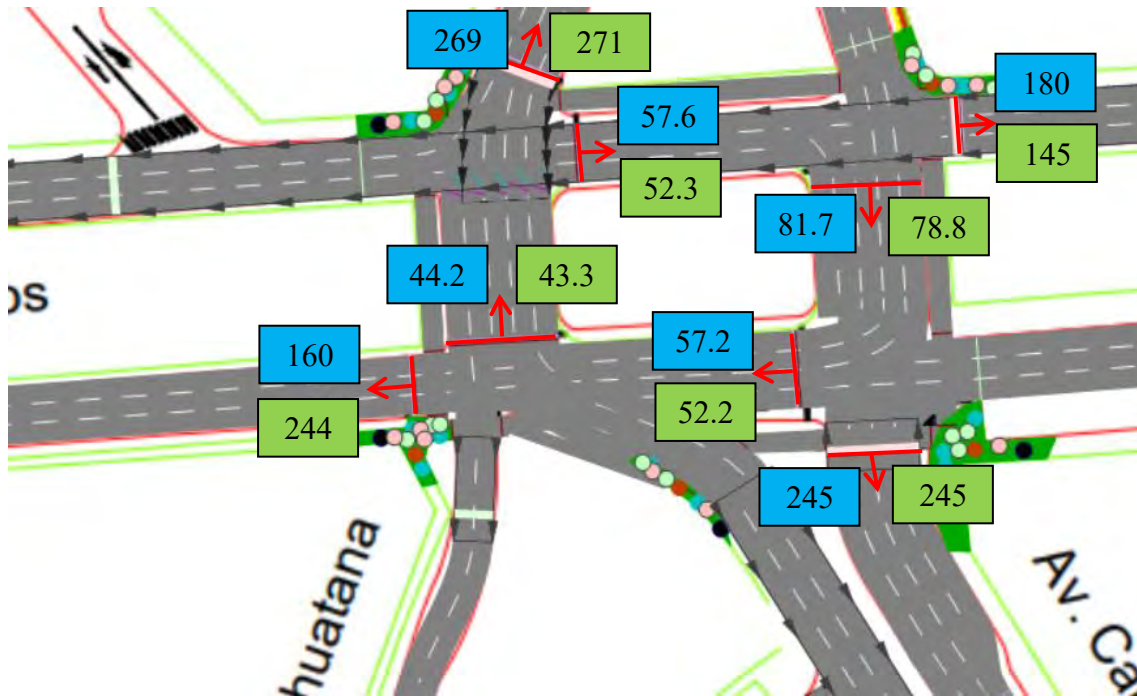


Figura 10.11: Colas máximas

En el caso de las colas máximas de cada acceso y los tramos en el óvalo se puede observar que los cambios no han sido significativos a excepción del acceso de la Av. Angamos donde se incrementó en un 52.5%.

## **11. CAPÍTULO XI: Conclusiones**

A lo largo de esta tesis se ha logrado cumplir con los objetivos planteados en el primer capítulo, tanto el objetivo general como los específicos. Se ha logrado tener un conocimiento detallado y entendimiento de la zona de estudio, desde la geometría y gestión hasta las personas que transitan por ella. Se identificó a los usuarios vulnerables con el fin de entender las necesidades de ellos, para este caso se optó por diseñar con el objetivo de dar mayor accesibilidad a las personas con movilidad reducida, espacialmente, las personas en silla de ruedas y los adultos de la tercera edad. Se pudo ver que sus necesidades más importantes son las rampas con pendientes poco pronunciadas y espacios amplios por donde puedan desplazarse y hacer las maniobras requeridas. Esto se puede ver en los anchos de las veredas, rampas, islas de refugio y estacionamientos.

En tanto a la geometría y gestión de zona de estudio se logró conocer las características por medio de una inspección de seguridad vial y accesibilidad. Se encontraron varios puntos con falta de seguridad dados por la geometría y por la gestión. Por parte de la geometría se encontraron excesos de carriles, ellos generan desorden, confusión y más conflictos entre los conductores. También se encontraron velocidades incompatibles entre vehículos y peatones, la mayor causa de esto eran las altas velocidades a las que los vehículos pueden realizar los giros antes de entrar en conflicto con los peatones. La gestión de la intersección, es decir, el ciclo semafórico, disminuía la seguridad vial de los peatones, ya que, no favorecía el paso peatonal sobre el paso vehicular, sobre todo en los giros a la derecha. Por parte de la accesibilidad se encontraron varios puntos que son incompatibles con los usuarios vulnerables identificados. Estos puntos incluían la ausencia de rampas, discontinuidad de veredas u obstrucción de ellas y pendientes pronunciadas tanto transversales como longitudinales. Lo importante a recalcar son las pendientes actuales de las rampas, las cuales son mayores a las permitidas y disminuyen la accesibilidad del espacio público.

Por medio de manuales y casos de estudio de otros países se pudo obtener conocimiento de medidas de bajo costo que tengan grandes impactos. Las mencionadas en el capítulo 7 son las que no suelen usarse en Lima, por ejemplo, las líneas guía, también se usaron otras medidas, no redactadas, pero, conocidas, como la segregación de los usuarios con velocidades distintas. Esta investigación tuvo un gran aporte en el producto final y demuestra que no hay necesidad en invertir grandes sumas de dinero para la mejora de la gestión y la seguridad vial. Una medida de mejora que no se usó, sin embargo, se redactó en el documento, fue el semáforo para buses. Esto se porque en el aforo se encontraron una menor cantidad de transporte público del que se esperaba, por ello, no se pudo justificar una fase semafórica para el transporte público o un carril exclusivo, sin embargo, se recomienda verificar su necesidad en un estudio más detallado. En el caso de la accesibilidad se pueden repintar estacionamientos para personas con discapacidad, sin embargo, el resto de medidas como rampas y veredas adecuadas, requieren un poco más de inversión por el costo de los materiales y mano de obra.

Una vez que se tenía gran conocimiento la zona de estudio y se había culminado la investigación de las medidas de bajo costo se logró realizar las listas de chequeo. En el caso de la seguridad vial estas listas ayudaron a identificar y solucionar los problemas. Por el lado de la accesibilidad se usaron incisos de la herramienta EEPI para evaluar a la



zona de estudio, resultando en un puntaje de 54%, el cual está dentro del rango “Regular”. Esta lista también ayudó a analizar la zona de estudio desde un punto de vista de los usuarios con movilidad reducida.

Todo esto ha llevado a la propuesta final, en la cual, se corrigieron los problemas identificados en el análisis de seguridad vial y accesibilidad. Ellos fueron solucionados con las propuestas de bajo costo, siempre tratando de satisfacer las necesidades de los usuarios vulnerables identificados. En esta propuesta se ha rediseñado la intersección mediante señalización horizontal, la cual tiene un costo monetario relativamente bajo pues el trabajo a realizar es eliminar la pintura actual y colocar la nueva. Se incrementó la señalización horizontal con el fin de dar mayor claridad a los conductores de las debidas maniobras a hacer en la intersección y en los accesos a ella. La gestión del tránsito se ha visto afectada por medio de la semaforización para favorecer a los peatones y elevar el nivel de seguridad. Se ha implementado la cantidad de cabezales de semáforos adecuada y en las ubicaciones normadas. Se espera que esto reduzca la cantidad de accidentes, dado que actualmente hay varias infracciones de avanzar durante la fase de luz roja. Algunas de estas infracciones son por el acto imprudente de las personas, sin embargo, existe otra porción de ellas que son por la mala señalización, dando a los conductores creer que deben avanzar cuando en realidad están en rojo. Por parte de la accesibilidad se concluye que se deben extender las rampas peatonales y, en un caso, se recomienda extender la vereda, cerrando un carril, y permitir el espacio necesario para colocar una rampa adecuada. El cierre de carril también es justificado por el flujo y los movimientos dentro de la intersección. Tanto las veredas como la colocación de semáforos no son propuestas de bajo costo, sin embargo, el hecho de colocar los semáforos es un tema que se debe de cumplir por norma y el extender la vereda permite dar la mínima accesibilidad a los usuarios de movilidad reducida, por lo tanto, se puede concluir que son medidas necesarias.

Con respecto al diseño vial de la propuesta hay dos puntos a discutir, el primero siendo la longitud del carril de giro a la izquierda que se ha creado en el acceso de la Av. San Luis. Por la toma de datos en campo se ha estimado un grado de flujo de saturación de 1733 veh/h. Con esto se puede estimar con  $c = S * g / C$ , donde  $g$  es el tiempo de verde y  $C$  la duración del ciclo, ello resulta en  $c = 462$  veh/h. Usando la ecuación 7.4 y tomando los valores  $P(n > N) = 0.005$ ,  $VL = 6.5$  (debido a la distancia calibrada en Vissim),  $v = 660$  (de la tabla 9.7), se obtiene que la longitud de almacenamiento es negativa debido a que el carril está saturado por la capacidad ser menor al volumen. El hecho que el carril mida 32.15 metros, siendo esta distancia menor a la necesaria, da mayor razón para concluir que este carril se va a saturar. Sin embargo, como ya se mencionó, igual se debe implementar para incentivar el orden de la intersección. Por otro lado, debido a la geometría de la intersección no se puede generar una fase exclusiva para los giros a la izquierda. Esto obliga a la propuesta a tener fases “Split”, y, con esta configuración el hecho que se sature el carril de giro a la izquierda no es crítico pues no va a impedir el movimiento recto.

El segundo punto a discutir es el hecho de colocar un cruce peatonal a 6 metros antes de la intersección. Este método se usó en la Av. Géminis (Figura 9.1) y en la Av. San Luis (Figura 9.5). Como se mencionó en el capítulo 7 esta medida tiene ciertos beneficios como dejar un espacio de almacenamiento para los vehículos y así no obstaculicen el

cruce peatonal mientras ingresan a la avenida principal. Otro beneficio es dar mayor visibilidad entre los peatones y los vehículos que realizan un giro a la derecha, sin embargo, cuando estos dos eventos ocurren al mismo tiempo se puede generar una disminución de visibilidad de los peatones. Esto es porque el vehículo que está en el espacio de almacenamiento obstruye la visibilidad del que realiza el giro. Esto se puede observar en la siguiente figura donde se muestra un diagrama explicando el caso mencionado. En la figura 11.1 se puede observar a un peatón (círculo verde) cruzando la pista de derecha a izquierda, el vehículo azul está realizando un giro a la derecha y no puede ver al peatón por la presencia del vehículo rojo. A pesar de este posible escenario se ha optado por hacer uso de la medida mitigadora por tener más beneficios que perjuicios.

En el caso donde se tenga el cruce peatonal cerca a la intersección puede ocurrir este mismo escenario cuando los vehículos no respetan la línea de retención e invaden el cruce peatonal. Dado que este comportamiento es muy común en el manejo limeño se puede concluir que existe el mismo perjuicio en ambos casos.

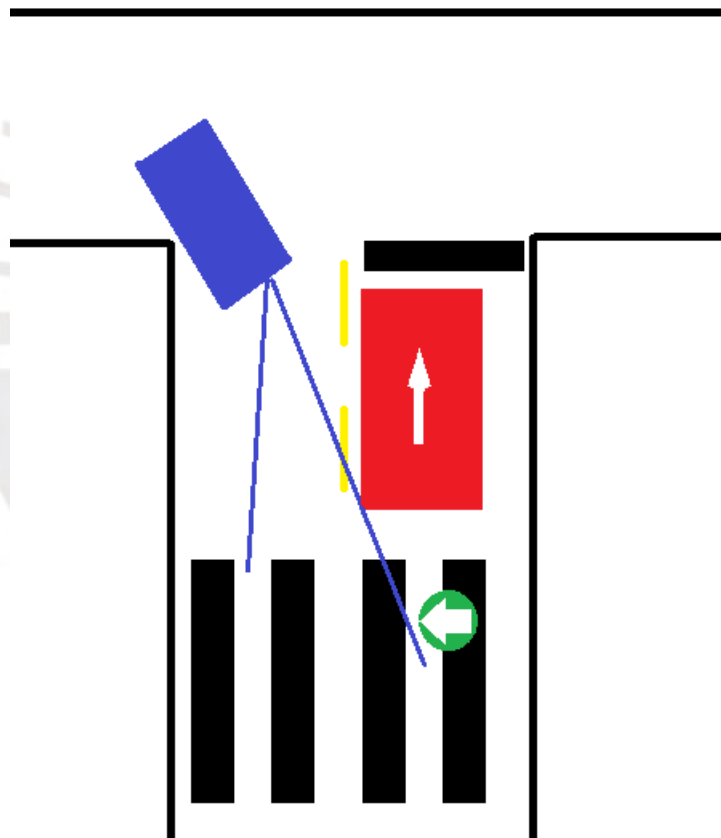


Figura 11.1: Perjuicio de ubicar el cruce peatonal a 6 metros de la intersección

Los resultados de la microsimulación permiten verificar que el nuevo diseño reduce los tiempos de viaje de los conductores al realizar el giro a la izquierda y lo mismo ocurre con la mayoría de los cruces peatonales. En el caso de las colas generadas se puede observar que las colas dentro de la intersección son mínimas lo cual da orden y seguridad vial, sin embargo, antes de la intersección se generan colas mayores a las actuales. Esto era algo que se preveía debido a las nuevas fases del semáforo, por ello,

se van a analizar las colas promedio y las colas máximas de cada acceso como se muestra en las figuras 11.2 y 11.3.



Figura 11.2: Colas promedio en cada acceso



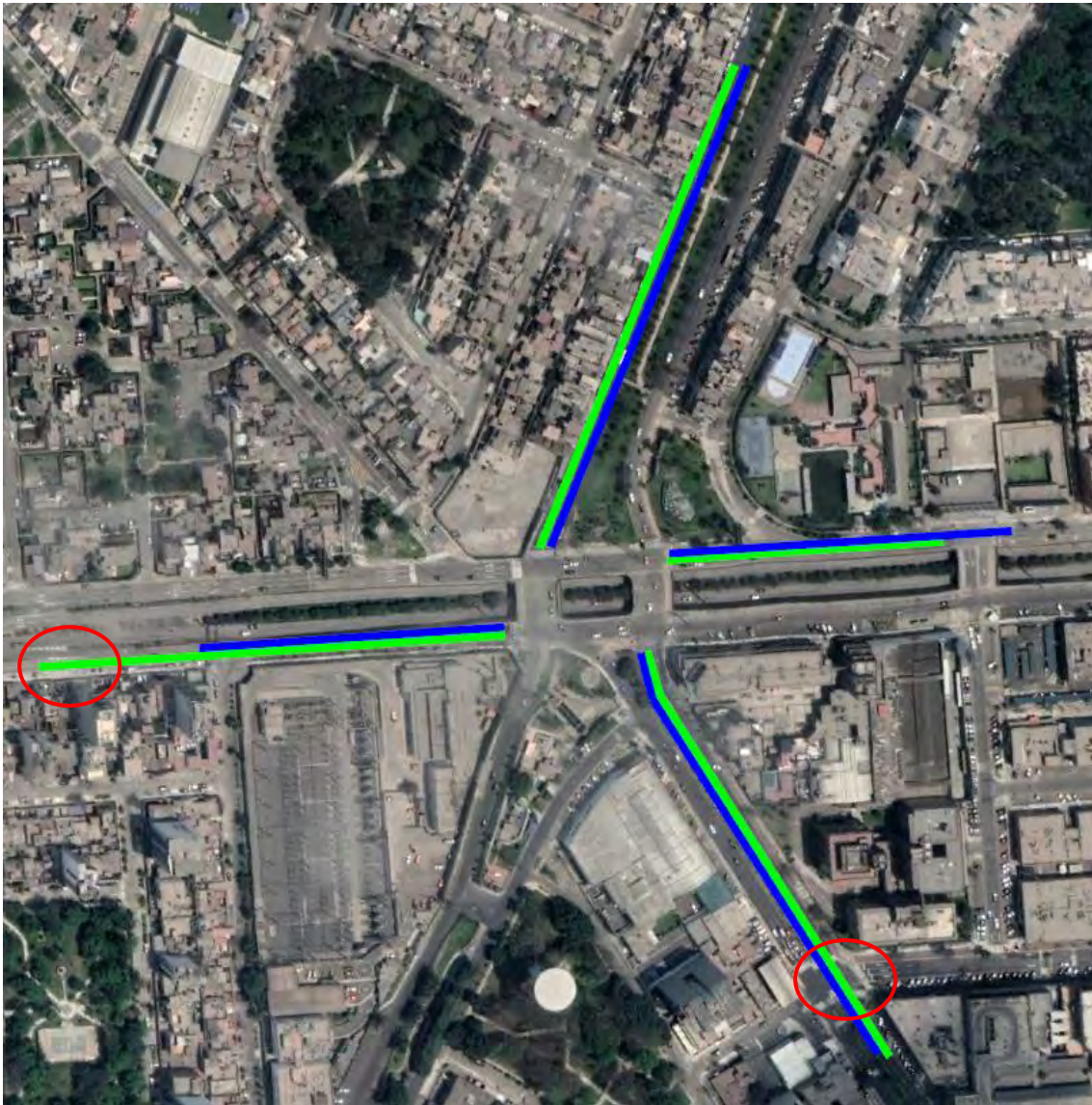


Figura 11.3: Colas máximas en cada acceso

De estos datos gráficos se puede analizar que el acceso de la Av. Angamos tiene un aumento en el tamaño de cola excesivo, esto causa que se interrumpa la salida de la avenida principal a la avenida auxiliar. Un caso parecido ocurre con la Av. Caminos del Inca donde las colas llegan hasta la intersección adyacente. Si bien esto es algo que se debería evitar no se ha podido lograr este objetivo por la saturación de la intersección. Cabe recalcar que se ha usado una hora de alta demanda, por lo que este no sería el caso en la mayor parte del día.



## 12. CAPÍTULO XII: Recomendaciones

Debido a las limitaciones de este trabajo hay algunos aspectos que no se han evaluado, algunos de ellos se mencionan en este capítulo y sirven para tener ideas de mejoras o maneras de ampliar el estudio.

La primera propuesta que podría mejorar la capacidad y comodidad de la intersección es el uso de un semáforo inteligente. La semaforización fija es un método muy usado en Lima, sin embargo, ya se debe ir dejando de lado en intersecciones grandes como este caso de estudio. Esto se debe a que la semaforización actuada trae una serie de beneficios sobre la tradicional. Por ejemplo, los verdes “muertos”, es decir tiempos de verde donde ningún vehículo ingresa a la intersección, se minimizan, esto es porque el semáforo al reconocer que no hay vehículos cambia de fase. Aplicado al caso de estudio se podría minimizar el tiempo de verde usado para los vehículos que giran a la izquierda despejen la intersección. Esto resulta en menos colas y demoras tanto para los vehículos como para los peatones. El semáforo tiene dos opciones para obtener la información, la primera es por medio de espirales en el pavimento y sensores que leen el flujo magnético para determinar si hay un vehículo o no. La segunda opción es con el uso de cámaras y reconocimiento de los vehículos, esta opción tiene inconvenientes cuando llueve pues la imagen se distorsiona. Dado que en Lima la precipitación es mínima se podrían usar cámaras y esto daría beneficios como reconocer al tipo de vehículo que se aproxima. En caso el semáforo detecte un bus, una ambulancia, una patrulla, etc. puede dar más tiempo o adelantar el verde vehicular para dar la prioridad a dichos vehículos. Un último punto a investigar sobre la semaforización actuada son los costos y si esta inversión se puede recuperar a largo plazo ya que puede disminuir la cantidad de accidentes y la energía usada durante las esperas.

El siguiente aspecto para ampliar la investigación es el uso de los contadores regresivos en los semáforos. En esta tesis se mencionó que generaban una aceleración temprana de los vehículos y esto disminuye la seguridad. No siempre están sincronizados con el semáforo y esto se debe a la manera en cómo funcionan. Cuando los contadores son instalados el contador cuenta los segundos de verde, ámbar y rojo, luego, los repite, sin embargo, cuando el ciclo cambia los contadores no se actualizan y tienen cuentas regresivas que al llegar a cero la fase no cambia. Si bien dan cierta información, por ejemplo, al ver el contador en 30 segundos uno puede realizar acciones rápidas dentro del carro como tomar agua, atender algo de manera rápida, etc. el uso de ellos genera aceleraciones bruscas antes del inicio del verde y del ámbar. La información que dan puede ser usada, por ello, se puede investigar si es algo positivo usarlos de diferente manera, se podría investigar los efectos de mostrar el contador hasta unos 10 o 15 segundos antes del cambio de fase para que los vehículos no aceleren justo antes la culminación de la fase. Durante la fase verde no deberían estar prendidos pues no dan información relevante, lo único que muestran es la proximidad de la luz roja y para ello está la luz ámbar. La compatibilidad de los contadores con el punto anterior de los semáforos inteligentes es nula ya que esta semaforización puede cambiar de fase en cualquier momento, por ello, en cierto sentido estos contadores no permiten avanzar tecnológicamente. La investigación de cómo usarlos debería hacerse en cruces de flujos bajos, donde no hay planes cercanos de implementar semaforización inteligente en la intersección. Es esencial que, si el ciclo semaforico cambia a lo largo del día o de la semana, el contador también lo haga, por ello se debe programar para todos los ciclos.

Una medida de bajo costo que se mencionó en el capítulo 7 y no se usó en la propuesta final es el uso de semáforos para buses. Durante el aforo se encontraron menos buses que los esperados y se optó por mover los paraderos en vez de usar el semáforo para buses. Esto puede ser un tema de estudio ya que no es común en la gestión del tránsito de Lima actual y crea un cuestionamiento de si se puede usar o no. En primer lugar, se debe estudiar si se va a seguir respetando el rojo por parte del transporte privado, es decir, los conductores podrían darse cuenta que durante el verde de los buses no hay un flujo transversal a ellos y deciden cruzar la luz roja. El segundo tema a investigar es si es posible despejar a todos los buses durante esta primera fase de verde, en caso no se pueda las demoras de los buses podrían incrementar. Por último, se debe analizar si se puede aplicar a la realidad limeña donde el transporte público es informal en la mayoría de los casos. El hecho de que existan paraderos informales hace que los movimientos de los buses sean menos predecibles. Esto se puede ver cuando hay buses en el carril izquierdo mientras que el paradero está en el carril derecho, en caso se dé el verde de buses al carril derecho este bus en particular no lo vería. Los paraderos informales también hacen que en las colas no todos los buses estén a la derecha, por lo tanto, hay buses dentro de las colas de los vehículos privados, al momento de llegar el verde para buses estos no podrían avanzar. En caso se pueda aplicar a Lima darían varios beneficios para aumentar la prioridad del transporte público. Por último, es usual observar al transporte público detenido durante el verde vehicular esperando a más pasajeros debido a “La guerra del centavo”, este comportamiento podría perjudicar la eficiencia de los semáforos para buses.

Otro aspecto a considerar es la coordinación de la semaforización con las intersecciones adyacentes. En esta tesis se ha considerado a la intersección como aislada cuando esto no es lo que ocurre. Durante el aforo de la validación se identificó que justo al iniciar el rojo de la avenida Primavera llegan varios vehículos. Estos vehículos deben esperar todo el tiempo de rojo por la falta de coordinación con la intersección anterior. Se podría realizar un estudio de ola verde para coordinar las intersecciones y analizar si es necesario el paso a desnivel de la avenida Primavera. Para ello se debería analizar la eficiencia de una ola verde, incluyendo al flujo que recorre por el bypass, y compararla con la situación actual. Por último, realizar un estudio de costo-beneficio para ambas propuestas.

Finalmente, este trabajo se podría complementar con un análisis de costos, es decir, ver el presupuesto de la obra para implementar la propuesta. Dentro de ello se debe analizar el tiempo que demoraría y la manera de hacerlo. Es necesario ver cuánto tiempo demoraría cada sector y la manera de gestionar el tránsito durante este periodo de tiempo. En caso se cierre un carril se debe colocar la señalización correcta y las longitudes del cierre del carril. En caso se decida cerrar todo un acceso se debe ver la ruta desvío y ver cómo influye tanto en la misma ruta como en la intersección adyacentes, es posible que se deban cambiar los ciclos semafóricos durante el tiempo de la obra.

## Bibliografía

- AASHTO. (2018). *The green book a Policy on Geometric Design of Highways and Streets*. [www.transportation.org](http://www.transportation.org)
- American Automobile Association. (2011). *Crashes vs. Congestion: What's the Cost to Society?*
- Austroroads. (2002). *Road safety audit* (2nd ed.).
- Banister, D. (2000). Sustainable Mobility. In *Environment* (Vol. 26, Issue 3). <https://about.jstor.org/terms>
- Bureau of Transportation Statistics. (2021). *Energy Consumption by Mode of Transportation*. <https://www.bts.gov/content/energy-consumption-mode-transportation>
- Cabrera, F. (2020). *Fundamentos de semaforización*. Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Cabrera, F. (2021, June). *Ciudadanos sin autonomía*.
- Cabrera, F., & Cebollada, À. (2021). EEPI: instrumento de evaluación de entornos de proximidad para incluir a las personas sin autonomía en Lima. *Documents d'Anàlisi Geogràfica*, 67(2). <https://doi.org/10.5565/rev/dag.647>
- Candía, M. (2021, September). *Diseño y seguridad vial en intersecciones*.
- CCPT. (1996). *Concepto europeo de accesibilidad* (M. Wijk, Ed.).
- CONASET. (2005). *Hacia vías urbanas más seguras*. [www.conaset.cl](http://www.conaset.cl)
- CONASET. (2008). *Tratamiento de puntos negros con medidas correctivas de bajo costo*.
- CONASET. (2010). *Medidas de tráfico calmado guía práctica*.
- Dawidowski, Sánchez-Ccoyllo, & Alarcón. (2014). *Estimación de emisiones vehiculares en Lima Metropolitana Informe final*. <http://www.senamhi.gob.pe>
- de Habich, M., del Carmen, J., Ostos, B., & Huacoto, A. (2013). *Criterios para la Identificación de puntos negros de accidentes de tránsito en la jurisdicción del distrito*.
- Dextre, J. C. (2010). *Seguridad vial: La necesidad de un nuevo marco teórico*. Departamento de Geografía Universidad Autónoma de Barcelona.
- Dextre, J. C. (2021). *Factores de riesgo*.
- Dextre, J. C., Pirota, M. D., Tabasso, C., Bermúdez, J., & García, A. O. (2008). *Vías humanas*.
- Dirección general de tráfico de España. (2018). *Normas y señales reguladoras de la circulación vial*. [www.dgt.es](http://www.dgt.es)



- Directorate-General for Environment. (2004). *Reclaiming city streets for people Chaos or quality of life?*
- Elvik, R., & Bjornskau, T. (2005). *How accurately does public perceive differences in transport risk? An exploratory analysis of scales representing perceived risk. Accidenten Analysis & Prevention 37*. Institute of Transport Economic.
- Elvik, R., Erke, A., & Vaa, T. (2008). *Trafikksikkerhetshandboken*.
- European Environment Agency. (2019). *Sectoral Profile-Transport Energy consumption*. <https://www.odyssee-mure.eu/publications/efficiency-by-sector/transport/transport-eu.pdf>
- Fayish, A. C., & Gross, F. (2010). Safety effectiveness of leading pedestrian intervals evaluated by a before-after study with comparison groups. In *Transportation Research Record* (Issue 2198, pp. 15–22). <https://doi.org/10.3141/2198-03>
- FHWA. (2001). *Guidelines and Recommendations to Accommodate Older Drivers and Pedestrians*.
- Florida Department of Transportation. (2014). *Traffic Analysis Handbook*.
- Florida Department of Transportation. (2022). *Traffic Engineering Manual*.
- Huerta, J. (2007). *Discapacidad y diseño accesible: Diseño urbano y arquitectónico para personas con discapacidad*.
- INEI. (2018). *Censos Nacionales 2017: XII de Población y VII de Vivienda*.
- International Energy Agency. (2020). *Energy consumption in transport in IEA countries, 2018*. <https://www.odyssee-mure.eu/publications/efficiency-by-sector/transport/specific-consumption.html>
- Israel Cabrera Vega, F., & Cebollada Frontera, Á. (2019). *Tesis doctoral Movilidad urbana, espacio público y ciudadanos sin autonomía: El caso de Lima*.
- Lopez, F. A. (2002). *Libro Verde de la Accesibilidad en España*.
- Los Angeles County. (2011). *Model design manual for living streets*.
- Methorst, B., Monterde, H., Risser, R., Sauter, D., Tight, M., & Walker, J. (2010). *Cost 358 - PQN Final Report*. Walk21.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2009). *Reglamento nacional de tránsito*.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2015a). *Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor en Calles y Carreteras*.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2015b). *Informe de caracterización de tramos de vía de alta incidencia de accidentes de tránsito en el distrito de San Borja*.
- Ministerio de transportes y comunicaciones. (2017). *Manual de Seguridad Vial*.

- Ministerio de transportes y comunicaciones. (2018). *Manual de carreteras: Diseño geométrico*.
- Morgan, R., Tziotis, M., Turner, B., & Epstein, J. (2019). *Guide to Road Safety Part 6A: Implementing Road Safety Audits*. www.austroads.com.au
- Municipalidad de Lima. (2021). *Ciclo semafórico Av. Primavera - Av. Caminos del Inca*.
- NACTO. (2012). *Urban Street Design Guide*.
- NACTO. (2016). *Transit street design guide*. Island press.
- Rupprecht, S., Brand, L., Böhler-Baedeker, S., & Brunner, L. M. (2020). *Guidelines for developing and implementing a sustainable urban mobility plan* (Rupprecht Consult, Ed.; 2nd ed.). www.rebekkadold.de
- Smith, R. W. (1987). LEISURE OF DISABLED TOURISTS Barriers to Participation. In *Annals of Tourism Research* (Vol. 14).
- Transportation Research Board. (2000). *Highway capacity manual*. Transportation Research Board, National Research Council.
- Trifunović, A., Pešić, D., Čičević, S., & Antić, B. (2017). The importance of spatial orientation and knowledge of traffic signs for children's traffic safety. *Accident Analysis & Prevention, 102*. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2017.02.019>
- U.S. Department of Transportation. (2020). *Pedestrian and bicyclist road safety audit (rsa) guide and prompt list*. <http://www.pedbikeinfo.org/cms/downloads/PedRSA.reduced.pdf>
- Valero, C. F. F., & Puerta, C. P. (2014). Identification of the Main Risk Factors for Vulnerable Non-motorized Users in the City of Manizales and its Relationship with the Quality of Road Infrastructure. *Procedia - Social and Behavioral Sciences, 162*. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.12.217>
- Wood, D. (1994). *The standing advisory committee on trunk road assessment: trunk roads and the generation of traffic*.
- World Health Organization. (2015). *Global status report on road safety 2015*.
- World Health Organization. (2018). *Global status report on road safety 2018*.
- Yannis, G., Kondyli, A., & Georgopoulou, X. (2014). Investigation of the impact of low cost traffic engineering measures on road safety in urban areas. *International Journal of Injury Control and Safety Promotion, 21(2)*, 181–189. <https://doi.org/10.1080/17457300.2013.796387>

**Anexos**

Anexo 1: Plano actual

Anexo 2: Lista de chequeo ISV

Anexo 3: Lista de chequeo EEPI

Anexo 4a: Lista de chequeo ASV (situación actual)

Anexo 4b: Lista de chequeo ASV (propuesta)

Anexo 5: Propuesta final

Anexo 6: Señalización vertical

Anexo 7: Ubicación de los semáforos







## Anexo 2: Lista de chequeo ISV

Generalidades	¿Son visibles y entendibles con sólo una mirada todas las señales verticales, incluyendo las señales variables?	SI	
	¿Existen señales verticales que puedan confundir?	NO	
	¿Entregan mensajes claros y sencillos a los usuarios? Ej. Íconos en vez de textos.	SI	
	¿Existen señales verticales son las necesarias?	NO	Hay ausencia de señales verticales
	¿Existe concordancia entre las señales verticales y las señales horizontales?	SI	
	¿Existen obstáculos (árboles, luminarias, señales, paraderos, etc.), que impidan la visión de las señales verticales?	SI	Árboles
	¿Existe evidencia de vandalismo o pintado de grafitis?	NO	
	¿Existe evidencia de robo de señales verticales?	NO	
	¿Hay necesidad de colocar señalización vertical para ciclistas, motociclistas u otros?	SI	La ciclovía requiere señalización vertical
	¿Hay señales verticales que limiten la visibilidad en accesos e intersecciones?	NO	
Presencia y efectividad de	¿Se encuentran y son visibles todas las señales reglamentarias requeridas?	SI	
	¿Están ubicadas correctamente? (Altura, distancia de la berma y en el lugar apropiado).	SI	
	¿Son visibles de día a una distancia adecuada?	SI	

Señales verticales	señales verticales reglamentarias	¿Son visibles de noche a una distancia adecuada?	SI	
		¿Son legibles de día a una distancia adecuada?	SI	
		¿Son legibles de noche a una distancia adecuada?	SI	
		En las intersecciones, ¿es preciso señalar quién tiene la prioridad?	SI	
		¿Se encuentran y son visibles todas las señales preventivas requeridas?	NO	Ausencia de señal de ensanche de calzada
		¿Están ubicadas correctamente? (Altura, posición con respecto a la berma y a la distancia apropiada de la situación que advierten).	SI	
		¿Existen contradicciones entre el mensaje de la señal y la situación existente en la ruta?	NO	
	Presencia y efectividad de las Señales Verticales Preventivas	¿Son visibles de día a una distancia adecuada?	SI	
		¿Son visibles de noche a una distancia adecuada?	SI	
		¿Son legibles de día a una distancia adecuada?	SI	
		¿Son legibles de noche a una distancia adecuada?	SI	
		¿Se aplican restricciones para alguna clase de vehículos?	NO	
		Si se aplican restricciones para algún tipo de vehículo, ¿se les indica a los conductores rutas alternativas?	NA	
		¿Será necesaria cada restricción?	NA	

Presencia y efectividad de las Señales Verticales Informativas	¿Hay suficiente señalización informativa para que un conductor no familiar con el lugar, pueda informarse?	NO	No se encuentran señales informativas	
	En los enlaces o salidas de la carretera, ¿se otorga información suficiente y oportuna a los usuarios para encauzar y navegar a su destino?	NA		
	Las señales informativas, ¿son inmediatamente visibles para todo usuario que entre en la carretera desde cualquier acceso (vías colindantes)?	NA		
	Soporte de la Señalización Vertical	¿Son relativamente frágiles los sistemas de soporte de todas las señales verticales?	NE	
	Paneles de mensajería variable	¿Entregan un mensaje claro y de relevancia la cual se puede entender con una mirada breve?	NA	
Demarcaciones Generalidades	¿Proporcionan las marcas viales el más alto grado de seguridad a todos los grupos de usuarios de la vía?	NO	Falta de demarcación en cruces peatonales y líneas guía en la intersección	
	¿Se asegura una continuidad en la señalización entre las secciones nuevas y antiguas de la carretera, o al menos una transición adecuada?	NA		
	¿Existen contradicciones entre demarcaciones?	NO		
	¿Es adecuado el contraste de la marca vial con el pavimento?	NO	La pintura se encuentra desgastada	
	¿Tendrán un adecuado coeficiente de roce las demarcaciones?	NE		
	¿Son del color correcto las demarcaciones?	SI		



Señales horizontales		¿Son necesarias demarcaciones horizontales especiales?	NO		
		¿Es fácilmente identificable e interpretable la señalización horizontal de canalización en una intersección?	NO	Hay poca canalización en la intersección	
	Demarcaciones longitudinales planas		¿Es la demarcación longitudinal plana consistente y adecuada?	NO	Existen carriles sin demarcación
			¿Son visibles de día las demarcaciones longitudinales? (Central, borde y pistas de la vía)	SI	
			¿Son visibles de noche las demarcaciones longitudinales? (Central, borde y pistas de la vía)	SI	
			Las dimensiones de las demarcaciones horizontales, ¿son adecuadas para la velocidad y tránsito previstos?	SI	
			¿Están adecuadamente indicadas las zonas de "No Adelantar"?	SI	
			¿Existe concordancia entre la señalización vertical y horizontal, en cuanto a las zonas de "No Adelantar"?	SI	
			¿Los adelantamientos propuestos son oportunos y seguros?	NE	
			¿Existen posibilidades de adelantar a vehículos pesados donde hay altos volúmenes de tránsito?	NA	
	¿Son visibles de noche las Tachas y/o Tachones? (Casi toda vía requiere de tachas)	NA			

	Demarcaciones elevadas	¿Son suficientes en número para complementar adecuadamente las demarcaciones planas?	NA	
		¿Existe concordancia de color entre las demarcaciones planas y las demarcaciones elevadas?	NA	
	Eliminación de demarcaciones obsoletas	¿Existen demarcaciones que deban ser removidas?	SI	Se encuentran demarcaciones borradas parcialmente del diseño anterior
	Demarcación de otros elementos	¿Son claramente visibles los reductores de velocidad y a una distancia adecuada?	SI	
¿Son claramente visibles las bandas alertadoras?		NA		
Visibilidad; distancia de visibilidad de los semáforos		¿Son los semáforos claramente visibles para los conductores que se aproximan?	NO	Hay accesos con un semáforo no visible por todos
		¿Existen por lo menos dos caras por llegada?	NO	Colocar los necesarios sobre los ejes de los carriles
		¿Están los cabezales de los semáforos configurados de modo que puedan ser vistos sólo por los conductores que los enfrentan?	NO	
		¿Es la distancia de visibilidad de parada adecuada para las posibles colas vehiculares?	NE	
		En lugares donde los cabezales de los semáforos no son visibles a una distancia adecuada, ¿se han instalado señales de advertencia y/o luces intermitentes?	NA	
		¿Es adecuado el tiempo en verde para cada llegada?		
	¿Existe suficiente tiempo de despeje?	SI		

Semáforos	Programación de semáforos	¿Existen semáforos peatonales?	SI		
		¿Es adecuado el tiempo otorgado al cruce peatonal?	SI		
		¿Son el número, la posición y el tipo de cabezales de semáforos apropiado para la composición y el ambiente de tránsito?	NO	Hay pocos semáforos	
		Donde es necesario, ¿se ha provisto ayuda para peatones ciegos? (Por ejemplo, botones audio-táctiles, marcas táctiles)	NO	Proporcionar la señalización de los semáforos por medio de sonidos	
		Donde es necesario, ¿se ha provisto ayuda para peatones ancianos o minusválidos? (Por ejemplo, alargar el verde o una fase peatonal exclusiva)	NO	No hay fase peatonal exclusiva, el verde peatonal es determinado por el verde vehicular	
	Configuración de las caras de los semáforos	¿La iluminación de las caras es mediante luces LED?	NE		
		¿Existen caras con indicaciones de tiempo remanente para los peatones?	NO		
		¿Existen caras con indicaciones de tiempo remanente para los vehículos?	SI	Esto genera apuro en los conductores, no están sincronizados, se podría dar el tiempo sin mostrar los últimos 10 segundos	
			¿Las rutas y cruces peatonales son adecuados para peatones y ciclistas?	SI	
			Donde es necesario, ¿se han instalado vallas para encauzar a peatones y ciclistas hacia cruces o pasos elevados?	NO	

Alcances generales	Donde es necesario separar los flujos vehiculares de los peatonales y de ciclistas, ¿se han instalado barreras de contención?	NA	
	¿Están claramente definidas las zonas de flujo peatonal y/o ciclista?	NO	Trazo de cruces peatonal no son nítidos
	¿Son las zonas definidas concordantes con los deseos de los usuarios?	SI	
Usuarios vulnerables, a lo largo de la vía	¿Existe un espacio longitudinal a lo largo de la vía para el desplazamiento seguro de peatones y ciclistas (Usuarios Vulnerables)?	SI	
	¿Es suficiente ancho el espacio para los usuarios vulnerables, o se ven obligados a transitar en el pavimento?	SI	En su mayoría el ancho es bueno, se encuentran algunos obstáculos como postes que lo disminuyen
Usuarios	¿Están adecuadamente señalizados los cruces para los usuarios vulnerables?	NO	Trazo de cruces peatonal no son nítidos e inconsistencia entre paso de cebra y senda de paso peatonal
	¿Hay un adecuado número de pasos peatonales a lo largo de la ruta?	SI	
	En el caso de vías anchas y dobles calzadas, ¿existen refugios a mitad del cruce?	SI	
	¿Pueden los conductores ver a los peatones en el refugio claramente?	SI	
	En el caso de cruce tipo pelícano, ¿el tramo del refugio central obliga a los usuarios a ver de frente el tráfico que se aproxima?	NA	

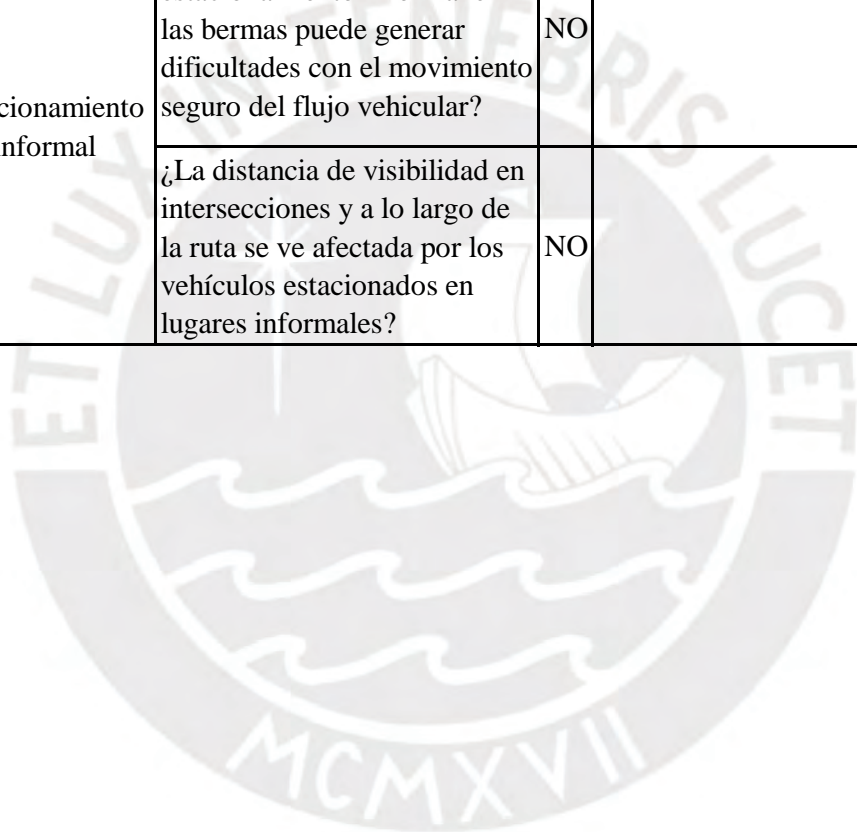


Usuarios vulnerables	vulnerables, cruzando la vía	¿Se ha considerado a los ancianos, discapacitados, niños, sillas de rueda y coches de bebé con respecto al diseño de pasamanos, rebajes de solera y mediana, además de rampas?	NO	No hay pasamanos, las pendientes de las rampas son excesivas
		¿La señalización alrededor de escuelas es adecuada?	NA	
		¿La señalización alrededor de hospitales es adecuada?	NA	
		¿La distancia de visibilidad de parada es suficiente para detectar los usuarios del cruce?	SI	
		¿Está desfasada la iluminación del cruce? Es decir, no centrada.	NO	
	Ciclovías	¿El ancho del espacio es adecuado para el número de ciclistas que usan la ruta?	NE	
		¿La ruta para ciclistas es libre de algún punto restrictivo u hoyo?	NE	
		¿La ruta para ciclistas es continuada entre puntos? (Sin interrupción).	NE	
		¿Las rejillas de sumidero son seguras para las bicicletas?	NA	
		¿Los paraderos de buses son localizados en forma segura, con la visibilidad adecuada y con una correcta segregación de la pista de circulación?	NO	Hay poca visibilidad de quienes esperan al transporte público, no todos están segregados de la pista y generan conflictos con los vehículos
		¿Podrán causar problemas los paraderos de buses en las proximidades de las intersecciones?	SI	Generan desorden cuando los buses giran a la izquierda desde la derecha.
		¿Las paradas de buses en áreas rurales son señalizadas con anticipación?	NA	

Transporte Público y paraderos de buses	¿Los refugios peatonales y asientos, son localizados en forma segura permitiendo una adecuada línea de visibilidad? ¿Su separación con la vía es correcta?	NO	No hay buena visibilidad y en algunos casos no hay asientos
	¿Existen actividades que crean altos flujos peatonales, como colegios, centros turísticos, centros comerciales, en lados opuestos de la vía principal?	SI	Centros comerciales
	¿Están los paraderos de buses cerca de las pasarelas peatonales?	NA	
	De existir ambas ¿Están los paraderos de buses ubicados después de las intersecciones y puntos de acceso a la calzada?	NO	Están colocados adyacentes a la intersección y antes de esta
	¿Cuentan los paraderos de buses con un sistema de iluminación adecuado?	SI	
	¿Se detienen los buses sobre la berma para tomar o dejar pasajeros?	SI	Sobretudo, los que van a girar a la izquierda
	¿Están debidamente señalizados los paraderos?	NO	Falta señalización vertical y horizontal
	En vías de alta velocidad, ¿cuentan con una pista de acceso, zona de parada y pista de aceleración debidamente diseñada y claramente demarcada?	NA	
	¿Presentan todos los pasos superiores de peatones medidas de seguridad para todos sus posibles usuarios?	NA	
¿Están adecuadamente dimensionadas las pasarelas en cuanto a accesibilidad, comodidad e interdistancia?	NA		

Pasarela	Los pasos superiores e inferiores, ¿presentan las dimensiones y equipamiento apropiados para los usos reales que se registran?	NA	
	¿Están adecuadamente iluminadas las pasarelas?	NA	
	¿Están conectadas mediante aceras a los paraderos o a las áreas urbanas más próximas?	NA	
	¿Se han tenido en consideración los niños, ancianos y minusválidos? (Rampas en vez de escalas).	NA	
	¿Tienen una pendiente adecuada para los usuarios mayores?	NA	
	La configuración de la pasarela, ¿permite el cruce de vehículos motorizados? (Motos).	NA	
	¿Se ha implementado vallas peatonales en la mediana para desincentivar el cruce de los peatones a través de la calzada?	NA	
	¿Es necesario colocar una reja que evite el lanzamiento de piedras u otros objetos a la calzada?	NA	
Estacionamiento	Los lugares de estacionamiento formal, ¿permiten una segura entrada y salida?	SI	
	¿Están adecuadamente demarcados?	NO	Pintura desgastada o inexistente
	¿Se observan estacionamientos en doble fila?	NO	

Estacionamiento	Estacionamiento formal	¿La distancia de visibilidad en intersecciones y a lo largo de la ruta se ve afectada por los vehículos estacionados en lugares formales?	NO	
		¿Podrán causar problemas el estacionamiento de vehículos en las proximidades de las intersecciones?	NO	
	Estacionamiento informal	¿Existen lugares donde el estacionamiento informal en las bermas puede generar dificultades con el movimiento seguro del flujo vehicular?	NO	
		¿La distancia de visibilidad en intersecciones y a lo largo de la ruta se ve afectada por los vehículos estacionados en lugares informales?	NO	





### Anexo 3: Lista de chequeo EEPI

	Aspectos y criterios	Comentario	Puntuación
Diseño y estado de elementos viales	¿El ancho y pendiente de las rampas es adecuado para las personas sin autonomía?*	El ancho de las rampas es de 1 m y las pendientes varían entre 10% y 15%	1
	¿La orientación de las rampas es adecuada?	Están alineadas con el cruce peatonal	5
	¿El ancho efectivo de las aceras es adecuado para las personas sin autonomía?*	Hay puntos donde la vereda es interrumpida por buzones, postes de luz, etc.	2
	¿Las pendientes de las aceras son adecuadas?*	Las aceras son horizontales en su mayoría	4
	¿Las medianas tienen el ancho adecuado para las personas sin autonomía?*	Tienen un ancho de 1.5 m.	2
	¿Existe desnivel entre la acera y la calzada?	Sí, aproximadamente de 20 cm a lo largo de la zona de estudio	4
	¿La calzada está pavimentada y es claro el mensaje del diseño de la vía?	Está pavimentada, sin embargo, presenta desgaste del pavimento y el mensaje del diseño de la vía no es claro	1
	¿La longitud de cruce en las esquinas es adecuada para las personas sin autonomía?*	Se tienen cruces de 3 carriles en la intersección, el resto es de máximo 2	2
	Puntaje del aspecto/total		21
Nivel de logro del aspecto		53%	
Obstáculos en las aceras y otras vías peatonales	¿Se observan obstáculos a nivel de la acera, o vía peatonal, como postes de luz, autos estacionados, tapas de buzones, etc.?	Postes de luz, tapas de buzones, etc.	2
	¿Se observan buzones sin tapa?	Se usan rejas en vez de tapas, pueden perjudicar a la silla de ruedas y a los bastones	4
	¿Se observan obstáculos elevados sobre la acera o vía peatonal como puertas de garajes, ramas de árboles, ventanas abiertas, tubos de quioscos, etc.?	Existen ramas de árboles y garajes que salen a la altura de la calzada, es decir, el peatón debe bajar al nivel de la calzada por la existencia del garaje.	2

	¿Los obstáculos se encuentran en los bordes de las aceras (junto a la calzada o a las edificaciones)?	Mitad de los obstáculos se ubican en los bordes	3
	Puntaje del aspecto/total		11
	Nivel de logro del aspecto		55%
Sentidos humanos y navegación	¿Es excesiva la cantidad de información que se debe procesar para cruzar las calles?	No	5
	¿Se observan dispositivos que brinden información a las personas sin autonomía que no esté visualmente orientada?	No	1
	Puntaje del aspecto/total		6
	Nivel de logro del aspecto		60%
Gestión del tránsito	¿Las velocidades de giro a la derecha e izquierda están reguladas y controladas?	Existen radios de giro muy grandes, lo cual permite ir a altas velocidades al realizar los movimientos que entran en conflicto con el peatón.	2
	¿La velocidad de los vehículos es elevada?*	Se ha determinado una velocidad de 35 km/h	2
	¿Los semáforos tienen tiempos y fases adecuados para las personas sin autonomía?	No, los semáforos peatonales se adaptan a los vehiculares, en la mayoría de los casos los peatones pierden el derecho de paso por giros a la derecha	1
	¿Existen semáforos sonoros con volumen adecuado?	No	1
	¿Las señales de tránsito se encuentran iluminadas adecuadamente de noche?	Si	5
	¿La altura de las señales es adecuada para las personas sin autonomía?	Si	5
	Puntaje del aspecto/total		16
	Nivel de logro del aspecto		53%
Puntaje total obtenido	54		

Porcentaje con respecto del máximo posible	54%
Nivel de calidad del entorno o sector del entorno	Regular

\*Criterios que reciben puntuación a partir de los valores de la siguiente tabla

<b>Criterio</b>	<b>Excelente</b>	<b>Bueno</b>	<b>Regular</b>	<b>Indeseado</b>
Ancho de acera (m) <sup>1</sup>	> 3	1.8 – 3	1.2 – 1.8	< 1.2
Pendiente longitudinal de aceras (%) <sup>2</sup>	< 3.5	3.5 – 5	5 – 9	> 10
Ruido Lden (dBA) <sup>3</sup>	< 50	50 - 65	65 – 70	> 70
Ancho de rampa (m) <sup>4</sup>	> 1.5	1.2 – 1.5	0.9 – 1.2	< 0.9
Pendiente de rampas cortas (%) <sup>2</sup>	< 3.5	3.5 – 5	5 – 8	> 8
Ancho de mediana o isla de refugio peatonal, en la dirección de cruce de la calle (m) <sup>5</sup>	> 2.4	2.4 - 2	1.5 - 2	< 1.5
Ancho de puertas y pasillos (m) <sup>4</sup>	> 1.5	1.2 - 1.5	1.0 – 1.2	< 1
Número de carriles a cruzar en la intersección (m) <sup>5</sup>	1	2	3	> 3
Flujo peatonal en aceras o vías peatonales (peatones/min/m) <sup>6</sup>	< 16	16 - 33	33 – 49	> 49
Flujo vehicular (veh/h) <sup>7</sup>	200	200 - 550	550 – 1900	> 1900
Velocidad de los vehículos al colisionar con un peatón en la zona de conflicto (km/h) <sup>8</sup> . Se considera que la velocidad de circulación estaría cerca a esta velocidad de colisión	20	20 - 30	30 - 40	40 - 80

<sup>1</sup> De Talavera-García et al., (2014), en base a Manchón et al., (1995); Prinz (1986) y Sanz (2008)

<sup>2</sup> Adaptado de Sanz (1996)

<sup>3</sup> Adaptado de EEA (2010)

<sup>4</sup> Adaptado de Huerta (2007)

<sup>5</sup> Adaptado de NACTO (2012)

<sup>6</sup> Adaptado de TRB (2000)

<sup>7</sup> Adaptado de Appleyard et al., (1981)

<sup>8</sup> Adaptado de Bonanomi (1990), según la probabilidad de fallecimiento del peatón en la colisión

### Anexo 4a: Lista de chequeo ASV (actual)

ELEMENTOS DEL ESPACIO URBANO	Concepción urbanística	¿Existe el concepto urbanista en el proyecto y a su vez existe la preferencia al peatón antes que al vehículo?	NO	Reestablecer la prioridad peatonal mediante reducción de velocidad, LPI y acomodar a los peatones con bancas.
		¿De acuerdo a los nuevos conceptos y filosofía de transporte público, el proyecto considera la circulación peatonal segura?	NO	Dar mayor visibilidad de los peatones en los paraderos.
	Uso de suelo	¿Se cumple las normas de velocidad y acceso para cada zona con el uso de suelo especificado?	NO	Curva con exceso de velocidad previo a un cruce peatonal
		¿Existe medidas y elementos de protección al peatón en áreas cercanas a los colegios, etc.?	SI	
		¿El uso de suelo para estacionamientos, será compatible en su ubicación, dimensión y señalización y la circulación de usuarios del entorno?	NO	Ausencia de señalización para los estacionamientos
		¿Los estacionamientos reúnen las condiciones de operación sin riesgo con respecto a la seguridad del tránsito de vehículos y peatones en las vías de acceso y salida?	SI	Esto se cumplirá cuando sean correctamente señalizados como se indicó en el inciso anterior
	Movilidad	¿La señalización es efectiva?	NO	Existe ausencia de señalización tanto vertical como horizontal.
		¿El transporte público colectivo tiene paraderos seguros?	NO	Genera conflictos con vehículos que giran a la derecha, eliminar este conflicto



	humana	¿El transporte privado tiene las facilidades para su normal operación con la señalización, estacionamiento visible y compatible con la seguridad de las vías?	SI	
	Infraestructura Vial	¿Las veredas de peatones tienen las condiciones físicas y dimensiones, continuidad sin obstáculos, visibilidad y señalización, para ser una alternativa segura de traslado?	NO	Mantener la continuidad de las aceras y quitar los obstáculos como buzones, postes, árboles, etc.
	Infraestructura de servicios públicos	¿El equipamiento y el mobiliario de la infraestructura de servicio público afectan la circulación segura de peatones y vehículos?	NO	
	Aspectos generales, función y composición del tránsito previsto	¿El diseño es compatible con la función de la vía? El proyecto propuesto (o rediseño) permite que operen adecuadamente: ¿Automóviles? ¿Motociclistas? ¿Ciclistas?, ¿Peatones?, ¿Vehículos Pesados?, ¿Buses?	NO	Los peatones no pueden operar adecuadamente y los vehículos tienen muchas demoras en los semáforos
	Tipos y control de accesos a propiedades y desarrollos	La distancia de visibilidad será satisfactoria: ¿En intersecciones? ¿En accesos a la propiedad adyacente?	SI	
		¿Es la velocidad de diseño (o las probables velocidades de operación de los vehículos) compatible con el número y el tipo de intersecciones/accesos a la propiedad adyacente?	SI	

ETAPA DE  
PERFIL Y  
FACTIBILIDAD

Normas Generales de Diseño	¿Las normas de diseño han sido utilizadas apropiadamente (teniendo en cuenta los alcances del proyecto y su función en relación con la composición del flujo vehicular)?	NO	No hay canalización de carriles ni las longitudes correctas de los carriles para el giro a la izquierda
	¿La geometría y el perfil se encuentran de acuerdo a las guías de diseño?	NO	La geometría genera demoras en el ovalo
Velocidad de diseño	¿Es adecuado el límite de velocidad fijado para la vía, o parte de ella?	SI	
Número y tipos de intersecciones	¿El ángulo de las vías que cruzan el proyecto y la línea de visibilidad, es adecuado para la seguridad de todos los usuarios?	SI	
	¿El movimiento de los usuarios vulnerables es seguro en todas las intersecciones?	NO	Hay ausencia de rampas y algunas son muy empinadas, disminuyendo su seguridad
	¿El movimiento de los vehículos pesados es seguro en todas las intersecciones?	NO	La ubicación de los paraderos a la derecha y las rutas con giro a la izquierda del transporte público no son compatibles
Aspectos de seguridad no tratados	¿Todos los peatones que puedan verse seriamente afectados con el proyecto, han sido considerados? (por ejemplo escolares, ancianos)	NO	Existe falta de accesibilidad en los paraderos y el cambio de nivel entre acera y pista
Accesos a propiedad y desarrollos inmobiliarios	¿Todos los accesos pueden ser usados seguramente? (Entrada y salida I combinaciones.)	NO	Igualmente, falta de accesibilidad
	¿Es la regulación propuesta (Ceda el Paso, Pare, Semáforo, etc.) adecuado para la intersección en particular?	SI	

Visibilidad en y visibilidad de las intersecciones	¿Las dimensiones del cruce son adecuados para todos los movimientos vehiculares?	SI	
	¿Son los anchos y extensión de pistas adecuados para todos los vehículos?	SI	
	¿Son las velocidades de acercamiento compatibles con el diseño de la intersección?	NO	Aumentar el tiempo del ámbar
Peatones	¿Las necesidades de los peatones han sido consideradas satisfactoriamente?	NO	El ciclo semafórico no permite a los peatones cruzar durante el verde peatonal y existen tiempos perdidos para el peatón (los peatones y los vehículos están en rojo)
	¿Están los refugios peatonales y bahías ubicados donde son necesarios?	SI	
	¿Se ha considerado en forma especial a grupos más vulnerables? (por ejemplo, niños, ancianos, personas con movilidad reducida, sordos o invidentes)	NO	Las rampas no permiten la circulación de ancianos o personas con movilidad reducida
Transporte público	¿Se han considerado las maniobras del transporte público?	NO	Los buses suelen recoger pasajeros fuera del paradero
	¿Las paradas de buses están localizadas de forma segura?	NO	Están pegados a la esquina generando conflicto con los vehículos que giran a la derecha
Señalización vertical	¿Habrá adecuado espacio para la colocación de las señales verticales?	SI	
	¿Podrán ser localizadas de modo que puedan ser vistas y leídas con la anticipación suficiente?	SI	

ETAPA DE DISEÑO FINAL	Semáforos	¿Podrán operar las fases y/o secuencias en forma segura?	NO	Las fases peatonales no son respetadas
		¿Las lámparas del semáforo serán visibles? (por ejemplo, que no estén obstruidas por árboles, postes, señales de tránsito o grandes vehículos)	NO	Algunas lámparas están pegadas al acceso, siendo difícilmente visibles por vehículos en los carriles de la izquierda
		¿Las lámparas orientadas en otras direcciones de acercamiento estarán suficientemente protegidas de modo de ser vistas solo por el tránsito que las enfrenta?	SI	
		¿Existirá una fase exclusiva para peatones? ¿Es adecuada?	NO	No existe, evaluar si es necesario
	Peatones	Pueden los peatones cruzar en forma segura en: ¿las intersecciones? ¿Los cruces peatonales y semaforizadas?	NO	Hay un gran flujo de vehículos que cruzan el camino de los peatones mientras está el verde peatonal
		Cada cruce será satisfactorio en cuanto a: ¿Visibilidad para ambos sentidos? ¿Ser usado por personas con movilidad reducida? ¿Ser usado por personas de la tercera edad? ¿Ser usado por escolares?	NO	Existen cruces en los que las personas cruzan prácticamente corriendo
		¿Se han instalado vallas peatonales en los cruces donde se requieren (en el borde de la vía y en la mediana)?	NO	
		¿Los peatones están impedidos de cruzar la vía en lugares inseguros?	NO	No son impedidos, sin embargo, no se realizan estos movimientos
		¿Las señales de tránsito para peatones son adecuadas?	SI	



	¿El ancho y la pendiente de los cruces peatonales son satisfactorio?	SI	
	Los cruces son ubicados en sitios donde se maximiza su uso, es decir, ¿están en el lugar donde los peatones quieren cruzar?	SI	
Señalización vertical de tránsito	¿La localización de la señalización vertical será la apropiada?	NO	Hay señalización no visible
	¿La señalización de tránsito estará ubicada en un lugar donde puedan ser vistas y leídas con la debida anticipación?	NO	
	¿La señalización está instalada de modo que la distancia de visibilidad de los conductores sea mantenida?	SI	
Demarcación y delineación	¿Las formas y símbolos de la demarcación son consistentes con el manual de señalización?	NO	Cruces peatonales que usan paso de cebra cuando debería ser una senda peatonal y viceversa
	¿Están las líneas continuas (de no adelantamiento) provistas donde se requieren?	SI	
Consideraciones universales	¿Las veredas estan en buenas condiciones?	SI	
	¿Los peatones pueden ser vistos por los vehiculos?	SI	
A lo largo de la vía	¿Las instalaciones son compartidas?	NO	Existen buzones que interrumpen a la vereda
	¿Los vehiculos estacionados obstruyen el paso de los peatones?	NO	
	¿Los estacionamientos ponen en riesgo a los ciclistas?	NO	
	¿Las veredas tienen continuidad?	NO	Dar rutas alternativas

Entorno e infraestructura		¿Los garajes están diseñados pensando en el peatón?	NO	El peatón no debe bajar al nivel de la calzada
	En la intersección	¿Los cruces peatonales están alineados con las veredas?	SI	
		¿Es consistente la señalización en el área de estudio?	NO	Hay inconsistencia en los cruces peatonales
		¿Los peatones y conductores se pueden ver mutuamente?	SI	
		¿Existen intersecciones sesgadas que distraiga a los conductores de los peatones?	NO	
Dispositivos de control de tráfico	Consideraciones universales	¿Se acomoda a los peatones a través de una adecuada sincronización de las señales y en fases adecuadas?	NO	Los peatones cruzan cuando pueden ya que durante el verde peatonal no pueden hacerlo
	En la intersección	¿Qué tan largos son los tiempos para que los peatones crucen? ¿Son suficientes?	SI	
		¿Existe un intervalo entre el verde peatonal y vehicular (LPI)?	NO	Colocar donde exista prioridad vehicular
Operaciones, interacciones y comportamiento	Consideraciones universales	¿Son compatibles las velocidades de los vehículos con los peatones?	NO	En los cruces no semaforizados existe un exceso de velocidad

## Anexo 4b: Lista de chequeo ASV (propuesta)

ELEMENTOS DEL ESPACIO URBANO	Concepción urbanística	¿Existe el concepto urbanista en el proyecto y a su vez existe la preferencia al peatón antes que al vehículo?	SI	Se reestablece la prioridad peatonal mediante reducción de velocidad, LPI y acomodar a los peatones con bancas.
		¿De acuerdo a los nuevos conceptos y filosofía de transporte público, el proyecto considera la circulación peatonal segura?	SI	Hay visibilidad de los peatones
	Uso de suelo	¿Se cumple las normas de velocidad y acceso para cada zona con el uso de suelo especificado?	SI	Los excesos de velocidad han sido controlado reduciendo el radio de giro.
		¿Existe medidas y elementos de protección al peatón en áreas cercanas a los colegios, etc.?	SI	
		¿El uso de suelo para estacionamientos, será compatible en su ubicación, dimensión y señalización y la circulación de usuarios del entorno?	SI	Existe la debida señalización para los estacionamientos
		¿Los estacionamientos reúnen las condiciones de operación sin riesgo con respecto a la seguridad del tránsito de vehículos y peatones en las vías de acceso y salida?	SI	
	Movilidad humana	¿La señalización es efectiva?	SI	
		¿El transporte público colectivo tiene paraderos seguros?	NO	Hay conflicto entre el transporte público que gira a la izquierda y el resto de vehículos. Ausencia de carril exclusivo para transporte público.

	¿El transporte privado tiene las facilidades para su normal operación con la señalización, estacionamiento visible y compatible con la seguridad de las vías?	SI	
Infraestructura Vial	¿Las veredas de peatones tienen las condiciones físicas y dimensiones, continuidadsin obstáculos, visibilidad y señalización, para ser una alternativa segura de traslado?	NO	Mover los postes de luz (no se ha hecho por costos)
Infraestructura de servicios públicos	¿El equipamiento y el mobiliario de la infraestructura de servicio público afectan la circulación segura de peatones y vehículos?	SI	Se encuentran obstáculos en las veredas por la posición de los postes de luz.
Aspectos generales, función y composición del tránsitoprevisto	¿El diseño es compatible con la función de la vía? El proyecto propuesto (o rediseño) permite que operen adecuadamente: ¿Automóviles? ¿Motociclistas? ¿Ciclistas?, ¿Peatones?, ¿Vehículos Pesados?, ¿Buses?	SI	Los peatones tienen tiempos exclusivos para ellos y las demoras en los semáforos se han manetido
Tipos y control de accesos a propiedades y desarrollos	La distancia de visibilidad será satisfactoria: ¿En intersecciones? ¿En accesos a la propiedad adyacente?	SI	
	¿Es la velocidad de diseño (o las probables velocidades de operación de los vehículos) compatible con el número y el tipo de intersecciones/accesos a la propiedad adyacente?	SI	



ETAPA DE  
PERFIL Y  
FACTIBILIDAD

Normas Generales de Diseño	¿Las normas de diseño han sido utilizadas apropiadamente (teniendo en cuenta los alcances del proyecto y su función en relación con la composición del flujo vehicular)?	NO	Hay canalización de carriles, sin embargo, las longitudes de los carriles para el giro a la izquierda no son correctas
	¿La geometría y el perfil se encuentran de acuerdo a las guías de diseño?	NO	La geometría genera demoras en el ovalo
Velocidad de diseño	¿Es adecuado el límite de velocidad fijado para la vía, o parte de ella?	SI	
Número y tipos de intersecciones	¿El ángulo de las vías que cruzan el proyecto y la línea de visibilidad, es adecuado para la seguridad de todos los usuarios?	SI	
	¿El movimiento de los usuarios vulnerables es seguro en todas las intersecciones?	SI	Las rampas tiene pendientes adecuadas y todas las intersecciones las tienen
	¿El movimiento de los vehículos pesados es seguro en todas las intersecciones?	NO	La ubicación de los paraderos a la derecha y las rutas con giro a la izquierda del transporte público no son compatibles
Aspectos de seguridad no tratados	¿Todos los peatones que puedan verse seriamente afectados con el proyecto, han sido considerados? (por ejemplo escolares, ancianos)	SI	
Accesos a propiedad y desarrollos inmobiliarios	¿Todos los accesos pueden ser usados seguramente? (Entrada y salida I combinaciones.)	SI	
	¿Es la regulación propuesta (Ceda el Paso, Pare, Semáforo, etc.) adecuado para la intersección en particular?	SI	

Visibilidad en y visibilidad de las intersecciones	¿Las dimensiones del cruce son adecuados para todos los movimientos vehiculares?	SI	
	¿Son los anchos y extensión de pistas adecuados para todos los vehículos?	SI	
	¿Son las velocidades de acercamiento compatibles con el diseño de la intersección?	SI	EL tiempo del ámbar es adecuado, al igual que el todo rojo
Peatones	¿Las necesidades de los peatones han sido consideradas satisfactoriamente?	SI	El ciclo semafórico restaura la prioridad en los peatones.
	¿Están los refugios peatonales y bahías ubicados donde son necesarios?	SI	
	¿Se ha considerado en forma especial a grupos más vulnerables? (por ejemplo, niños, ancianos, personas con movilidad reducida, sordos o invidentes)	SI	Las rampas permiten la circulación de ancianos o personas con movilidad reducida
Transporte público	¿Se han considerado las maniobras del transporte público?	SI	Los paraderos incentivan a recoger peatones en un lugar seguro
	¿Las paradas de buses están localizadas de forma segura?	SI	No están pegados a la esquina generando conflicto con los vehículos que giran a la derecha
Señalización vertical	¿Habrá adecuado espacio para la colocación de las señales verticales?	SI	
	¿Podrán ser localizadas de modo que puedan ser vistas y leídas con la anticipación suficiente?	SI	

ETAPA DE DISEÑO FINAL	Semáforos	¿Podrán operar las fases y/o secuencias en forma segura?	SI	Los peatones tienen tiempos exclusivos para ellos, la ubicación de los semáforos no causa confusión
		¿Las lámparas del semáforo serán visibles? (por ejemplo, que no estén obstruidas por árboles, postes, señales de tránsito o grandes vehículos)	SI	Las lámparas están ubicadas a más de 12 m de la línea de retención y hay una por carril
		¿Las lámparas orientadas en otras direcciones de acercamiento estarán suficientemente protegidas de modo de ser vistas solo por el tránsito que las enfrenta?	NO	Las lámparas dentro del óvalo pueden ser visualizadas por aquellos en los accesos, sin embargo, el nuevo ciclo semafórico espera reducir el cruce no permitido durante la luz roja
		¿Existirá una fase exclusiva para peatones? ¿Es adecuada?	NO	
	Peatones	Pueden los peatones cruzar en forma segura en: ¿las intersecciones? ¿Los cruces peatonales y semaforizados?	SI	Se ha optado por usar un LPI que debe dar prioridad a los peatones
		Cada cruce será satisfactorio en cuanto a: ¿Visibilidad para ambos sentidos? ¿Ser usado por personas con movilidad reducida? ¿Ser usado por personas de la tercera edad? ¿Ser usado por escolares?	SI	La nueva semaforización dará tiempo a los peatones a cruzar.
		¿Se han instalado vallas peatonales en los cruces donde se requieren (en el borde de la vía y en la mediana)?	SI	
		¿Los peatones están impedidos de cruzar la vía en lugares inseguros?	NO	

		¿Las señales de tránsito para peatones son adecuadas?	SI	
		¿El ancho y la pendiente de los cruces peatonales son satisfactorio?	SI	
		Los cruces son ubicados en sitios donde se maximiza su uso, es decir, ¿están en el lugar donde los peatones quieren cruzar?	SI	
	Señalización vertical de tránsito	¿La localización de la señalización vertical será la apropiada?	SI	
		¿La señalización de tránsito estará ubicada en un lugar donde puedan ser vistas y leídas con la debida anticipación?	SI	
		¿La señalización está instalada de modo que la distancia de visibilidad de los conductores sea mantenida?	SI	
	Demarcación y delineación	¿Las formas y símbolos de la demarcación son consistentes con el manual de señalización?	SI	
		¿Están las líneas continuas (de no adelantamiento) provistas donde se requieren?	SI	
	Consideraciones universales	¿Las veredas estan en buenas condiciones?	SI	
		¿Los peatones pueden ser vistos por los vehiculos?	SI	
	A lo largo de la vía	¿Las instalaciones son compartidas?	NO	
		¿Los vehiculos estacionados obstruyen el paso de los peatones?	NO	
		¿Los estacionamientos ponen en riesgo a los ciclistas?	NO	
	¿Las veredas tienen continuidad?	SI		



Entorno e infraestructura		¿Los garajes están diseñados pensando en el peatón?	NO	El peatón no debe bajar al nivel de la calzada
	En la intersección	¿Los cruces peatonales están alineados con las veredas?	SI	
		¿Es consistente la señalización en el área de estudio?	SI	
		¿Los peatones y conductores se pueden ver mutuamente?	SI	
		¿Existen intersecciones sesgadas que distraiga a los conductores de los peatones?	NO	
Dispositivos de control de tráfico	Consideraciones universales	¿Se acomoda a los peatones a través de una adecuada sincronización de las señales y en fases adecuadas?	SI	Por medio de LPI y diferentes fases para cada cruce peatonal
	En la intersección	¿Qué tan largos son los tiempos para que los peatones crucen? ¿Son suficientes?	SI	
		¿Existe un intervalo entre el verde peatonal y vehicular (LPI)?	SI	
Operaciones, interacciones y comportamiento	Consideraciones universales	¿Son compatibles las velocidades de los vehículos con los peatones?	SI	

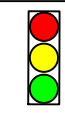




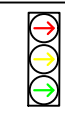




LEYENDA



Semáforo de 3 luces



Semáforo de 3 flechas



Semáforo peatonal



Brazo del semáforo



Poste del semáforo

PROYECTO

ANÁLISIS DE SEGURIDAD VIAL Y ACCESIBILIDAD DE LA ZONA DE APROXIMACIÓN A LA INTERSECCIÓN DE LAS AVENIDAS PRIMAVERA Y SAN LUIS Y SU MEJORAMIENTO CON PROPUESTAS DE BAJO COSTO

TÍTULO

Ubicación de los semáforos

NOTAS:

- Los semáforos son verticales.
- Los semáforos vehiculares no deben estar acompañados por contadores.
- Los semáforos peatonales deben tener un ámbar peatonal con contador.
- Los lentes de los semáforos vehiculares son de 30 cm.
- Los lentes de los semáforos peatonales son de 20 cm.

NOMBRE: FABRICIO ANDRÉS REVILLA ROJAS  
CÓDIGO: 20170289

ESCALA: SE	FECHA: 23/02/2023
PLANO N°: US-01	Anexo 7

