

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERIA



**PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DEL PERÚ**

**“EVALUACIÓN Y MEJORA DE LA SEGURIDAD VIAL
PEATONAL Y EL NIVEL DE SERVICIO EN LA INTERSECCIÓN
DE LAS AVENIDAS LOS ALISOS Y TÚPAC AMARU”**

Tesis para optar el Título de **Ingeniero Civil**, que presenta el Bachiller:

Alvaro John Nilo Tello Gutierrez

Asesor: Ing. Fernando José Campos De la Cruz

Lima, julio del 2018



Dedico esta tesis a mis padres (Richard y Henny) y hermanos (Sebastian, Micaela y Cristina) por la motivación, los consejos, la confianza, la paciencia y el amor sincero que compartieron conmigo en cada momento. Ahora da su fruto en la obtención de este gran logro en mi vida.

También se lo dedico a los familiares, amigos y profesores por el apoyo que me hayan brindado.

Un agradecimiento especial a mi asesor el Ing. Fernando Campos por el tiempo dedicado y las lecciones ofrecidas a lo largo de este proceso

RESUMEN

El presente trabajo de tesis se basó en la identificación de metodologías y herramientas para evaluar las condiciones peatonales en las etapas del ciclo de vida de un proyecto. Las metodologías tendrán los enfoques de la evaluación de la calidad de servicio y seguridad vial. Estas metodologías se aplicarán a una intersección adyacente a la estación Naranjal del Metropolitano y el posterior rediseño a partir de la lista de hallazgos. El rediseño se basará en manuales internacionales, y nacionales como el “Manual de seguridad vial 2017” y el “Manual de carreteras-diseño geométrico 2018”. El criterio para elegir la intersección a trabajar en la presente tesis fue el alto índice de accidentalidad en los alrededores. Se encontraron dos intersecciones que cumplieron con el criterio anterior, eligiéndose la intersección de las avenidas los alisos y Túpac Amaru por el bajo nivel de servicio vehicular tras la aplicación del software Synchro.

Esta tesis está conformada por seis capítulos. En el primer capítulo, se plantea el problema y los aspectos metodológicos de la investigación. En el segundo capítulo, se detallan los conceptos de seguridad vial, la reducción de la accidentalidad por medio de políticas locales y las consideraciones para lograr un diseño urbano inclusivo. Asimismo, se muestra los criterios de los manuales y guías (con enfoque de movilidad y accesibilidad) que se aplicaron en la propuesta de rediseño.

En el tercer capítulo, se exponen las metodologías para el análisis vial. Por un lado, se desarrolla seis diferentes metodologías relacionadas con el nivel de servicio y dos metodologías enfocadas en la seguridad vial para evaluar las condiciones que una infraestructura brinda a los usuarios no motorizados (peatones y ciclistas). Por otro lado, se explica las herramientas para evaluar el nivel de servicio vehicular: la aplicación de la metodología del Highway capacity manual 2010 y el software Synchro. El cuarto capítulo, describe el distrito de Independencia y el impacto del “Metropolitano” en las relaciones entre medios de transportes motorizados y no motorizados. Además, se muestra el procedimiento para medir la intersección, el conteo de semáforos y los flujos obtenidos de las visitas en campo. El capítulo termina con la aplicación de las metodologías de análisis peatonal y software Synchro en la intersección elegida.

En el quinto capítulo, se realizan los planos de rediseño a partir de la lista de hallazgos. Incluyéndose medidas de bajo costo y señalización adecuada. Finalmente, en el sexto capítulo muestra las conclusiones y recomendaciones de la tesis.

TEMA DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

Título : "Evaluación y mejora de la seguridad vial peatonal y el nivel de servicio en la intersección de las avenidas los Alisos y Túpac Amaru"
Área : Movilidad y Transporte
Asesor : Ing. Fernando José Campos De la Cruz
Alumno : ALVARO JOHN NILO TELLO GUTIERREZ
Código : 2012.1853.412
Tema N° : # 82
Fecha : Lima, 19 de junio del 2018



INTRODUCCIÓN

Recientemente en el Perú se empezó a considerar en el diseño de infraestructura urbana a los usuarios no motorizados (peatones y ciclistas). A esto se suma la implementación de los programas computacionales a escala microscópica que permiten un mejor diseño. Sin embargo, estas nuevas herramientas no están aplicadas por todos los diseñadores debido a la poca difusión o el elevado precio de las licencias. Es así que esta tesis investigó que la mejor manera de incluir a los usuarios vulnerables en el diseño era con la aplicación de metodologías y herramientas para evaluar las condiciones peatonales de un proyecto vial (metodologías para evaluar el nivel de servicio peatonal, inspecciones de seguridad vial y metodología para tratamiento de puntos negros). Bajo esta premisa, la tesis aplicará las metodologías con enfoque peatonal y vehicular en una intersección. El objetivo es obtener una lista de elementos que tienen que ser modificados y, a través de diferentes manuales de diseño de espacios públicos, realizar una propuesta de rediseño accesible e inclusiva.

ANTECEDENTES

Las principales actividades económicas en el distrito de Independencia son el comercio y la construcción. Independencia es un polo económico de Lima norte que se relaciona con el centro de Lima, generando una gran cantidad de viajes.

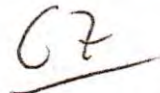
Hasta el año 2006 la situación era caótica por el colapso de vías como la avenida Túpac Amaru. Sin embargo, tras la construcción del primer corredor segregado de alta capacidad de Lima Metropolitana "el Metropolitano", se pudo organizar el tránsito.

En la actualidad, en este sistema BRT se generan 700 mil viajes diarios, esto propicia que se formen largas colas de personas en los terminales, sobre todo en el terminal norte Naranjal. Las colas son tan largas que exceden la capacidad del terminal, y contribuyen a producir una gran cantidad de accidentes de tránsito debido a los conductores de otros modos que no están dispuestos a ceder el paso a esta gran demanda de usuarios que no les queda más remedio que exponer sus vidas por alcanzar un espacio en el bus.

Para mitigar este problema se debe evaluar el comportamiento de los peatones. Este proyecto, a través de diferentes manuales de diseño de espacios públicos, propone mejoras en la intersección que circunda al terminal (cruce entre las avenidas Los Alisos y Tupac Amaru). Esto se conseguirá apoyándose en metodologías de análisis peatonal, aplicación del software Synchro y los manuales para diseño de intersecciones.



i



OBJETIVOS

Objetivo general

Mejorar la seguridad vial peatonal y el nivel de servicio en la intersección de la avenida Tupac Amaru y Los Alisos, sin perjudicar otros usuarios como vehículos y bicicletas.

Objetivos específicos

- Identificar las metodologías que deben ser aplicadas en las infraestructuras para conseguir un aceptable nivel de servicio para los vehículos y peatones.
- Identificar la infraestructura que debe ser modificada o adicionada, a partir de las listas de hallazgos que se obtienen de la aplicación de las metodologías para el análisis la calidad de servicio de una infraestructura.
- Adicionar la señalización vertical y horizontal, y complementar con medidas de bajo costo para obtener una propuesta final óptima.
- Proponer el rediseño de la infraestructura peatonal a través de planos, cumpliendo los reglamentos nacionales y siguiendo las recomendaciones de guías internacionales
- Complementar los planos de rediseño con la programación semafórica que beneficie a todos los usuarios de la vía obtenida a partir de iteraciones con el software Synchro.

PLAN DE TRABAJO

El desarrollo de la tesis considerará los siguientes temas:

- a) Planteamiento del problema, objetivos, justificación, y alcances del proyecto
- b) Revisión de la literatura
- c) Aplicación de las metodologías y herramientas para evaluar las condiciones peatonales
- d) Aplicación del software Synchro
- e) Análisis de resultados
- f) Propuestas de mejora basándose en manuales nacionales e internacionales y comparación con la situación actual
- g) Conclusiones y recomendaciones.

REVISIONES

Primera Revisión:

- Introducción, objetivos, justificación, y alcances
- Marco teórico y antecedentes

Segunda Revisión

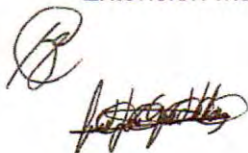
- Metodología del trabajo.
- Recolección de datos de campo.
- Procesamiento y análisis de la información de campo.
- Planteamiento y evaluación de soluciones

Tercera Revisión:

- Desarrollo del diseño y diseño de detalle
- Conclusiones y recomendaciones

NOTA

Extensión máxima: 100 páginas.



INDICE

TABLA DE CONTENIDOS	vi
Índice de tablas.....	vi
Índice de gráficos.....	viii
Índice de figuras	ix
Lista de abreviaturas	xi
INTRODUCCIÓN	1
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y ASPECTOS METODOLÓGICOS.....	3
1.1. Planteamiento del problema y justificación	3
1.2. Objetivos	5
1.1.1. Objetivo general:.....	5
1.1.2. Objetivos específicos:	5
1.3. Alcance del proyecto:.....	5
2. DISEÑO VIAL ORIENTADO A LA MOVILIDAD SOSTENIBLE Y MEDIDAS PARA REDUCIR LA ACCIDENTALIDAD	6
2.1. Movilidad sostenible.....	6
2.2. La movilidad en la planificación urbanística	7
2.3. Diseño universal orientado aplicado a la movilidad peatonal	8
2.4. Medidas De Tráfico Calmado.....	8
2.5. Criterio de diseño de los manuales nacionales e internacionales	10
2.5.1. Aceras.....	11
2.5.2. Vía	16
2.5.3. Ciclovía	20
2.5.4. Elementos estéticos y naturales.....	20
2.5.5. Elementos viales particulares	22
3. METODOLOGÍAS Y HERRAMIENTAS PARA EVALUAR LAS CONDICIONES VIALES EN LAS ETAPAS DEL CICLO DE VIDA DE UN PROYECTO	25
3.1. Ciclo de vida de un proyecto en ingeniería civil.....	25
3.1.1 Ramas de la ingeniería civil donde se desarrollan proyectos.....	25
3.1.2 Etapas del ciclo de vida de un proyecto vial.....	25
3.2. Metodologías y herramientas para evaluar las condiciones viales	26
3.2.1 Enfoque relacionado a la seguridad vial.....	26
3.2.2 Enfoque relacionado a la capacidad y nivel de servicio	27
3.2.3 Programas computacionales para el análisis comparativo de situaciones.....	28
3.3. Metodologías relacionadas con la capacidad y nivel de servicio.....	30
3.3.1 Metodologías para evaluar el nivel de servicio peatonal (PLOS)	30

3.3.2	Procedimiento detallado de seis metodologías para evaluar el nivel de servicio peatonal (PLOS)	36
3.4.	Metodologías relacionadas con la seguridad vial	43
3.4.1	Auditoría de seguridad vial	43
3.4.2	Inspecciones de seguridad vial	43
3.4.3	Metodologías para el tratamiento de zonas con alta tasa de accidentalidad o puntos negros	45
3.5.	Herramientas para evaluar el nivel de servicio vehicular	47
3.5.1	Metodología del HCM para evaluar el nivel de servicio vehicular en una intersección semaforizada	47
3.5.2	Metodología del HCM para evaluar el nivel de servicio vehicular en una intersección controlada por una señalización de pare	47
3.5.3	Programa computacional Synchro 8	48
4.	APLICACIÓN	50
4.1.	Descripción del distrito de Independencia	50
4.1.1	Antecedentes de infraestructura peatonal	50
4.1.2	Zonificación	51
4.2.	Casos de estudio	53
4.2.1	Delimitación de la zona de estudio	53
4.2.2	Elección de los casos de estudios	53
4.2.3	Ubicación de los casos de estudio:	56
4.3.	Visita de campo	56
4.3.1	Intersección de las avenidas Chinchaysuyo y Tupac Amaru	57
4.3.2	Intersección de las avenidas los alisos y Tupac Amaru	57
4.4.	Levantamiento del sitio	59
4.4.1	Medición	60
4.5.	Recolección de datos	60
4.5.1	Demora en intersecciones	61
4.5.2	Velocidad de punto	62
4.5.3	Volúmenes de tránsito	64
4.5.4	Observación de los dispositivos de control	67
4.5.5	Diagramas de conflicto	69
4.6.	Aplicación del software Synchro y la metodología del Highway Capacity Manual (HCM) para la elección de la intersección a rediseñar	71
4.6.1	Aplicación de la metodología del HCM	71
4.6.2	Aplicación del software Synchro	73
4.6.3	Elección de una intersección para ser rediseñada	77
4.7.	Evaluación del nivel de servicio peatonal en la intersección de las avenidas Tupac Amaru y la avenida los alisos	79

4.7.1	Resultados de los PLOS	79
4.7.2.	Hallazgos y recomendaciones	80
4.8.	Análisis de la intersección desde el punto de vista de seguridad	83
4.8.1	Inspección de seguridad vial.....	83
4.8.2	Aplicación de metodologías para tratamiento de puntos negros	86
5.	PROPUESTA DE REDISEÑO DE LA INTERSECCIÓN	87
5.1.	Resumen de los problemas identificados tras la aplicación de las metodologías	87
5.1.1	Infraestructura que debe ser modificada	87
5.1.2	Configuraciones semafóricas que deben ser agregadas y modificadas.....	89
5.2.	Aplicación del software Synchro para simular alternativas.....	89
5.2.1.	Propuestas.....	89
5.2.2.	Propuesta final	92
5.3.	Aplicación de los manuales de diseño	94
5.4.	Planos de rediseño	95
5.5.	Aplicación de las metodologías para evaluar el nivel de servicio peatonal en el rediseño de la intersección	97
5.6.	Inclusión de contramedidas de bajo costo	97
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	99
6.1.	Conclusiones	99
6.2.	Recomendaciones	102
	Bibliografía	104

TABLA DE CONTENIDOS

Índice de tablas

Tabla 1: Tabla de los principios de universalidad	8
Tabla 2: Tabla de anchos mínimos de aceras, estacionamientos, pistas en vías urbanas	17
Tabla 3: Tabla de pendientes máximas en rampas de acuerdo a el desnivel con la pista	24
Tabla 4: Cronología de las metodologías para evaluar el nivel de servicio	32
Tabla 5: Estructura y principales factores que toman en cuenta las principales metodologías PLOS	35
Tabla 6: Metodologías planteadas para ser utilizadas como herramienta de evaluación, la infraestructura que evalúan y el enfoque que tienen	36
Tabla 7: Principales características de accidentalidad en la intersección de las avenidas Chinchaysuyo y Tupac Amaru	55
Tabla 8: Principales características de accidentalidad en la intersección de las avenidas los alisos y Tupac Amaru	56
Tabla 9: Observaciones en la intersección de las avenidas Chinchaysuyo y Tupac Amaru tras la visita de campo	57
Tabla 10: Observaciones en la intersección de las avenidas los alisos y Tupac Amaru tras la visita de campo.....	58
Tabla 11: Demora en la intersección por el acceso Túpac Amaru norte	61
Tabla 12: Demora en la intersección por el acceso los alisos este.....	62
Tabla 13: Demora en la intersección por el acceso los alisos oeste.....	62
Tabla 14: Longitudes recomendadas para estudios de velocidad de punto	63
Tabla 15: Resultados de la velocidad de punto en cada uno de los accesos de la intersección de la avenida los alisos y Tupac Amaru	63
Tabla 16: Cantidad de vehículos que giran a la derecha desobedeciendo la señal de rojo desde la avenida Tupac Amaru hacia la avenida los alisos.....	68
Tabla 17: Cantidad de vehículos que giran a la derecha desobedeciendo la señal de rojo desde la avenida los alisos hacia la avenida Tupac Amaru.....	68
Tabla 18: Maniobras peligrosas más comunes en la intersección de las avenidas Tupac Amaru y los alisos	70
Tabla 19: Factor de equivalencia de otros tipos de vehículos a vehículos ligeros...71	
Tabla 20: Datos de salida tras la aplicación de la metodología del HCM en la intersección semaforizada del cruce de Chinchaysuyo y Tupac Amaru	72

Tabla 21: Datos de salida tras la aplicación de la metodología del HCM en la intersección regulada por pare del cruce de Chinchaysuyo y Tupac Amaru	72
Tabla 22: Datos de salida tras la aplicación de la metodología del HCM en la intersección semaforizada del cruce de los alisos y Tupac Amaru.....	73
Tabla 23: Resumen de resultados en la intersección semaforizada de Chinchaysuyo y Tupac Amaru.....	76
Tabla 24: Resumen de resultados en la intersección regulada por pare de Chinchaysuyo y Tupac Amaru.....	77
Tabla 25: Resumen de resultados en la intersección semaforizada de los alisos y Tupac Amaru.....	77
Tabla 26: Designación numeral a las aceras.....	79
Tabla 27: Resumen de resultados tras la aplicación de metodologías que evalúan nivel de servicio peatonal en los segmentos	80
Tabla 28: Resumen de resultados tras la aplicación de metodologías que evalúan nivel de servicio peatonal en las pasarelas	80
Tabla 29: Modificaciones que cada metodología sugiere debe hacerse en cada una de las seis aceras para mejorar el nivel de servicio peatonal.....	81
Tabla 30: Modificaciones que cada metodología sugiere debe hacerse en cada una de las cuatro pasarelas y en la intersección para mejorar el nivel de servicio peatonal	82
Tabla 31: Tabla de hallazgos y recomendaciones tras la inspección de seguridad vial (parte 1).....	84
Tabla 32: Tabla de hallazgos y recomendaciones tras la inspección de seguridad vial (parte 2).....	85
Tabla 33: Tabla de hallazgos y recomendaciones tras aplicar la metodología para el tratamiento de puntos negro.....	86
Tabla 34: Asignación por una letra o número de la infraestructura.....	87
Tabla 35: Modificaciones que se tienen que hacer en la intersección de la avenida los alisos y Tupac Amaru	88
Tabla 36: Reglamentos nacionales e internacionales que se previeron iban a ser aplicados.....	94
Tabla 37: Modificaciones geométricas finales aplicadas a la intersección de avenidas los alisos y Tupac Amaru	96
Tabla 38: Resultados de las metodologías que evalúan el nivel de servicio peatonal en las aceras del rediseño final	97
Tabla 39: Resultados de las metodologías que evalúan el nivel de servicio peatonal en las pasarelas del rediseño final	97

Tabla 40: Medidas de bajo costo que se desean considerar en el rediseño final y la designación alfanumérica que se le da a la infraestructura	98
---	----

Índice de gráficos

Gráfico 1: Banda estimada de costo de medidas de mitigación v/s etapa en la cual se aplica.....	26
Gráfico 2: Cuadro de las estrategias preventivas y reactivas con el enfoque de seguridad vial	26
Gráfico 3: Diagrama de las categorías de análisis de los programas computacionales	29
<i>Gráfico 4: Mapa conceptual que ordena a los principales modelos para evaluar el PLOS de acuerdo a los 3 enfoques.....</i>	<i>33</i>
<i>Gráfico 5: Mapa conceptual que ordena a los principales modelos para evaluar el PLOS de acuerdo a los 3 enfoques, en el caso que los métodos engloben más de un enfoque</i>	<i>34</i>
Gráfico 6: Diagrama que muestra las diferentes estructuras dentro del sistema vial	35
Gráfico 7: Diagrama de flujo mostrando la metodología del HCM para intersecciones semaforizadas.....	37
Gráfico 8: Diagrama de flujo mostrando la metodología para calcular el PLOS en los segmentos.....	38
Gráfico 9: Cuadro que muestra el valor de LOS y el nivel de servicio asociado	39
Gráfico 10: Cuadro que muestra el rango de scores	40
Gráfico 11: Cuadro que muestra el valor de LOS y el nivel de servicio asociado	41
Gráfico 12: Cuadro que muestra el valor de LOS y el nivel de servicio asociado	42
Gráfico 13: Cuadro para calificar el nivel de servicio de la A hasta la F	42
Gráfico 14: Diagrama mostrando los pasos y responsables de una ASV/ISV	45
Gráfico 15: Metodología para el análisis de puntos negros	47
Gráfico 16: Diagrama mostrando la metodología del HCM para evaluar el nivel de servicio vehicular en una intersección controlada por señal de pare	48
Gráfico 17: Diagrama mostrando la metodología del HCM para evaluar el nivel de servicio vehicular en una intersección semaforizadas	48
Gráfico 18: Procedimiento básico para obtener el evaluar una intersección en el software Synchro.....	49
Gráfico 19: Procedimiento para el levantamiento del sitio	60

Gráfico 20: Cuadro que resume las recomendaciones respecto a las configuraciones semafóricas.....	89
---	----

Índice de figuras

Figura 1: Conflictos identificados alrededor de la estación Naranjal del Metropolitano	4
Figura 2: Número de personas equivalentes y ordenadas de acuerdo al medio de transporte	6
Figura 3: Diferencia entre accesibilidad y movilidad sostenible	7
Figura 4: Road humps.....	9
Figura 5: Chicane	10
Figura 6: Dimensiones mínimas de acera	12
Figura 7: Franjas en la acera.....	12
Figura 8: Banda podotáctil para alerta o cambio de dirección	15
Figura 9: Guías de alerta.....	15
Figura 10: Disposición geométrica de las bandas podotactiles en vados	16
Figura 11: Disposición de espacios en los paraderos y zonas contiguas (acera y vías)	18
Figura 12: Tipos de zonas en un paradero.....	18
Figura 13: Captura de los alrededores del terminal año 2006	51
Figura 14: Ubicación geográfica de Independencia.....	51
Figura 15: División política de Independencia	52
Figura 16: Plano de zonificación y uso de suelo de Independencia	52
Figura 17: Delimitación de zona de estudio.....	53
Figura 18: Puntos negros cercanos a la intersección de las avenidas Chinchaysuyo y Tupac Amaru.....	55
Figura 19: Puntos negros cercanos a la intersección de las avenidas los Alisos y Tupac Amaru.....	55
Figura 20: Ubicación de las zonas de estudio	56
Figura 21: Cámara filmadora SONY modelo HDR-CX455 y un trípode.....	64
Figura 22: Movimientos de los vehículos.....	65
Figura 23: Posicionamiento de la cámara para empezar a grabar	65
Figura 24: Flujos peatonales	66
Figura 25: Posibles movimientos vehiculares en la intersección	66
Figura 26: Posicionamiento de la cámara para empezar a grabar	67

Figura 27: Croquis mostrando ubicación de semáforos en la intersección de las avenidas Tupac Amaru y los alisos	68
Figura 28: Secuencia de fases entre la avenida Tupac Amaru y los alisos	68
Figura 29: Croquis mostrando ubicación de semáforos en la intersección de las avenidas Chinchaysuyo y Tupac Amaru	69
Figura 30: Secuencia de fases entre la avenida Tupac Amaru y Chinchaysuyo	69
Figura 31: Grupos de carril en la intersección semaforizada y tipos pare en el cruce de las avenidas Chinchaysuyo y Tupac Amaru	72
Figura 32: Grupos de carril en la intersección semaforizada en el cruce de las avenidas los alisos y Tupac Amaru	73
Figura 33: Pestaña mostrando la geometría de la intersección semaforizada del cruce de Chinchaysuyo y Tupac Amaru en el software Synchro.....	74
Figura 34: Pestaña mostrando los datos de salida de la intersección semaforizada del cruce de Chinchaysuyo y Tupac Amaru en el software Synchro	74
Figura 35: Pestaña mostrando la geometría de la intersección regulada por señal de pare del cruce de Chinchaysuyo y Contisuyo en el software Synchro.....	75
Figura 36: Pestaña mostrando los datos de salida de la intersección regulada por señal de pare del cruce de Chinchaysuyo y Contisuyo en el software Synchro	75
Figura 37: Pestaña mostrando la geometría de la intersección semaforizada del cruce de los alisos y Tupac Amaru en el software Synchro	76
Figura 38: Pestaña mostrando los datos de salida de la intersección semaforizada del cruce de los alisos y Tupac Amaru en el software Synchro	76
Figura 39: Distribución del tiempo semafórico tras optimización en la intersección semaforizada del cruce de Chinchaysuyo y Tupac Amaru en el software Synchro	77
Figura 40: Pestaña mostrando la demora y el score del nivel de servicio para el movimiento y el acceso, en la intersección de las avenidas Chinchaysuyo y Tupac Amaru con el software Synchro.....	77
Figura 41: Distribución del tiempo semafórico tras la primera optimización en la intersección semaforizada del cruce de los alisos y Tupac Amaru en el software Synchro.....	78
Figura 42: Distribución del tiempo semafórico tras la segunda optimización en la intersección semaforizada del cruce de los alisos y Tupac Amaru en el software Synchro.....	78
Figura 43: Pestaña mostrando la demora y el score del nivel de servicio para el movimiento y el acceso, tras la segunda optimización en la intersección semaforizada del cruce de Chinchaysuyo y Tupac Amaru con el software Synchro	79
Figura 44: Designación que se le da a pasarelas y esquinas.....	80

Figura 45: Configuración de tiempo para la primera propuesta de rediseño	90
Figura 46: Distribución de fases en el tiempo semafórico para la propuesta de rediseño 1	90
Figura 47: Configuración de tiempo para la segunda propuesta de rediseño	92
Figura 48: Distribución de fases en el tiempo semafórico para la propuesta de rediseño 2	92
Figura 49: Configuración de tiempo para la propuesta de rediseño final	93
Figura 50: Distribución de fases en el tiempo semafórico para la propuesta de rediseño final	94

Lista de abreviaturas

CNSV	Consejo Nacional de Seguridad Vial
MTC	Ministerio de transporte y comunicaciones
HCM	Highway capacity manual
IDU	Instituto desarrollo humano
RNE	Reglamento nacional de edificación
FHWA	Federal Highway Administration
CONASET	Comisión nacional de seguridad de tránsito
QLOS	Quality level of service
PLOS	Pedestrian level of service
LOS	Level of service
TRB	Transportation Research Board
ASV	Auditoría de Seguridad Vial
ISV	Inspección de Seguridad Vial
INEI	Instituto nacional de estadística e informática
BRT	Bus rapid transit

INTRODUCCIÓN

La inseguridad en las vías urbanas y carreteras del Perú es un reto por superar para la ingeniería civil. Podemos ver la magnitud del problema si consideramos que después de un accidente de tránsito el 74% de los ocupantes mueren o terminan con alguna secuela. Para revertir esta situación se plantearon medidas preventivas y leyes para sancionar a los malos conductores; sin embargo, no se redujo la tendencia de 100 000 accidentes de tránsito con 57000 heridos y 3000 muertos anualmente en promedio (Policía Nacional del Peru, 2016).

La principal causa de la elevada tasa negativa es que en el decenio pasado el Perú asimiló modelos con alta entropía, que consistía en construir más infraestructura para el vehículo con el objetivo de mejorar la seguridad vial y el transporte urbano, como se aplicó en los Ángeles (Tabasso, 2000). Estos dispositivos y elementos arquitectónicos por lo general aislaban al peatón y lo obligaban a seguir rutas para nada accesibles ni inclusivas.

Esta situación generó que la percepción de seguridad de los conductores se elevará (homeostasis del riesgo), creyendo que podían circular a velocidades mayores, además si agregamos el rechazo de los grupos vulnerables a utilizar tales infraestructuras devino en la gran cantidad de muertos y heridos (Tabasso, 2000). Especialistas del tema, con conocimiento en medidas exitosas del extranjero, propusieron dos modelos: el modelo de vías indulgentes y la visión cero.

Los modelos además de reducir los accidentes, es decir mejorar la transitividad, incorporan el concepto de accesibilidad sostenible a través de las Auditorías de Seguridad Vial (ASV). Esto último es el proceso de chequeo que busca garantizar la facilidad y seguridad de todos los usuarios al transitar por una vía (Torres & Alina, 2015). Además, las infraestructuras deberían ser enfocadas al transporte público y no al privado un ejemplo: es el Sistema Metropolitano de Transporte o "El Metropolitano". El cual es muy utilizado por los beneficios que brinda, por ejemplo: comodidad, bajos niveles de tráfico, reducida contaminación medioambiental, buen servicio y excelente seguridad. Características que lo diferencian del sistema tradicional de combis, buses, cústeres y microbuses.

Por las excelentes características que brinda el Metropolitano se tienen a diario 700 mil viajes diarios con una cantidad aproximada de un millón de personas en la ruta troncal (Instituto Metropolitano PROTRANSPORTE de Lima, 2018). Esto genera que en el terminal Naranjal (Norte) se formen largas colas para abordar los buses, así como gran cantidad de accidentes de tránsito. El principal motivo es que los conductores no están dispuestos a ceder el paso a esta gran demanda de usuarios que no les queda más remedio que exponer sus vidas por alcanzar un espacio en el bus. Solo en el 2015 la cantidad de accidentes alrededor de los dos accesos por las avenidas Los Alisos y Chinchaysuyo fueron, 3 y 32 respectivamente ((MTC), 2015).

Estos hechos han cambiado el paradigma actual, los diseñadores y planificadores urbanos aplican las denominadas metodologías multimodales. Estas metodologías se basan en los enfoques de los cuatro principales usuarios de la vía (peatones, automóviles, ciclistas y transporte público) para diseñar infraestructura. El Highway capacity manual (HCM 2010) tiene procedimientos para evaluar el nivel de servicio desde el enfoque de cada usuario basándose primordialmente en la capacidad y volúmenes. Debido a que el comportamiento de los peatones es impredecible es necesario complementar la metodología del HCM 2010 con otras herramientas como son: metodologías para evaluar el nivel de servicio peatonal (pedestrian level of service, PLOS por sus siglas en inglés) basados en las características geométricas o factores socioeconómicos y herramientas para mejorar la seguridad vial (auditorias e inspecciones de seguridad vial).

A través de estas herramientas resulta más sencillo comenzar el diseño. El presente trabajo, a través de diferentes manuales de diseño de espacios públicos, mostrará un rediseño de una intersección que circunde al terminal. Esto se conseguirá apoyándose metodologías de análisis peatonal, aplicación del software Synchro y los manuales para diseño de intersecciones.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y ASPECTOS METODOLÓGICOS

1.1. Planteamiento del problema y justificación

En el Perú, diversas instituciones se han preocupado por la seguridad vial. Desde la creación del Consejo Nacional de Seguridad Vial (CNSV) en 1996, se han desarrollado programas sociales para la promoción de la seguridad vial y la prevención de accidentes peatonales. En la actualidad, el estado asume estos temas como problemas de seguridad ciudadana y salud pública.

El Ministerio de transporte y comunicaciones (MTC), publicó el “Manual de la seguridad vial 2017” donde provee a los ingenieros de tráfico, planificadores y arquitectos herramientas para identificar las causas de los accidentes (hayan ya sucedido o se presuponen pueden suceder) y modificar la geometría. Siendo estas herramientas preventivas y correctivas, y las hay para cada una de las etapas de un proyecto vial.

Sin embargo, esta iniciativa no es completa ya que no existe un manual de vías urbanas que evalúe la percepción de calidad de servicio que una infraestructura este brindando a cada uno de los usuarios (peatones, automóviles, ciclistas y transporte público). Más aún el concepto de nivel de servicio solo se ve en el “Manual de Carreteras-Diseño Geométrico 2018”, y solo se toma en cuenta a los vehículos.

El procedimiento para evaluar el nivel de servicio vehicular para las carreteras no es más que la metodología del Highway capacity manual 2010 (HCM). Este último se basa en la capacidad y volumen que pueda ser correctamente canalizada en la infraestructura, apoyándose en programas computacionales que tienen la capacidad de simular macroscópicamente, mesoscópica y microscópica.

El problema surge si en algún momento el estado peruano aprueba aplicar el procedimiento multimodal del HCM en las vías urbanas y carreteras. Y es que el comportamiento de los peatones abarca más que solo transportarse libremente (flujo libre). Hay otros factores como son la comodidad, accesibilidad, deleite con el entorno (estética) y protección que también influyen en la percepción de calidad de los peatones.

Para probar como sería un rediseño considerando la variedad de factores que influyen en la calidad de servicio que brinda una infraestructura a los peatones, fue necesario elegir los alrededores de algún edificio por el que haya gran flujo de

peatones y que de acuerdo a la data tenga problemas de accidentalidad. Fue así que llamó la atención el terminal norte Naranjal donde debido a la alta demanda de personas que utilizan el Metropolitano, hay una gran cantidad de conflictos en los horarios de 6 a 9 am y de 5 a 8 pm, como puede verse en la figura 1.



*Figura 1: Conflictos identificados alrededor de la estación Naranjal del Metropolitano
Fuente: Captura propia*

Conociéndose esta situación surgen algunas interrogantes. ¿Qué se debe cambiar del actual diseño de las intersecciones o veredas alrededor del terminal norte del metropolitano?, ¿Será necesario adicionar infraestructura peatonal?, ¿Habrá manuales especializados en el tema que se adecuar a la normativa peruana?, ¿Se podrá conseguir resultados que favorezcan tanto a conductores como peatones?, ¿El rediseño no excluirá a las personas más vulnerables: niños, ancianos y personas con discapacidad?

Para responder estas interrogantes esta tesis a través de diferentes manuales de diseño de espacios públicos, mostrará un rediseño de los accesos y avenidas aledañas al terminal norte del Metropolitano. Esto se conseguirá apoyándose metodologías de análisis peatonal, aplicación del software Synchro y los manuales para diseño de intersecciones.

1.2. Objetivos

1.1.1. Objetivo general:

Mejorar la seguridad vial peatonal y el nivel de servicio vehicular en la intersección de la avenida Túpac Amaru y los alisos, a través de un diseño equitativo.

1.1.2. Objetivos específicos:

- Identificar la infraestructura que debe ser modificada o adicionada, a partir de las listas de hallazgos que se obtienen de la aplicación de las metodologías determinísticas para el análisis la calidad de servicio de una infraestructura.
- Optimizar la programación semafórica con el software Synchro, mejorar la señalización vertical y horizontal, y complementar con medidas de bajo costo en la propuesta final.
- Cumplir los parámetros geométricos que exige la reglamentación nacional y guías internacionales.

1.3. Alcance del proyecto:

La presente tesis analiza la intersección de las avenidas los alisos y Túpac Amaru desde los enfoques vehicular y peatonal. Como resultado del análisis se obtendrá una lista de hallazgos para proponer modificaciones geométricas alrededor de la intersección. Aquellas metodologías que se realizan a través de un procedimiento formal por un grupo de especialistas, por ejemplo, las inspecciones de seguridad vial, se aplicaran solo con fines académicos (conocer el método). Las modificaciones geométricas deberán cumplir con la normativa peruana y en el caso de ausencia de lineamientos se utilizarán guías extranjeras. Como producto final se realizará planos que muestren el rediseño inclusivo y la señalización. Estos planos se complementan con las medidas de bajo costo y una buena configuración semafórica. Una limitación, y a la vez fin exploratorio de la tesis, es que las mediciones en campo las realice una sola persona (sin ayudantes), y que se está considerando las intersecciones que llegan al Terminal Naranjal por separado. Finalmente, en la presente tesis no abarcará el cálculo del costo del proyecto y solo se utilizará programas computacionales macroscópicos para incluir el enfoque vehicular.

2. DISEÑO VIAL ORIENTADO A LA MOVILIDAD SOSTENIBLE Y MEDIDAS PARA REDUCIR LA ACCIDENTALIDAD

2.1. Movilidad sostenible

La evolución desde la circulación a la promoción del transporte público masivo ha sido evidentemente un avance en la forma en que se enfrentan los problemas de transporte y tránsito de una ciudad. Esta situación ha contribuido a disminuir los problemas de efecto barrera o segregación del territorio, ya que no se necesitan infraestructuras viales para enormes capacidades de vehículos, como se ve en la figura 2.



Figura 2: Número de personas equivalentes y ordenadas de acuerdo al medio de transporte
Fuente: Cycling Promotion Fund (CPF), 2012

Como menciona Amando Negri: “(...) la evolución desde el transporte público masivo hacia la movilidad requiere preocuparse por las necesidades de movimiento de las personas y de las mercancías sin que sea imprescindible el vehículo automotor.” (Dextre Quijandria & Avellaneda, Movilidad en zonas urbanas, 2014)

Esto da como resultado que para el diseño vial se considere no solamente a los vehículos motorizados sino a otros usuarios como son los ciclistas, los motorizados y los peatones (con mayor énfasis en las personas con movilidad reducida, anciano y niños). Esto resulta contradictorio puesto que lo que resulta un buen diseño para un grupo resulta uno malo para otro.

Sin embargo, aquel diseño que pueda ser eficazmente utilizado por el grupo de usuarios más críticos como son las personas con movilidad reducida, entonces debe permitir el paso seguro y cómodo de todos los usuarios. Por ejemplo, se plantea construir una rampa de 0.9 m, pero para que todos sean beneficiados se ensancha la rampa hasta las dimensiones del cruce.

Para incluir el término sostenibilidad al concepto de movilidad, es necesario fomentar en los medios de transporte faciliten los desplazamientos con el menor impacto

ambiental y social. En este punto hay que diferenciarlo del término accesibilidad sostenible que es acceder a bienes, servicios y contactos sin depender en la medida de los medios de transporte

La movilidad sostenible y la accesibilidad sostenible no son excluyentes, sino complementarias. Para que la ciudad funcione lo mejor posible el uso del suelo debe ser pensado en favorecer los desplazamientos cortos, especialmente a pie y en bicicleta, es decir, se necesita accesibilidad sostenible en los barrios. A su vez, para aquellos viajes fuera de la zona de residencia de la población se debe contar con un sistema de transporte público masivo lo cual permitiría una movilidad sostenible entre barrios, esto se ve en la figura 3.

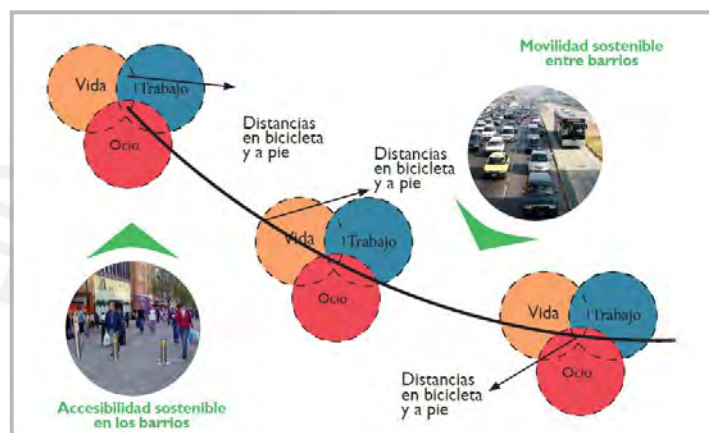


Figura 3: Diferencia entre accesibilidad y movilidad sostenible
Fuente: Dextre Quijandria & Avellaneda, 2014

2.2. La movilidad en la planificación urbanística

Dada la reciprocidad existente entre la ciudad y la movilidad se hace necesaria la integración de la movilidad en la planificación urbanística, para que no se dé la problemática histórica de planificar la ciudad y después resolver los problemas de movilidad. Las características urbanas que más afectan a la movilidad son: la multifuncionalidad, en tanto que reducen las distancias y favorecen el uso de los medios de transporte no motorizados; el diseño urbano, que puede permitir los desplazamientos en medios no motorizados mediante itinerarios peatonales lógicos y seguros.

Siguiendo en esta línea, afectan a la movilidad la organización del tráfico, la oferta de aparcamiento para el coche en el espacio público incide también en la oferta de este medio de transporte; las densidades urbanas, que inciden en el uso de los distintos medios de transporte; la extensión de las pautas de la ciudad suburbana de baja densidad, que sigue el modelo norteamericano, reduce la posibilidad de oferta de transporte masivo, al mismo tiempo que favorece y justifica el uso del vehículo

privado como único medio y el diseño inclusivo significa diseñar productos, servicios o entornos que la mayor cantidad de usuarios puedan utilizar, independientemente de la edad o habilidades.

2.3. Diseño universal orientado aplicado a la movilidad peatonal

También llamado diseño universal se basa en los siete principios: uso equitativo, flexibilidad en el uso, uso sencillo e intuitivo, información perceptible, tolerancia al error, esfuerzo físico reducido y el tamaño para acercarse y usar. A su vez cada uno de estos principios tienen requisitos mínimos, esto se puede observar en la tabla 1, que se proporciona de la guía práctica de movilidad urbana IDU.

*Tabla 1: Tabla de los principios de universalidad
Fuente: Instituto desarrollo urbano, 2005*

LEY DE UNIVERSALIDAD	
Primer principio: Uso equitativo	El espacio debe ser utilizado por todos en igualdad de condiciones, o de lo contrario en condiciones equivalentes
	El espacio debe evitar segregar o estigmatizar a cualquier usuario
	Los elementos o áreas reservadas para el peatón con movilidad reducida deben estar disponibles para todos los usuarios
	El espacio diseñado debe ser atractivo para todos los usuarios
Segundo principio: Flexibilidad en el suelo	El espacio debe ofrecer opciones para su movilidad
	En lo posible debe dar la posibilidad de ser usado por diestros y zurdos
	Se debe facilitar la exactitud y la precisión del usuario
Tercer principio: Uso sencillo e intuitivo	Se debe brindar adaptabilidad al ritmo del usuario
	Se debe eliminar las complejidades innecesarias
	Los espacios deben estar organizados de tal forma que el itinerario del peatón sea lógico y secuencial con su recorrido
Cuarto principio: Información perceptible	La señalización debe proporcionar comentarios eficientes durante y después de los recorridos
	Usar los medios gráficos, táctiles, verbales para informar al usuario de sus derechos y deberes
	Proporcionar un contraste entre la información esencial y su entorno
	Optimizar la "legibilidad" de la información esencial
Quinto principio: Tolerancia al error	Ofrecer compatibilidad con diversas técnicas o dispositivos usados por los peatones que tienen limitaciones sensoriales
	Los elementos del espacio se deben organizar de tal forma que minimice los riesgos y los errores
	Informar o advertir sobre la posibilidad de riesgo o error
Sexto principio: Esfuerzo físico reducido	La señalización del espacio debe ser tal que desaliente la acción inconsciente en tareas que requieran atención
	Debe permitirse que el usuario conserve una posición corporal neutral
	Se debe preocupar que los usuarios utilicen su fuerza razonablemente al realizar un itinerario
Séptimo principio: Tamaño y espacio para acercarse y usar	Los recorridos en lo posible deben evitar acciones repetitivas
	Se debe proporcionar una línea de visión clara hacia los elementos, importantes para cualquier
	Los elementos deben ser alcanzados por cualquier usuario, este sentado o de pie
	Se deben ajustar las variaciones al tamaño de la mano y el puño
	Se debe proporcionar un espacio adecuado para el uso de dispositivos de asistencia o ayuda personal

2.4. Medidas De Tráfico Calmado

Ya se ha comentado acerca de las acciones que deberían tomar los gobiernos locales. En esta sección se explicará que elementos se sugieren agregar a las vías urbanas para reducir la accidentalidad. Tal como lo indica su nombre, son medidas que apuntan a calmar las velocidades vehiculares. Si bien su aplicación se vincula mayormente a sitios puntuales (o tramos), este enfoque ha ido evolucionado hacia un enfoque integral de "tráfico calmado", y cuyo objetivo es producir una red vial por

la cual se conduce calmadamente y en forma segura, a una velocidad apropiada para el entorno y para los usuarios más vulnerables. Sostiene como principio que la apariencia de la vía debe transmitir al conductor la velocidad adecuada, idealmente la velocidad debiera ser auto- acatable.

Las medidas calmantes se pueden clasificar en cuatro tipos: medidas calmantes con deflexiones verticales, medidas calmantes con deflexiones horizontales, medidas calmantes con elementos que inciden en percepción y las medidas calmantes de Gestión de tránsito

Medidas calmantes con deflexiones verticales

Consiste en modificar la geometría de la vía en el sentido vertical, para lo cual se construye alguna de las formas que pueden tener los denominados road humps, que, a diferencia de los reductores de velocidad, son diseñados para la velocidad máxima permitida. La ventaja es que cuando se pasa por encima de estos dispositivos a velocidades mayores a las permitidas la molestia es notoria, mientras que a menor velocidad se puede pasar suavemente sin dañar el vehículo, lo cual se ve en la figura 4.



Figura 4: Road humps

Fuente: Comisión nacional de seguridad de tránsito (CONASET), 2010

Medidas calmantes con deflexiones horizontales

Consiste en modificar la geometría de la vía en el sentido horizontal, diseñando lo que comúnmente se conoce con el nombre de chicanes. Si su diseño permite el paso de vehículos de grandes dimensiones, por lo general no contribuirá a disminuir en forma significativa la velocidad de los vehículos pequeños. La isla que se utilizan para diseñar este tipo de control puede servir de refugio para los peatones que quieran cruzar la vía, esto se ve en la figura 5.

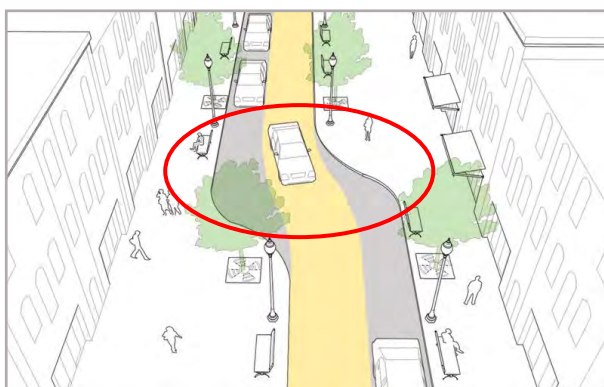


Figura 5: Chicane
Fuente: (NACTO), 2018

Medidas calmantes con elementos que inciden en percepción

Consiste en cambiar el color del pavimento o su textura, de tal manera que sea claro que la prioridad no es de los vehículos, sino de los peatones y ciclistas. En estos casos es necesario colocar la señalización correspondiente, que le dé la autoridad al personal encargado de la vigilancia

Medidas calmantes de Gestión de tránsito

Este método consiste en tener restricciones a algunos movimientos (sentidos de circulación o prohibiciones de giro a la izquierda), restricciones de parqueo y restricciones de velocidad. En todos los casos el éxito dependerá del nivel de vigilancia. El uso de cámaras es cada día más popular, dado que con este dispositivo se toma una foto al infractor y se le envía la multa a su domicilio adjuntando fotografía.

2.5. Criterio de diseño de los manuales nacionales e internacionales

En esta sección se presentara las especificaciones tecnicas que la normativa nacional exige para diseñar elementos viales o inmobiliario. Estas consideraciones seran importante para el producto que se obtendra de esta tesis, el cual es un plano mostrando el rediseño de la interseccion en estudio.

Los reglamentos,manuales y normas peruanos son los siguientes:

- Manual de la seguridad vial 2017
- Manual de carreteras – Diseño geometrico (MTC) DG – 2018
- Manual de dispositivos de control de transito – 2016
- Reglamento nacional – Código de transito
- Reglamento nacional de edficcaciones

En este punto, es importante notar la inclusion de las consideraciones que tienen manuales y normativas internacionales cuando no se menciona ningun apice en nuestro caso peruano . Sobretodo de aquellos paises que tengan un contexto social, economico y geograficos similar al de nuestro país.

Infraestructura y elementos viales

La infraestructura y elementos viales que se va a desarrollar en esta seccion, son lo que comunmente son observados como ineficientes por las metodologias y herramientas que evaluan la condiciones vehiculares y peatonales. Se han identificados cinco categorias, estas se señalan a continuacion:

- Aceras: ancho minimo, buffer o zona en la que se ubica el mobiliario urbano, espacio para salida de vehiculos de viviendas, radio de giro, bandas podotactiles y pendiente (transversal y longitudinal).
- Via: Ancho de carriles, dimensionamiento de paraderos, estacionamientos permitidos, pendiente (transversal y longitudinal).
- Ciclovía
- Elementos esteticos y naturales: Calidad de superficie, arboles, bolardos, señalizacion vertical y horizontal (visibilidad), postes peatonales y vehiculares (iluminacion)
- Elementos viales particulares: refugio peatonal, cruces peatonales, medianas y rampas

2.5.1. Aceras

Anchura minima

La normativa peruana especifica los detalles geometricos en el articulo 8 de la norma técnica GH.020 Componentes de diseño urbano del reglamento nacional de edificacion (RNE) señala la dimension minima de la acera y se relaciona con el tipo de suelo: vivienda, comercial, industrial o de uso especial. Por otro lado, el Ministerio de de la mujer y poblaciones vulnerables en el 2014 publico la “Guia grafica de la norma A.120 – Accesibilidad para personas con discapacidad y de las personas adultas mayores”. En el articulo 4 de dicha publicacion se menciona: “Se deberán crear ambientes y rutas accesibles que permitan el desplazamiento y la atención de las personas con discapacidad, en las mismas condiciones que el público en general”, en la figura 6 se observa las dimensiones mínimas para cualquier caso.

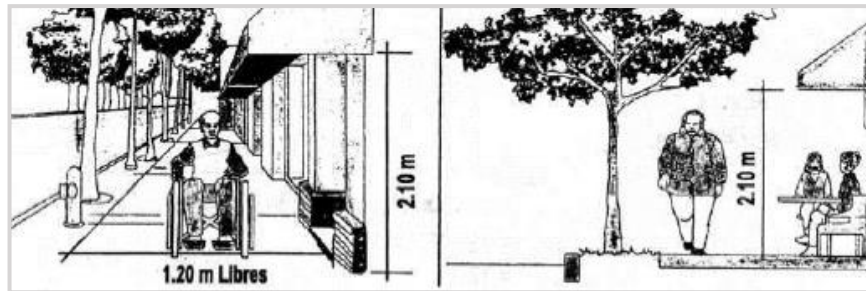


Figura 6: Dimensiones mínimas de acera
Fuente: Ministerio de de la mujer y poblaciones vulnerables, 2014

Por último, en el anexo A4: “Mejoras para diseño de vías seguras”, del manual de la seguridad vial -2017 se mencionan tres procedimientos para calcular la anchura libre mínima de vereda.

Buffer

Es la zona en la que se ubica el mobiliario urbano como: postes, bancas, teléfonos, etc. Se menciona solo en la norma CE.030 del reglamento nacional de edificación (RNE) en donde se detalla un espacio destinado para separar a los ciclistas y peatones de los automóviles de la vía. Por la ausencia de dimensiones mínimas se recurrió a los siguientes manuales internacionales:

a) *Manual de diseño de infraestructura peatonal urbana.*

Este manual fue publicado a partir de observaciones realizadas en la ciudad de Bogotá. En la figura 7 se muestran las tres franjas que constituyen una acera.



Figura 7: Franjas en la acera
Fuente: Jerez & Torres, 2012

Franja de paramento (FP): Es el espacio destinado para dar acceso a las edificaciones, vitrinas comerciales, ventanas.

Franja de circulación peatonal (FCP): Es el espacio libre de cualquier obstáculo destinado exclusivamente para la circulación peatonal.

Franja de mobiliario (FM): Es el espacio destinado para la ubicación de todos los elementos que componen el mobiliario.

b) Pedestrian planning and design guide

Este manual neozelandés publicado el 2008, si especifica un ancho mínimo de buffer y depende del tipo de vía adyacente a la acera.

c) Urban intersection design guide: volumen 1-guidelines

Es una guía aplicada para la realidad estadounidense, ya que la investigación previa se hizo en la ciudad de Texas, y los lineamientos coinciden con la Federal Highway Administration (FHWA). Se sugiere para aceras con bordillo y sardinel, un espacio de buffer de 3ft (9.15 m) es deseable.

d) Guía de diseño de calles e intersecciones para Buenos Aires

La guía está basada en el comportamiento de los usuarios en la ciudad de Buenos Aires. La guía menciona lo siguiente: “Es recomendable que los árboles no sean plantados en zonas de carga y descarga o a menos de 3m. de distancia con la parada de colectivos”.

Espacio para salida de vehículos

En la normativa nacional no se especifica el arreglo geométrico que se debe hacer en la acera en caso que haya salida de vehículos de las viviendas o edificios. Se ha decidido tomar las recomendaciones de una guía internacional.

a) Urban intersection design guide: volumen 1- guidelines

En este guía se explican cuatro tipos de arreglos geométricos, la idea es que se genere una transición entre la acera y la pista que no sea peligrosa. Además, los usuarios como peatones y ciclistas que transitan por la acera no se perjudiquen por la disposición geométrica

Radio de giro

La normativa peruana especifica los detalles geometricos en el Reglamento nacional de edificación (RNE) ,el Manual de la seguridad vial 2017 y el Manual de carreteras – Diseño geometrico (MTC) DG – 2018.

a) Reglamento nacional de edificaciones

El artículo 21 de la Norma técnica GH.020 Componentes de diseño urbano dice: “La unión de las calzadas entre dos calles locales secundarias tendrá un radio de curvatura mínimo de 3m, medido al borde del carril más cercano a la vereda”. Por

otro lado, en el artículo 22 se detalla: “La unión de las calzadas entre dos calles locales principales tendrá un radio de curvatura mínimo de 5m, medido al borde del carril más cercano a la vereda”.

b) Manual de carreteras – Diseño geométrico (MTC) DG – 2018

Entre las páginas 33 y 72, se encuentra información acerca del giro mínimo de vehículos tipo. Se cita lo siguiente del manual: “De esta forma camiones y ómnibus en general, requerirán dimensiones geométricas más generosas que en el caso de vehículos ligeros. Ello se debe a que, en su mayoría, los primeros son más anchos, tienen distancias entre ejes más largas y mayor radio mínimo de giro, que son las principales dimensiones de los vehículos que afectan el alineamiento horizontal y la sección transversal”.

También, en el manual se incluyen 54 figuras en las que se ilustran las trayectorias mínimas obtenidas para los vehículos tipo con las dimensiones máximas establecidas en el Reglamento Nacional de Vehículos. Asimismo, 10 tablas donde se incluyen los radios máximos y mínimos de acuerdo a los ángulos de seis trayectorias descritas.

c) Manual de seguridad vial 2017

En el capítulo 2, Principios y fundamentos de la seguridad vial, precisamente en la parte destinada para tratar el tema de tratamiento de intersecciones se menciona algo respecto al radio de giro. Se cita textualmente. “Las orejas o martillos en las intersecciones sirven para reducir el radio de giro del vehículo y por tanto obliga a reducir la velocidad. Suelen ser extensiones de vereda, y por tanto aumenta la seguridad de los peatones en los cruces al tener que recorrer menos espacio en la calzada y mejorar la visibilidad al impedir que haya vehículos estacionados”.

Banda podotactil

No se ha encontrado alguna disposición o artículo de la normativa nacional que se refiera al tema de banda podotáctiles. Lo único que se tiene son disposiciones municipales.

a) Ordenanza que regula la accesibilidad universal y fomenta la inclusión en el distrito de Miraflores. ORDENANZA N° 454/MM

Ya que los gobiernos locales gozan de autonomía política, económica y administrativa en los asuntos de su competencia, proponen normas sobre barreras arquitectónicas y de accesibilidad.

Con respecto a las bandas podotáctiles se menciona en el artículo 30. La banda podotáctil es una ruta accesible señalizada en el pavimento a través de cambios de textura y color. Sirve para guiar en su desplazamiento y brindar seguridad a las personas con discapacidad visual. Según sus características y colores, las guías o bandas táctiles indican avance o alerta. Señalan el camino y las esquinas que culminan en una rampa para cruzar la calle, conectarse con un paradero o derivar hacia servicios importantes.”

Las guías de avance o circulación deberán utilizarse en rutas peatonales turísticas y/o rutas de circulación en zonas de transporte público. Como puede verse en la figura 8 pueden indicar avance recto o casi recto y avance con giros cerrados (los giros superiores a 45° deberán señalizarse con textura de alerta).

Las guías de alerta, como las de la figura 9, deberán utilizarse en lugares donde se requiera advertir de una situación de riesgo como bordes de cruces peatonales, inicio y final de rampas y escaleras mecánicas, paraderos de transporte público, ascensores, salidas de vehículos en veredas y en general en cambio de nivel.



Figura 8: Banda podotáctil para alerta o cambio de dirección

Fuente: Municipalidad de Miraflores, 2016

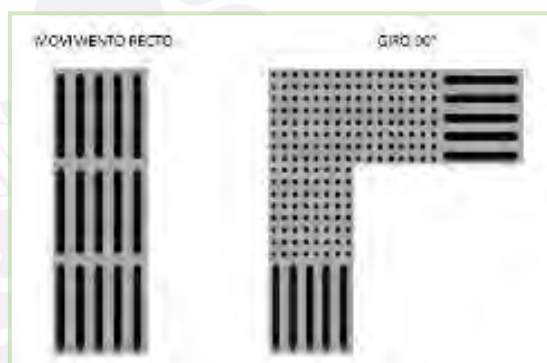


Figura 9: Guías de alerta

Fuente: Municipalidad de Miraflores, 2016

Debido a que no se encontró algunas limitaciones geométricas se tuvo que recurrir a la fuente “Accesibilidad para personas con ceguera y deficiencia visual”. Lo más resaltante que se saca de esta publicación son las dimensiones de las bandas podotáctiles. La figura 10 muestra cómo es la disposición geométrica cuando se tiene una rampa de dos o tres vados

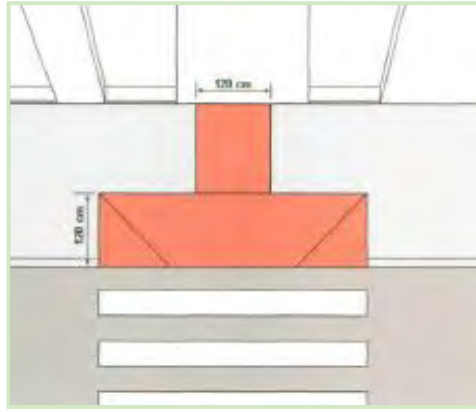


Figura 10: Disposición geométrica de las bandas podotactiles en vados
Fuente: Organización Nacional de Ciegos Españoles (ONCE), 2003

Pendiente transversal y longitudinal

En las normas y reglamentos peruanos solo se encuentra una mención acerca de la pendiente longitudinal y transversal de las aceras. Esto se puede encontrar en el artículo 18 de la Norma técnica GH.020 Componentes de diseño urbano (RNE). En este artículo no especifica límites mínimos o máximos, esto es preocupante porque las pendientes afectan a los usuarios más vulnerables (ancianos, niños y personas con discapacidad). Para compensar esta deficiencia se ha considerado la información de dos fuentes adicionales.

a) Manual de diseño de infraestructura peatonal urbana

En este manual se recomiendan valores mínimos para la pendiente transversal. Recomienda una pendiente transversal mínima de 1% y máxima del 2% teniendo en cuenta el uso de vados.

Además el manual recomienda que la acera tenga una altura mínima de bordillo de 0.14m. Con el fin de evitar que los vehículos se suban a ellas. No se debe exceder la altura de 0.16 m ni menores a 0.10 m.

b) Urban intersection design guide: volume 1 – guidelines

Este manual recomienda pendientes longitudinales máximas de 5% (1:20). Este límite es ideal para que las personas en silla de rueda puedan moverse sin dificultad en subida.

2.5.2. Vía

Ancho de carriles

Hay que diferenciar que la normativa peruana tiene parámetros diferentes para el contexto urbano y rural. Para el caso del contexto rural o propiamente dicho carreteras se recomienda utilizar el Manual de carreteras : Diseño geométrico (MTC)

DG – 2018. Como el enfoque de esta tesis en el contexto urbano se utiliza la Norma técnica GH.020 Componentes de diseño urbano (RNE), que en el artículo 8 menciona:

“ (...), así como módulos de calzada de 2.70m, 3.00 m, 3.30 m o 3.60 m, tratándose siempre de dos módulos de calzada, de acuerdo al siguiente cuadro (tabla 2):

Tabla 2: Tabla de anchos mínimos de aceras, estacionamientos, pistas en vías urbanas
Fuente: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2011

TIPOS DE VIAS	VIVIENDA		COMERCIAL	INDUSTRIAL	USOS ESPECIALES
VIAS LOCALES PRINCIPALES					
ACERAS O VEREDAS					
ESTACIONAMIENTO					
PISTAS O CALZADAS	SIN SEPARADOR CENTRAL 2 MODULOS DE	CON SEPARADOR CENTRAL 2 MODULOS A CADA LADO DEL SEPARADOR		SIN SEPARADOR 2 MODULOS DE 3,60	SIN SEPARADOR 2 MODULOS DE 3,60
	3,60	3,00	3,30	CON SEPARADOR CENTRAL: 2 MODULOS A CADA LADO	
VIAS LOCALES SECUNDARIAS					
ACERAS O VEREDAS	1,20		2,40	1,80	1,80-2,40
ESTACIONAMIENTO	1,80		5,40	3,00	2,20-5,40
PISTAS O CALZADAS	DOS MODULOS DE 2,70		2 MODULOS DE 3,00	2 MODULOS DE 3,60	2 MODULOS DE 3,00

Dimensionamiento de paraderos

En el Manual de dispositivos de control de tránsito – 2016, se muestra un ejemplo de demarcación para estacionamientos de buses, que son líneas continuas y segmentadas de color blanco, que según sea el caso, se complementarán con demarcaciones elevadas, barreras de contención, líneas de canalización, sistemas de amortiguamiento de ingreso y salida, delineadores y la señalización vertical correspondiente. Su implementación es autorizada por la autoridad competente. En ninguna parte de los reglamentos se encuentran disposiciones acerca de dimensiones. Esta información se obtendrá de dos fuentes que a continuación se muestran:

- a) *Estudios definitivos de arquitectura e ingeniería de las estaciones, paraderos e inserción urbana del corredor segregado de alta capacidad – COSAC– centro y norte*

En este estudio realizado por la Municipalidad metropolitana de Lima, se explica las dimensiones de los paraderos. La dimensión de los paraderos está de acuerdo con las medidas tomadas en campo y al volumen peatonal existente en paraderos. El

calculo de los paraderos esta relacionado con las dimensiones de transporte publico que transitara en estas vias.

Al respecto los paraderos que estan contruidos en los otros ejes son de tipo "Rectangular" y se miden sin incluir las aceras de paso peatonal ni las vias y carriles de paso vehicular, en la figura 11 se observa mejor lo que se esta detallando

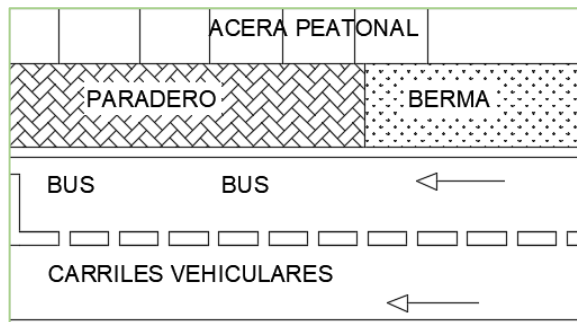


Figura 11: Disposición de espacios en los paraderos y zonas contiguas (acera y vías)
Fuente: Consorcio A.C.I. – Vera y Moreno, 2009

Los paraderos se ha clasificado en:

Paradero Tipo 1: Paradero con toten. Por razones de espacio, en algunas vias acondicionadas para funcionar como rutas alimentadoras, no es posible implementar paraderos tipicos con cubierta y banca para los usuarios, ya que las veredas son muy angostas

Paradero Tipo 2: Paradero con banca. Es un paradero convencional que cuenta con cubierta, banca y espacio de publicidad

De acuerdo a la figura 12, existen dos tipos de zonas en un paradero que se denominan la zona de espera y la zona de circulacion



Figura 12: Tipos de zonas en un paradero
Fuente: Consorcio A.C.I. – Vera y Moreno, 2009

b) Manual de diseño de infraestructura peatonal urbana

Este manual detalla algunos aspectos constructivos. Los paraderos requieren de un área de al menos 2x6 metros y debe estar al nivel de 0.30 m. de la calzada, para que el acceso al bus sea más fácil. Además, se debe dejar una parte de la zona libre, para que se pueda ubicar una silla de rueda o coche de bebe. El espacio requerido

debe ser de 0.90 x 1.20 metros y se debe dejar una altura de 2.20 m, para colocar la protección contra el sol y la lluvia.

Los paraderos no deben tener paredes de vidrio o similar a transparente, a menos que se señalice la superficie con elementos opacos y se debe prever un área de circulación de 1.5 m. que permita maniobras de embarque y desembarque para personas usuarios de silla de rueda.

Por otra parte, la rampa de acceso que conecte la acera con el paradero debe ser al menos 0.90 m. de ancho y el paradero debe ser identificado por una señal visible. Por último, se debe proveer un mapa que muestre las rutas claramente a las cuales tienen acceso y debe encontrarse a una altura entre 1.5 y 1.7 m

Estacionamiento en la vía

Algunas disposiciones se encuentran en el Manual de dispositivos de control de tránsito – 2016 y en el Manual de carreteras – Diseño geométrico (MTC) DG – 2018

a) Manual de dispositivos de control de tránsito – 2016

En la página 276 en el párrafo que lleva por título “Demarcación de espacios para estacionamiento”, dice: “Son líneas continuas de color blanco de 0.10 m a 0.15 m de ancho que tienen por función indicar los lugares destinados al estacionamiento vehicular.

b) Manual de carreteras – Diseño geométrico (MTC) DG – 2018

En la página 29 en el párrafo referido a los vehículos ligeros, se menciona lo siguiente que es muy importante tener en cuenta:

“La longitud y el ancho de los vehículos ligeros no condicionan el proyecto, salvo que se trate de una vía por la que no circulan camiones, situación poco probable en el proyecto”

Pendiente transversal y longitudinal

El artículo 14 de la Norma técnica GH.020 Componentes de diseño urbano (RNE) dice: “Las pendientes de las calzadas tendrán un máximo de 12%. Se permitirá pendientes de hasta 15% en zonas de volteo con tramos de hasta 50m. de longitud”

El Manual de carreteras – Diseño geométrico (MTC) DG – 2018, en la página 174 se puede encontrar información acerca de la pendiente mínima y máxima. Es conveniente proveer una pendiente mínima del orden de 0.5% a fin de asegurar en todo punto de la calzada un drenaje de las aguas superficiales. Por otro lado, es

conveniente considerar las pendientes máximas que están indicadas en la Tabla 303.01

2.5.3. Ciclovía

La Norma CE.030 Obras especiales y complementaria, tiene un capítulo exclusivo acerca del diseño y construcción de ciclovías. En la página 2 dice: “Para ciclovías dispuestas en ambos lados de la vía (a fin de segregar al ciclista del transporte motorizado), se deberá considerar un ancho mínimo efectivo de 1,50 m. para cada una. Para el caso de la ciclovía dispuesta a un solo lado de la vía (a fin de segregar al ciclista del transporte motorizado), se deberá considerar un ancho mínimo efectivo de 2,00 m.”.

Acerca de la altura libre mínima que se debe dejar se cita lo siguiente: “La altura libre que debe tener una ciclovía (ubicada en espacios abiertos tales como parques, vías urbanas, etc.) debe ser de 2,50 m. como mínimo. En el caso de espacios cerrados o techados (túneles, pasos a desnivel, etc.), la altura debe ser como mínimo de 3.00 metros. En ambos casos, no debe existir ningún elemento debajo de esa altura.”

2.5.4. Elementos estéticos y naturales

Calidad de la superficie

Respecto a la inspección de la superficie tanto de rodadura como de los pavimentos, se encuentra suficiente información en la Norma técnica de edificación CE.010 Pavimentos urbanos (RNE) y el Manual de seguridad vial 2017.

a) Norma técnica de edificación CE.010 Pavimentos urbanos (RNE)

En la página 23, se mencionan algunas recomendaciones para supervisar pavimentos.

b) Manual de seguridad vial 2017

Entre las páginas 373 y 380 se describe e ilustra la fricción del pavimento (según la definición de micro - textura y macro - textura) y presenta la importancia de la fricción del pavimento en la seguridad vial.

Arboles

La “Guía virtual de árboles de Lima” es una fuente valiosa de la cual se ha recolectado información sobre que es un árbol nativo y cuáles podrían ser sembrados en Lima. Esta información es necesaria para estimar el espacio que requerirá un árbol desde que es sembrado hasta que crezca. Cada municipio tiene la libertad de elegir la flora

que va a sembrar en los espacios publicos. Sin embargo, es recomendable colocar un arbol nativo.

Bolardos

En la normativa peruana solo se menciona el termino bolardo en la Norma CE.030 obras especiales y complementarias (RNE), esto se encuentra en la pagina 2“Un elemento de segregacion es cualquier elemento de seguridad (delineadores flexibles, áreas verdes, tachones, sardineles, bolardos, etc.) ubicado desde el borde externo de la ciclovia.”

Tal como se puede notar no hay restricciones de altura o grosor para el caso de un bolardo, sin embargo si se ha encontrado limitaciones para los delineadores en el Manual de dispositivos de control de transito – 2016. En la pagina 325 se encuentra la siguiente informacion:

Los postes delineadores son conocidos también como hitos de arista, se colocan en forma longitudinal al borde de la vía, deben tener materiales retrorreflectivos y pueden ser de sección plana, circular, rectangular, ovalada o en forma de “A”. Los materiales podrán ser de concreto, plástico, fibra de vidrio o similar. La altura del material retrorreflectivo debe ser uniforme y puede variar entre 0.90 m. - 1.20 m. para vías rurales y 0.75 m. – 1.05 m para vías urbanas, y tendrá como mínimo un área de 25 cm².

Ya que en la normativa peruana no queda claro donde colocar los bolardos en el contexto urbano, se ha tenido que buscar otra fuente.

a) Urban intersection design guide: volume 1 – guidelines

Esta guia nos presenta los lugares en las que puede ubicarse un bolardo (pole, en ingles).

Señalización vertical

En el Manual de dispositivos de control de transito – 2016 se ha encontrado suficiente informacion. Debido a que resulta repetitivo copiar el reglamento solo se va a listar aquellos temas que se necesitaran y en que paginas se encontraron

- Clasificación de las señales verticales, en la pagina 13
- Característica de las señales verticales (forma y color, tamaño, visibilidad y retrorreflexion y ubicación), entre las paginas 13 y 24
- Diagramación de las señales verticales, entre las paginas 137 y 252

Señalización horizontal

En el Manual de dispositivos de control de tránsito – 2016 se ha encontrado suficiente información. Debido a que resulta repetitivo copiar el reglamento solo se va a listar aquellos temas que se necesitaran y en que paginas se encontraron.

- Marcas planas en el pavimento (tolerancia, patrón de las líneas planas segmentadas y dispositivos elevados, entre las páginas 254 y 256
- Líneas. Línea de borde de calzada o superficie de rodadura, en la página 257. Línea de carril, en la página 259. Línea central, en la página 261. Líneas canalizadoras de tránsito, en la página 266. Líneas demarcadoras de entradas y salidas, en la página 266. Líneas de transición por reducción de carriles, en la página 268. Línea de pare, en la página 270. Líneas de cruce peatonal, en la página.272
- Demarcaciones. Demarcación de espacios para estacionamiento, en la página 273. Demarcación de no bloquear cruce en intersecciones, en la página 277. Demarcación para intersecciones tipo Rotonda o Glorieta, en la página 278.

Iluminación

En el Manual de la seguridad vial del 2017, se encuentra suficiente información acerca de la disposición de las luminarias en el espacio urbano, así como las dimensiones. Entre las páginas 402 y 407 se encuentra esta reglamentación.

2.5.5. Elementos viales particulares

Refugio peatonal

Con respecto a los refugios peatonales solo se mencionan en el Manual de carreteras – Diseño geométrico (MTC) DG – 2018, en las páginas 246 y 247 se explica los tipos de islas y algunas especificaciones geométricas. Las islas pueden agruparse en tres clases principales, según su función: divisorias o separadora; canalización, encauzamiento o direccionales y de refugio. Debido a que esta información es insuficiente para diseñar, se han seguido algunos lineamientos de las siguientes fuentes:

a) Pedestrian planning and design guide

En esta guía se explica algunas formas geométricas que pueden tomar los refugios peatonales. Son tres posibles formas: recta, diagonal o chicane. También en la guía se proporciona algunas dimensiones mínimas que debe cumplir una isla de refugio, por ejemplo, debe permitir el paso de dos sillas de ruedas o 1.5 m.

b) Guía para el diseño de vías urbanas para Bogotá D.C.

En la página 157 se menciona lo siguiente: “Si el separador debe servir de refugio peatonal, el ancho mínimo es de 2.0 m”

c) Guía de diseño de calles e intersecciones para Buenos Aires

En esta guía se menciona lo siguiente: “Medianas con más de 0.8 m de ancho deben ser parquizadas y utilizadas para la gestión de las aguas pluviales. Cuando se desea incorporar árboles, una mediana debe tener mínimo de 1 metro de ancho, para proporcionar espacio suficiente para el crecimiento de las raíces.”

Cruceros peatonales

En el Manual de dispositivos de control de tránsito – 2016 en la página 273 se encuentra la figura que detalla un ejemplo de demarcación continua antes de una intersección semaforizada. Entre otras cosas se ve la longitud y el ancho mínimo de los cruceros peatonales. Así como también otras distancias como señalización horizontal.

En la página 274 se explica a profundidad la demarcación de las líneas de cruce peatonal. Las líneas paralelas de cruce peatonal son continuas, de color blanco y de 0.30 m a 0.50 m de ancho cada una, cuya separación es del mismo ancho de la línea de cruce peatonal, pudiendo también tener forma diagonal.

Las líneas de cruce peatonal deben estar precedidas por la “línea de pare” la cual estará ubicada a una distancia mínima de 1.00 m y deben complementarse con otras marcas en el pavimento, demarcaciones elevadas y señalización vertical correspondiente.

También, en el Manual de seguridad vial 2017, entre las páginas 451 y 461 se explican los tipos de resaltos: de sección circular y virtual, de sección trapezoidal y tipo cojín. Lo más resaltante de esta sección es que se especifica las dimensiones mínimas que tendrá la demarcación horizontal y también las características técnicas de los resaltos

Medianas

Con respecto a las medianas solo se mencionan en el Manual de carreteras – Diseño geométrico (MTC) DG – 2018, en la página 203 se habla acerca de los separadores, lo más resaltante es lo siguiente: “(...) En Autopistas de Primera Clase el separador central tendrá un ancho mínimo de 6.00 m y en las Autopistas de Segunda Clase, variará de 6.00 m hasta 1.00 m, en cuyo caso se instalará un sistema de contención vehicular”

Rampas

En la Guía gráfica de la norma técnica A.120 (RNE) se tiene lineamiento en el artículo 9. El ancho libre mínimo de una rampa será de 90 cm, entre los muros que limitan y deberá mantener los siguientes rangos de pendientes máximas; se muestra la tabla 3 explicando la información en mención

*Tabla 3: Tabla de pendientes máximas en rampas de acuerdo a el desnivel con la pista
Fuente: Ministerio de de la mujer y poblaciones vulnerables, 2014*

DIFERENCIAS DE NIVEL	DESDE	HASTA	%	PENDIENTE MÁXIMA
	13 mm	0.25 m.	12 %	
0.26 m.	0.75 m.	10 %		
0.76 m.	1.20 m.	8 %		
1.21 m.	1.80 m.	6 %		
1.81 m.	2.00 m.	4 %		
MAYOR A	2.01 m.	2 %		

La normativa peruana solo se refiere a los vados de una rampa o de dos rampas, para el caso de vados con tres rampas se ha utilizado el Manual de diseño de infraestructura peatonal urbana, allí se menciona lo siguiente: “Este tipo de vado está constituido por tres planos inclinados con una pendiente máxima del 8%. Generalmente se construyen en vías peatonales amplias que no afecten la libre circulación.”

3. METODOLOGÍAS Y HERRAMIENTAS PARA EVALUAR LAS CONDICIONES VIALES EN LAS ETAPAS DEL CICLO DE VIDA DE UN PROYECTO

3.1. Ciclo de vida de un proyecto en ingeniería civil

El ciclo de vida de un proyecto es el conjunto de fases en las que se organiza un proyecto desde su inicio hasta su cierre. Una fase es un conjunto de actividades del proyecto relacionadas entre sí y que, en general, finaliza con la entrega de un producto parcial o completo. Hay proyectos sencillos que sólo requieren de una fase, y otros de gran complejidad que requieren un importante número de fases y sub-fases. (Project Management Institute (PMI), 2017)

3.1.1 Ramas de la ingeniería civil donde se desarrollan proyectos

Hay siete importantes ramas de la ingeniería civil en las que se desarrollan proyectos, estas son: infraestructura vial y pavimentos, gerencia e ingeniería de construcción, ingeniería de materiales, ingeniería de transporte, ingeniería estructural, ingeniería geotécnica e ingeniería hidráulica. (Castillo, 2012)

3.1.2 Etapas del ciclo de vida de un proyecto vial

Todo proyecto vial está relacionado con el diseño geométrico de vías, aceras e inmobiliario. A nivel general, las vías se agrupan en dos categorías principales: vías urbanas y vías interurbanas. En las carreteras, la circulación es a motor, con nudos y accesos separados en el espacio y recorridos medios y largos, mientras que, en las calles, la circulación es mixta, las intersecciones y accesos son frecuentes y los recorridos son generalmente cortos.

El ciclo de vida de un proyecto vial está compuesto por seis etapas: etapa de factibilidad, etapa de diseño preliminar, etapa de diseño de detalle, etapa de construcción, etapa de pre-apertura, etapa de post-apertura (operación y mantenimiento). En el gráfico 1 se observa las etapas del ciclo de un proyecto vial comparándolo con el costo de las medidas de mitigación. Se ve claramente como a medida que avanzan las etapas del ciclo también aumentan los costos por modificar algún inconveniente en la construcción del proyecto.

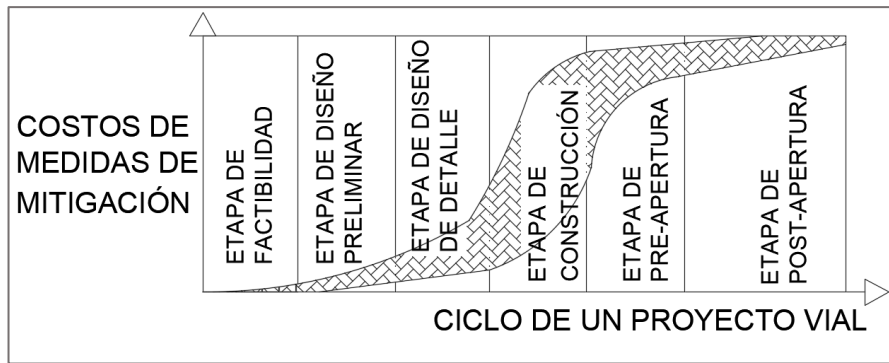


Gráfico 1: Banda estimada de costo de medidas de mitigación v/s etapa en la cual se aplica
Fuente: Comisión nacional de seguridad de tránsito (CONASET), 2003

3.2. Metodologías y herramientas para evaluar las condiciones viales

Cada etapa tiene sus inconvenientes, y es función del planificador, diseñador o auditor detectarlos a tiempo. Estos contratiempos son malas prácticas o incumplimientos de reglamento nacional e internacional. Para levantar estas observaciones se aplican las estrategias preventivas y reactivas.

Las estrategias preventivas identifican situaciones que tienen una gran probabilidad de generar problemas para los usuarios de la vía y evitar que sucedan. Por otro lado, las estrategias reactivas identifican situaciones peligrosas y se encargan de corregirlas a corto plazo. Las herramientas y metodologías se aplican a proyectos, ya sea los que estén en ejecución o en servicio, se clasifican de tres maneras.

3.2.1 Enfoque relacionado a la seguridad vial

Todo lo relacionado a las medidas de protección contra los accidentes de tránsito que se le puede brindar a cada uno de los usuarios de la vía: conductores, peatones, pasajeros y ciclistas.

Estrategias preventivas

Como puede verse en el gráfico 2 existen 3 estrategias preventivas: evaluación de la seguridad vial, auditoría de seguridad vial e inspección de seguridad vial. Las dos primeras estrategias se aplican a proyectos en vías de ejecución, mientras que las inspecciones de seguridad vial a vías en servicio.

EVALUACION DE LA SEGURIDAD VIAL	AUDITORIA DE SEGURIDAD VIAL	INSPECCION DE SEGURIDAD VIAL	GESTION DE LA SEGURIDAD VIAL	GESTION DE TRAMOS DE CONCENTRACION DE ACCIDENTES
ESTRATEGIAS PREVENTIVAS			ESTRATEGIAS REACTIVAS	
COSTOS DE MEDIDAS DE MITIGACIÓN		COSTOS DE MEDIDAS DE MITIGACIÓN		

Gráfico 2: Cuadro de las estrategias preventivas y reactivas con el enfoque de seguridad vial
Fuente: Ministerio de transporte y comunicaciones (MTC), 2017

Estrategias reactivas

En el gráfico 3.02 también se nota que hay 2 estrategias reactivas: gestión de la seguridad vial y gestión de tramos de concentración de accidentes. Ambas estrategias se aplican a proyectos en servicio, tratando de corregir incumplimiento de normas o situaciones que pueden resultar peligrosas para los usuarios.

3.2.2 Enfoque relacionado a la capacidad y nivel de servicio

La capacidad se refiere a la cantidad de usuarios que puede ser encauzado en la infraestructura vial sin que ocasionen conflictos entre los cuatro principales modos de transporte: vehicular privado, transporte público, bicicletas y peatones. El nivel de servicio es la percepción cuantitativa (a partir de las características geométricas) y cualitativa de los modos de transporte sobre la infraestructura vial

Estrategias preventivas

Se encuentran dos herramientas, que se aplican en las etapas de factibilidad y diseño. La primera herramienta es la utilización de tablas con data generalizada. Esta herramienta es una rápida revisión de la capacidad y el nivel de servicio a partir de la información de volúmenes, aforos y de estudios de impacto vial realizados cercana a la zona que se está evaluando. La información de volúmenes anuales y mensuales normalmente es brindada por el ministerio de transporte a través de los órganos regionales o provinciales respectivos.

La segunda herramienta son los análisis de planificación conceptual, se aplican en las etapas de diseño de detalle. Son útiles para la elección de probables alternativas y evaluación de impactos viales. El diseñador en base a la información en campo recolectada y a los estudios previos, planifica una estructura, realiza un análisis de planificación conceptual y obtiene una calificación de la A la F. Los resultados le permitirán juzgar si el diseño es correcto

Estrategias reactivas

Solo se ha identificado las metodologías que evalúan el nivel de servicio. Estas metodologías son simples análisis operacionales, esto quiere decir que se realizan en las etapas de post-apertura o cuando la infraestructura está en funcionamiento. La metodología más utilizada es la del Highway capacity manual (HCM), ya que brinda procedimientos para cada uno de los usuarios de las vías; vehículos, peatones, ciclistas y transporte público. Sin embargo, para el caso de la evaluación del nivel de servicio peatonal hay otras metodologías que consideran las

características geométricas, el nivel socioeconómico de los peatones, la seguridad y el confort.

La evaluación del nivel de servicio provee un método poco costoso y efectivo para comparar múltiples escenarios comparándolo con la situación operacional del instante.

3.2.3 Programas computacionales para el análisis comparativo de situaciones

Se basa en la aplicación de programas computacionales para optimizar los tiempos y costos en la elección de un diseño a partir de la facilidad para generar múltiples escenarios. Asimismo, son útiles para simular el comportamiento de los usuarios dentro de una infraestructura vial.

Se realiza en las etapas conceptuales (planificación) y operacionales (mantenimiento) de un proyecto. A partir de la aplicación de programas computacionales se simula macroscópicamente o microscópicamente el desplazamiento de los modos de transporte (vehicular y peatonal). La idea es cambiar escenarios con facilidad adicionando o quitando partes de la infraestructura vial.

Los análisis macroscópicos asumen a los usuarios como un grupo en vez que individualmente. Además, son determinísticos, es decir que provee una respuesta consistente y típicamente requiere poco esfuerzo computacional. Por otro lado, los análisis microscópicos simulan a los usuarios como sujetos independientes, además son estocásticos (se introduce variaciones aleatorias). Los análisis microscópicos son comúnmente utilizados cuando se tienen situaciones particulares (intercambios tipo diamante o semáforos actuados).

De acuerdo a QLOS handbook hay siete categorías de análisis, a continuación, que se muestran en el gráfico 3.

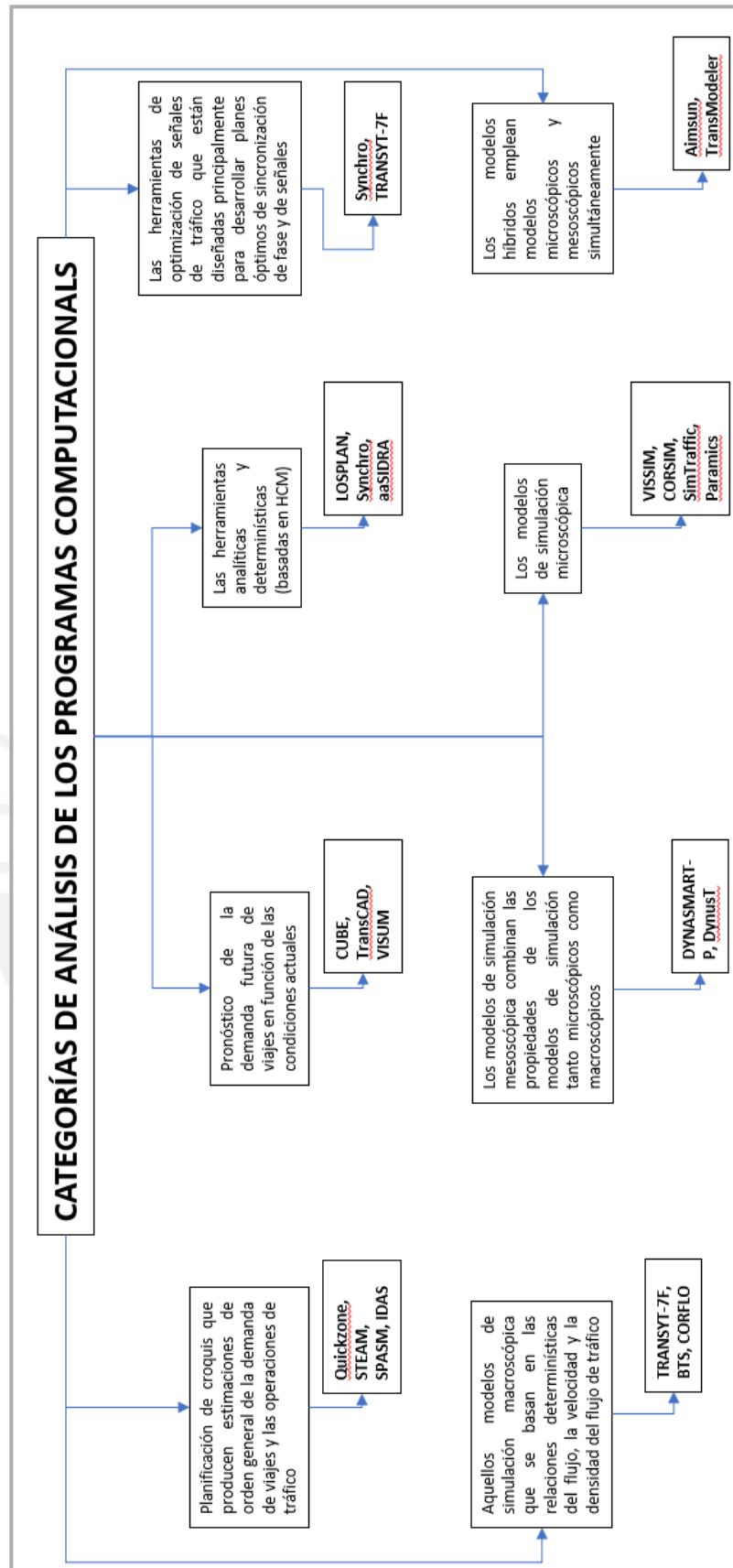


Gráfico 3: Diagrama de las categorías de análisis de los programas computacionales
 Fuente: Adaptacion State of Florida department of transportation, 2013

Las metodologías que se relacionan con la capacidad y nivel de servicio, se aplican en las primeras etapas del ciclo de un proyecto por la facilidad en evaluar las infraestructuras desde diferentes enfoques. Sin embargo, la aplicación de programas computacionales tiene resultados más exactos y precisos, pero en la mayoría de caso se utilizan en las etapas de mantenimiento de vías ya que son prácticos para los posibles rediseños, porque requieren una mayor información

Para cualquier caso las metodologías y herramientas, ya sean preventivas o reactivas deberían aplicarse complementariamente en el marco de los planes de mejora de la seguridad vial, el nivel de servicio, comodidad, conservación medioambiental, etc.

3.3. Metodologías relacionadas con la capacidad y nivel de servicio

3.3.1 Metodologías para evaluar el nivel de servicio peatonal (PLOS)

Nivel de servicio

También conocido como level of service (LOS, por sus siglas en ingles) en ingeniería de transporte es un término que describe las condiciones de operación de un modo de transporte en un sistema multimodal.

Objetivos generales de los PLOS

Las metodologías para evaluar el nivel de servicio que las infraestructuras viales ofrecen a los peatones, se basan en obtener un score que va de la A la F (en la mayoría de casos). Tales metodologías tienen por objeto:

- Mejorar la infraestructura disponible.
- Facilitar a los diseñadores y planificadores urbanos, listas de chequeo en las que se encuentren las principales características que hacen que una infraestructura obtenga un score A.
- Convertir las percepciones cualitativas en expresiones matemáticas sencillas que tengan como variables observaciones físicas de la infraestructura.

¿Por qué son diferentes las metodologías?

Aunque como se vio las metodologías apuntan a objetivos generales, no todas son semejantes ya que tiene sus propias particularidades:

- Cada metodología toma en cuenta parámetros cuantitativos donde otros consideran cualitativos.

- Se formulan en base a observaciones directas, cuestionarios y grabaciones que investigadores realizaron en sus respectivas ciudades.

Cronología de metodologías estimaban el nivel de servicio peatonal (PLOS)

La evaluación del nivel de servicio desde el punto de vista peatonal, se cimentó con los primeros trabajos de Fruin en 1971. El trabajo de Fruin despertó el interés de investigadores en todo el mundo que, a partir de observaciones directas, cuestionarios y grabaciones de video del comportamiento de los peatones en sus respectivas ciudades propusieron distintas metodologías. Las metodologías se basan en información procesada de la siguiente manera:

- Análisis de regresiones
- Simulaciones
- Sistema de puntuaciones

En la tabla 4 se muestra la evolución de las principales metodologías para estimar el nivel de servicio peatonal.

Para cualquier caso las metodologías y herramientas, ya sean preventivas o reactivas deberían aplicarse complementariamente en el marco de los planes de mejora de la seguridad vial, el nivel de servicio, comodidad, conservación medioambiental, etc.

*Tabla 4: Cronología de las metodologías para evaluar el nivel de servicio
Fuente: Adaptación de Asadi-Shekari, Moeinaddini, & Zaly Shah, 2013 y de Sdoukopoulos, s/f*

Metodología para evaluar el nivel de servicio (PLOS)	Descripción
Fruin (1971)	Fue la primera metodología se basa en la capacidad la acera y el volumen peatonal
Tanaboriboon and Guyano (1989)	Se diseñan caminos peatonales en Bangkok basados en el área ocupada por persona
TRB (2000)	Además de considerar el volumen se toma en cuenta la capacidad y la velocidad
Lautso y Murole (1974)	Examina el impacto de los indicadores del entorno en la infraestructura para los peatones
Sarkar (1993)	Propone seis niveles de servicio(A-F). En donde F representa calles incompletas que no proveen una adecuada infraestructura para los peatones. Protección, seguridad, confort, un sistema coherente, y que sea atractivo son los principales factores de este método
Khisty (1994)	Toma como referencia el método de Sakar. Protección y seguridad son los principales indicadores de este modelo basado en cuestionarios
Seneviratne y Morrell (1985)	El nivel de servicio peatonal se basa en los factores del entorno. El número de edificios llamativos (malls, restaurantes, etc.) son indicadores efectivos de las condiciones para caminar. Notan que hay una relación entre las características del usuario que recorre la vía (sexo, edad y género), las características físicas del lugar, y las características de la caminata (recreacional o la hora del día) para identificar aquellos indicadores que más influyen a la hora de elegir una ruta
Henson (2000)	El nivel de servicio peatonal se basa en los factores del confort como la distancia de la caminata, rampas para acceder a los edificios, rampas en las intersecciones y las señales. También considera las características de seguridad como la intensidad de la luz
Landis et al (2001)	Se enfoca en los segmentos de la vía con aceras. Toma como indicador el ancho de la acera, volumen de vehículos motorizados, velocidad de los vehículos, separación lateral de los peatones a los vehículos y el número de carriles
FDOT (2009)	Es una guía para evaluar el nivel de servicio de un segmento en el estado de Florida se basa en las publicaciones de Landis et al
Tan et al (2007)	Toma en cuenta el volumen de tráfico (bicicletas, peatones y vehículos), número de accesos para los edificios contiguos a la vía, y la distancia entre la acera y el carril mas cercano.
Lam et al (1995)	Relaciona varias características del flujo peatonal. Relaciona la velocidad, densidad y el flujo
Sarkar (2002)	Propone una metodología basada en los factores físicos, psicológicos y fisiológicos. Es una metodología general que tiene pocos detalles para evaluar una caminata inclusiva
Gallin (2001)	Utiliza un sistema de valoración para evaluar el nivel de servicio para peatones. El criterio para juzgar algún parámetro está basado en el juicio personal
Muchos estudios LUTRAQ (1993), Kitamura et al (1997), Shriver (1997), Ewing and Cervero (2001), Clifton and Dill (2005), Cao et al. (2006), Brown et al. (2008)	Clasifican una zona de tráfico o vecindario como suburbano, tradicional, neo-urbano u orientado al tránsito. También utilizaron mediciones de agregado, como la transitabilidad, la accesibilidad peatonal y el confort de la ruta para estimar las condiciones de la caminata en los vecindarios. Todas estas medidas son efusivas en un nivel macro, no representando la evaluación de la infraestructura peatonal en un nivel micro

Enfoques para evaluar el nivel de servicio peatonal

Las metodologías de evaluación del nivel y calidad de servicio peatonal tienen tres enfoques que a continuación se explicarán.

- a) Metodologías basadas en evaluar la capacidad. Para calificar una infraestructura peatonal se basan en la medición del flujo, volumen peatonal y la capacidad de la acera.
- b) Metodologías basadas en las dimensiones geométricas de la acera y vías adyacentes. Son metodologías que se basan en las características geométricas

de las vías y aceras, así como en los indicadores de seguridad. Ejemplos de esto último son la separación de la acera al carril más cercano, la velocidad y el volumen vehicular.

- c) Metodologías basadas en el tipo de infraestructura del entorno y los índices socioeconómicos. Generalmente clasifican toda una zona de tráfico o un barrio como suburbano, tradicional, neo urbano u orientado al tránsito. Además, utilizan indicadores como transitabilidad, accesibilidad peatonal y comodidad en la ruta como la metodología LUTRAQ.

Es importante notar que todos los modelos tienen el mismo objetivo: evaluar la seguridad y la comodidad para los peatones. En los gráficos 4 y 5 se observan mapas conceptuales clasificando a las principales metodologías de acuerdo al enfoque que utilizan.

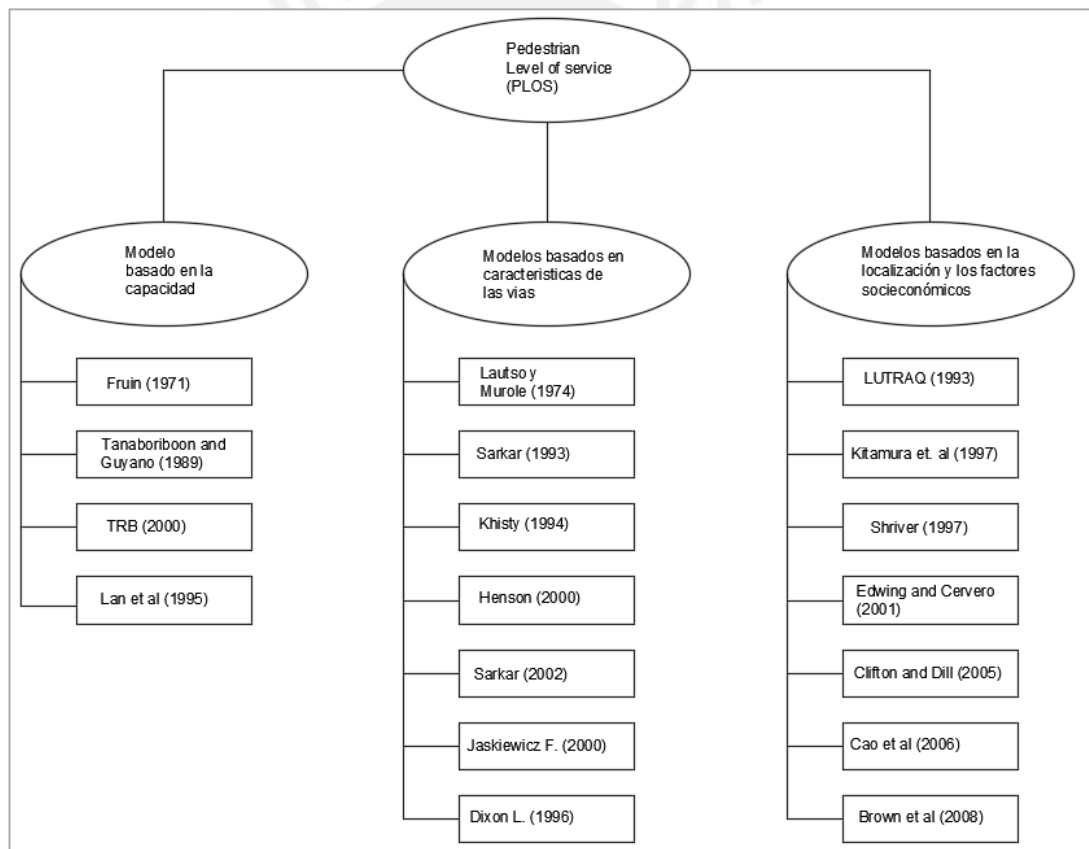


Gráfico 4: Mapa conceptual que ordena a los principales modelos para evaluar el PLOS de acuerdo a los 3 enfoques

Fuente: Adaptación de Asadi-Shekari, Moeinaddini, & Zaly Shah, 2013; y de Sdoukopoulos, s/f

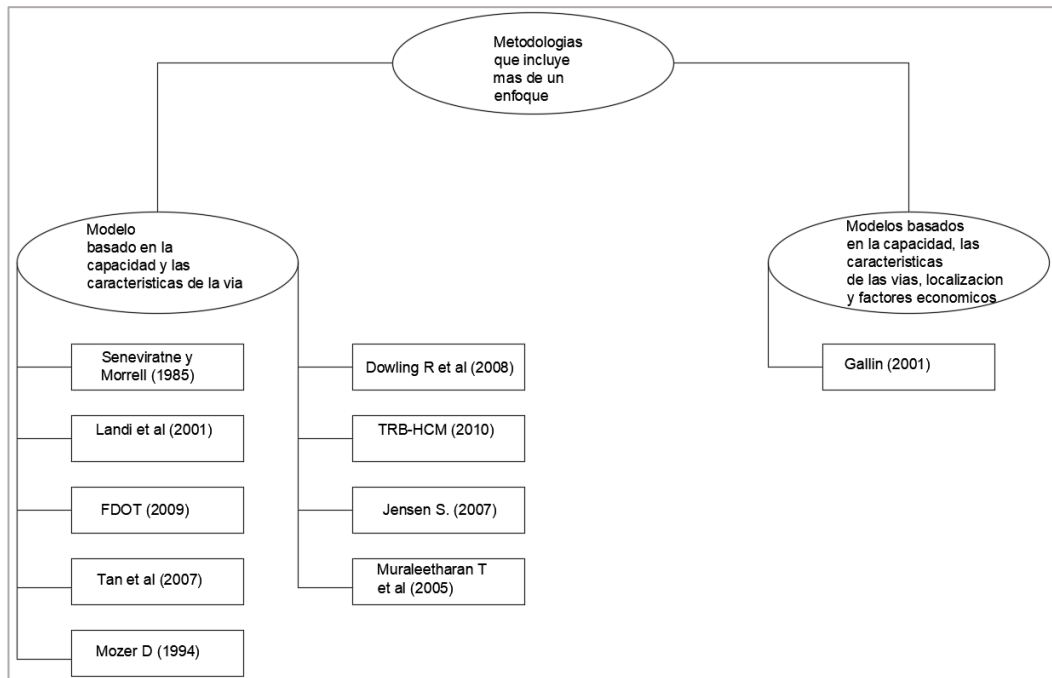


Gráfico 5: Mapa conceptual que ordena a los principales modelos para evaluar el PLOS de acuerdo a los 3 enfoques, en el caso que los métodos engloben más de un enfoque
Fuente: Adaptación de Asadi-Shekari, Moeinaddini, & Zaly Shah, 2013; y de Sdoukopoulos, s/f

Objeto de estudio de cada metodología

Las infraestructuras peatonales deben estar disponibles para apoyar las necesidades fisiológicas, psicológicas y sociales de los peatones. Asimismo, la infraestructura tiene que asegurarlos en contra del sobreesfuerzo y los accidentes.

Las diferentes metodologías no evalúan la misma infraestructura peatonales de la red vial, en total son 7 estructuras dentro del sistema de transporte, estos son: punto, enlace, segmento, sección, instalación, corredor y área. El Highway capacity manual (HCM), ha utilizado estos tipos de estructuras para diferenciar el alcance de sus metodologías. En el gráfico 6 se detalla la representación gráfica de cada estructura y una explicación breve acerca de que abarca.

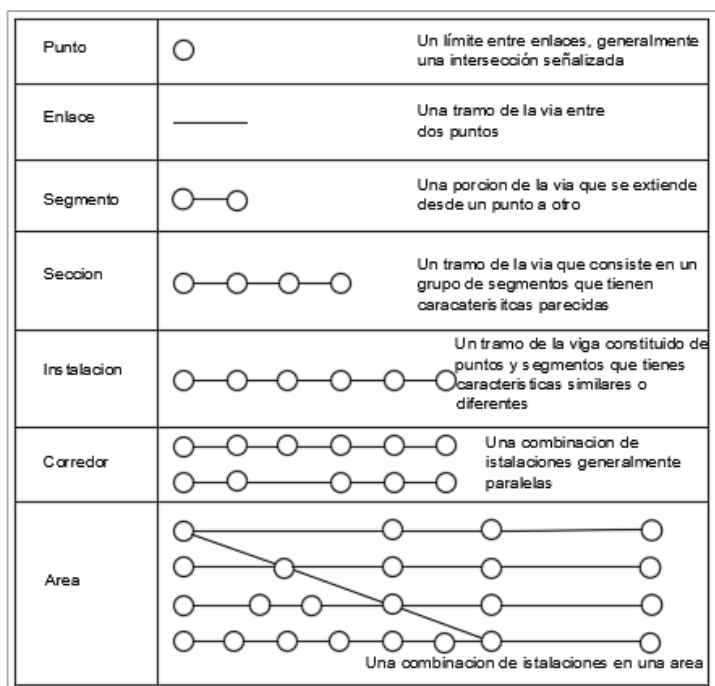


Gráfico 6: Diagrama que muestra las diferentes estructuras dentro del sistema vial
Fuente: Adaptacion State of Florida department of transportation, 2013

Como se ha mencionado cada metodología que evalúa el PLOS se enfoca en caracterizar alguna estructura de la red vial. En la tabla 5 se detallan 14 metodologías y la estructura vial que evalúan, así como los factores principales que influyen en la evaluación (diseño, entorno, tráfico o demoras).

Tabla 5: Estructura y principales factores que toman en cuenta las principales metodologías PLOS
Fuente: Sdoukopoulos, s/f

Method	Country	Spatial level						Primary factors			
		Area	Roadway corridor	Roadway segment	Intersection	Pedestrian crossing	Sidewalk	Design	Environmental	Traffic	Delays
Kansas Walkability Plan (2004)	U.S.A.	✓						✓	✓		
Jaskiewicz F. (2000)	U.S.A.			✓					✓		
Gallin N. (2001)	Australia			✓				✓	✓		
Landis B. et al (2001)	U.S.A.			✓				✓		✓	
Mozer D. (1997)	U.S.A.			✓				✓		✓	✓
Jensen S. (2007)	Denmark			✓				✓	✓	✓	
FDOT (2002)	U.S.A.			✓				✓		✓	
Dixon L. (1996)	U.S.A.		✓					✓	✓	✓	
Landis B. et al (2005 -2006)	U.S.A.		✓			✓				✓	✓
HCM 2000 (TRB)	U.S.A.		✓			✓	✓	✓		✓	✓
Steinman N., Hines K. (2003)	U.S.A.				✓			✓		✓	
Chu X., Baltes M. (2001)	U.S.A.					✓		✓		✓	
Muraleetharan T. et al (2004)	Japan					✓	✓	✓	✓		✓
Tan D. et al (2007)	China						✓	✓		✓	

3.3.2 Procedimiento detallado de seis metodologías para evaluar el nivel de servicio peatonal (PLOS)

Para la presente investigación se escogieron las metodologías para ser utilizadas de acuerdo a dos criterios. El primer criterio era que solo se podían tomar aquellas metodologías que evaluaran intersecciones semaforizadas, cruces peatonales, segmentos de vías y las aceras. Por otro lado, las metodologías debían tener por lo menos el enfoque basado en las características geométricas de la vía. Siendo lo ideal aquellas metodologías que incluyan dos o tres enfoques. Se eligieron seis metodologías que evalúan el nivel de servicio peatonal que cumplen con los dos criterios ya expuestos y estos son:

- La metodología del Highway capacity manual (HCM 2010)
- El método que propone Landis
- El método australiano que se basa en la investigación de Gallini
- La metodología de Tan et. al
- La metodología de Jaskiewicz
- La metodología que evalúa los cruces en las intersecciones semaforizadas del Charlotte Department of Transportation, que se basa en las investigaciones de Muraleetharan et al.

En la tabla 6 se muestra cada metodología que infraestructura vial evalúa, y también que enfoques consideran.

Tabla 6: Metodologías planteadas para ser utilizadas como herramienta de evaluación, la infraestructura que evalúan y el enfoque que tienen
Fuente: Elaboración propia

METODOLOGIA	INFRAESTRUCTURA VIAL				ENFOQUE		
	Intersección semaforizada	Crucero peatonal	Segmento de la vía	Acera	Capacidad	Característica de la vía	Factores socioeconómicos
HCM 2010	✓	✓		✓	✓	✓	
Landis	✓	✓			✓	✓	
Australiano (Gallini)			✓		✓	✓	✓
Tan				✓	✓	✓	
Jaskiewicz			✓			✓	
Methodology for crossings at signalized intersections (Muraleetharan et al.)	✓	✓		✓	✓	✓	

Metodología del HCM 2010 (Highway Capacity Manual)

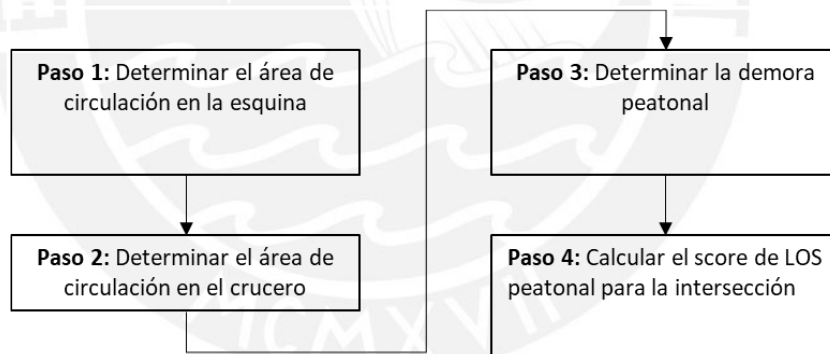
El HCM define LOS como "una medida cualitativa que describe las condiciones operacionales dentro de un flujo de tráfico, basado en medidas de servicio tales como velocidad y tiempo de viaje, libertad de maniobra, interrupciones del tráfico, comodidad y conveniencia" (Transportation Research Board (TRB), 2010)

En general, las modificaciones que alteren la interacción en el flujo pueden afectar otros modos. Es por este motivo que, para evaluar íntegramente unas áreas accesibles o un segmento de vía, es necesario realizar LOS para los modos de transporte más comunes: bicicletas, caminando, vehículos motorizados y transporte público.

La metodología se basa en determinar los scores de la A hasta el F de cada LOS, luego rediseñar tanto las aceras como la vía para aquellos modos de transporte que tuvieron el menor puntaje. En ocasiones no se podrá alcanzar scores óptimos ya que siempre se llega a perjudicar a otro modo de transporte, sin embargo, el rediseño se considera satisfecho si se obtiene al menos un score B.

a) Metodología para intersecciones semaforizadas

Las áreas son evaluadas por separado en las dos vías. La razón se debe a que es diferente el comportamiento de los peatones trasladándose en la acera continua a una vía principal (arterial) que en una vía secundaria (vía colectora). Similarmente sucede al tratar de cruzar una vía ya sea principal o secundaria. Esta metodología se basa en una serie de pasos que concluyen en un score. En el gráfico 7 se observa los pasos:



*Gráfico 7: Diagrama de flujo mostrando la metodología del HCM para intersecciones semaforizadas
Fuente: Adaptación Transportation Research Board (TRB), 2010*

En el anexo 1 se encuentra el procedimiento detallado.

b) Metodología para segmentos viales

El HCM además de calcular el nivel de servicio peatonal para una intersección semaforizada, tiene su propia metodología para el caso de segmentos. En el gráfico 8 se observa un diagrama que muestra los pasos a seguir para obtener el score:

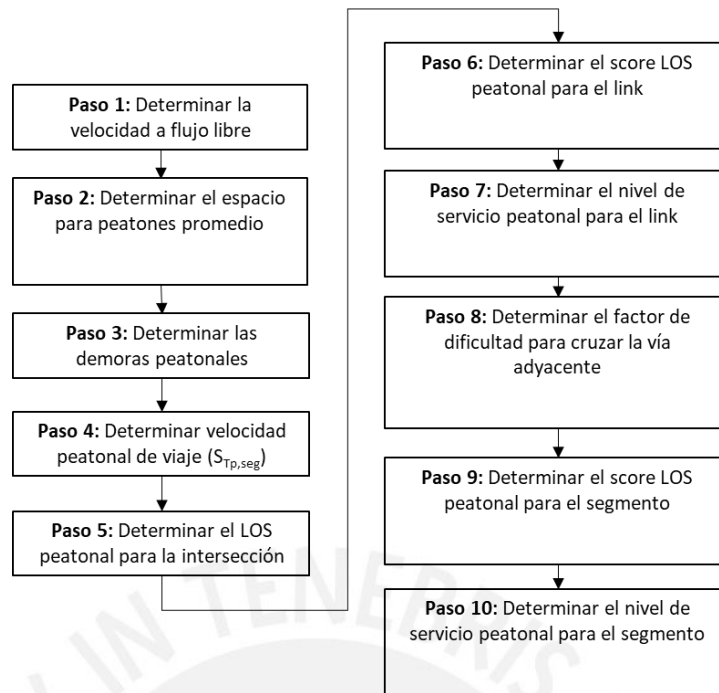


Gráfico 8: Diagrama de flujo mostrando la metodología para calcular el PLOS en los segmentos
Fuente: Adaptación Transportation Research Board (TRB), 2010

En el anexo 2 se encuentra el procedimiento detallado.

Metodología de Landis

El método Landis se enfoca en factores que influyen significativamente en la seguridad y el confort de los usuarios peatones. “Este método es un buen intento de cuantificar objetivamente la percepción de los peatones de seguridad y comodidad en el entorno de la carretera. Esta cuantificación proporciona una medida de la capacidad de las vías para acomodar los peatones” (The Florida Department of Transportation, 2001). Este modelo se desarrolla a través de un análisis de regresión multivariable escalonado de 1250 observaciones de un evento que puso a 75 personas en un curso de caminar en Pensacola, Florida. El Método Landis considera la capacidad de las aceras y la calidad de la experiencia como medidas de calidad del funcionamiento de las instalaciones peatonales. Esto lo hace mediante la cuantificación de la percepción de seguridad y comodidad que experimenta un peatón. Estos factores contribuyen a una evaluación completa de un segmento de la carretera como se expresa en el modelo propuesto que se muestra a continuación:

$$\begin{aligned}
 PedLOS = & -1.2021 \ln(wO1 + w1 + FP * \%OSP + fb * Wh + fsw * Ws) \\
 & + 0.253 \ln\left(\frac{Vol15}{L}\right) + 0.0005 * SPD^2 + 5.3876
 \end{aligned}$$

Donde:

Ped LOS = Valor del nivel de servicio peatonal para un segmento longitudinal

Wo1 = Ancho del carril externo de la vía vehicular (ft)

W1 = Ancho de la berma o del carril de bicicletas (ft)

fp = Coeficiente de parqueo lateral (0.2)

%OSP = Porcentaje de la vía que cuenta con parqueo lateral

fb = Efecto de separación de árboles (5.37 para árboles separados 6 metros entre sí)

Wb = Separación entre el pavimento y la vereda

fsw = Coeficiente de presencia de veredas = $6 - 0.3 Ws$

Ws = Ancho de la vereda (ft)

Vol15 = Número de vehículos que recorren la vía en los 15 min. pico

L = Número de carriles vehiculares

SPD = Velocidad de los vehículos (mi/hr)

Similarmente se estableció un criterio para evaluar el nivel de servicio para una intersección semaforizada, esto se consigue por la aplicación de la siguiente fórmula:

$$\begin{aligned} PedIntLOSsig = & 0.00569 * (RTOR + PermLefts) + 0.00013(PerpTrafVol * PerpTrafSpeed) \\ & + 0.0681(LanesCrossed^{0.514}) \\ & + 0.0401 \ln(PedDelay) - RTCI(0.0037 * PerpTrafVol - 0.1946) + 1.7806 \end{aligned}$$

Donde:

Ped Int LOSsig = Valor del nivel de servicio peatonal para un cruce peatonal semaforizado

RTOR = Vehículos que giran a la derecha en un periodo de 15 min.

PermLefts = Vehículos que giran a la izquierda en un periodo de 15 min.

PerpTrafVol = Número de vehículos que siguen de frente en la vía que el peatón está cruzando para un periodo de 15 min.

PerpTrafSpeed = Velocidad permitida en la vía que el peatón cruza.

LanesCrossed = Número de carriles que el peatón cruza.

PedDelay = Demora peatonal promedio, calculada según el HCM

RTCI = Número de carriles exclusivos de giro a la derecha que tengan isla de canalización.

Y el resultado que se obtiene se ubica en el gráfico 9 para determinar el nivel de servicio:

	A	B	C	D	E	F
METODO DE LANDIS	≤ 1.5	>1.5 pero ≤ 2.5	>2.5 pero ≤ 3.5	>3.5 pero ≤ 4.5	>4.5 pero ≤ 5.5	>5.5

Gráfico 9: Cuadro que muestra el valor de LOS y el nivel de servicio asociado
Fuente: Adaptación Transportation Research Board (TRB), 2008

Método australiano

El método australiano tiene su fundamento en las investigaciones realizadas por Gallin. Se basa el cálculo de LOS en factores que se dividen en tres categorías: características físicas, factores del lugar y facilidades para el usuario. Entre las características físicas consideradas se encuentra la anchura del camino, la calidad

de la superficie de la acera, el número de obstrucciones a considerar, los obstáculos que reducen el ancho de la acera efectiva, las oportunidades de cruce y la infraestructura. Los factores de localización abordan la conectividad y el entorno de trayectoria. Por último, los factores de los usuarios incluyen el volumen de los peatones, la mezcla de usuarios (como bicicletas, ancianos) y la seguridad personal, que incluye iluminación, visibilidad del camino y otras medidas del área circundante.

Una vez que se ha evaluado el segmento, se puntúa cada factor (de 0 a 4 puntos) utilizando criterios preestablecidos y se multiplican por sus respectivos pesos, y luego se añaden para obtener la puntuación de LOS. Las condiciones para los peatones se describen a través de una calificación de LOS A (condiciones ideales de pedestres) a LOS E (condiciones de peatones inadecuadas), basándose en una evaluación de los factores que afectan a LOS. Las puntuaciones se muestran en el anexo 3.

Estos niveles de servicio que se obtiene deberán ser comparados con los límites propuestos en la misma metodología para determinar el score, entre A y E, como se ve en el gráfico 10.

LOS	Rango de scores
A	132 o más
B	101 a 131
C	69 a 100
D	37 a 68
E	36 a menos

Gráfico 10: Cuadro que muestra el rango de scores
Fuente: Gallin, 2001

Método de Jaskiewicz

El segmento de la vía se evalúa a través de nueve indicadores cualitativos, usando un simple puntaje que va de 1 (que significa muy pobre) hasta 5 (lo cual es excelente). Se explica brevemente cada uno de los indicadores. (Jaskiewicz, 2000)

- a) *Enclosure/definition*: Este indicador se refiere a como el peatón no encuentra lugares vacíos en su camino, sugiere que la situación ideal es mantener la vista sobre la acera y no distraerse innecesariamente.
- b) *Complexity of path network*: En la medida que se pueda la red peatonal dentro de un vecindario o suburbio no debe ser monótono, sino se debe proveer vías alternativas.
- c) *Building articulation*: Los edificios que están al costado de la vía deben llamar la atención del peatón, ya sea por su forma o colores.

- d) *Complexity of space*: Los espacios por los que se encuentran las veredas deben confluir con áreas comunes como parques o monumentos
- e) *Overhangs/awning/varied roof lines*: Los techos o marquesinas que sobresalen de los edificios en cierta forma alientan la caminata ya que proveen de sombra.
- f) *Buffer*: Se refiere a proveer una cierta distancia desde un extremo de la acera a la vía, que puede ser provista con árboles.
- g) *Shade trees*: La presencia de árboles a lo largo de la acera mantiene fresco a los peatones
- h) *Transparency*: Que haya una correcta transición de las áreas públicas a las privadas
- i) *Physical components/condition*: Que los peatones que circulen por la vereda no entren en conflicto con los vehículos motorizados debido a una incorrecta disposición de la geometría

Y el resultado que se obtiene se ubica en el gráfico 11 para determinar el nivel de servicio:

	A	B	C	D	E	F
METODO DE JASKIEWICZ	4-5	3.4-3.9	2.8-3.3	2.2-2.7	1.6-2.1	1.0-1.5

Gráfico 11: Cuadro que muestra el valor de LOS y el nivel de servicio asociado
Fuente: Adaptación Jaskiewicz, 2000

En el anexo 4 se encuentra el formato para el análisis de servicio que servirá para aplicar esta metodología

Método de Tan et al

Propuesta en el año 2007, el estudio se enfocó en encontrar un método de evaluación del nivel de servicio de los peatones analizando la relación entre las percepciones subjetivas de los peatones y la calidad de la infraestructura de la vía, así como la operación del flujo de tráfico. El modelo fue desarrollado utilizando las 395 observaciones en tiempo real de 12 aceras urbanas del segmento de la carretera en China. Se desarrolló el siguiente modelo:

$$Ped LOS = -1.43 + 0.006QB + 0.003Qp + \frac{0.056Qv}{Wr} + 11.24 (P - 1.17P^3)$$

Donde,

QB=Flujo de bicicletas en un periodo de cinco minutos

Qp=Flujo de peatones en un periodo de cinco minutos
(pcu)

Q_v =Flujo de vehículos adyacente a la acera en un periodo de cinco minutos

P = cantidad de cocheras por metro

W_r = distancia entre vereda y la pista

Y el resultado que se obtiene se ubica en el gráfico 12 para determinar el LOS:

LOS	Rango de scores
A	$LOS < 2.0$
B	$2.0 < LOS < 2.5$
C	$2.5 < LOS < 3.0$
D	$3.0 < LOS < 3.5$
E	$3.5 < LOS < 4.0$
F	$LOS > 4.0$

Gráfico 12: Cuadro que muestra el valor de LOS y el nivel de servicio asociado
Fuente: Adaptación Singh & Jain, 2011

La metodología del Charlotte Department of Transportation

Esta metodología se basa en las investigaciones de Muraleetharan et al. y evalúa el nivel de servicio de las intersecciones semaforizadas. El enfoque para evaluar el nivel de servicio peatonal, por lo tanto, identifica aquellos elementos claves o características de intersecciones para mejorar la comodidad y la seguridad, y luego asignar un peso relativo en el sistema. Los puntos son asignados a características físicas y operacionales de intersecciones conforme a como se logran estos objetivos. Estas características se discuten a continuación. (Charlotte Department of Transportation, 2007)

- a) *Distancia para cruzar*
- b) *Fases de la señal de tránsito y su sincronización*
- c) *Radio de giro*
- d) *Giros a la derecha en rojo*
- e) *Cruceros peatonales*
- f) *Ajuste para cruce de calles con un sentido único*

Las tablas para obtener los scores en cada una de las categorías se encuentran en el anexo 5. El último paso es sumar los scores que se obtienen de las seis características mencionadas, y se compara con el gráfico 13 para obtener la calificación del nivel de servicio peatonal.

Points	LOS
93+	A
74 - 92	B
55 - 73	C
37 - 54	D
19 - 36	E
0 - 18	F

Gráfico 13: Cuadro para calificar el nivel de servicio de la A hasta la F
Fuente: Charlotte Department of Transportation, 2007

3.4. Metodologías relacionadas con la seguridad vial

3.4.1 Auditoría de seguridad vial

Una Auditoría de Seguridad Vial (ASV) es un procedimiento sistemático de comprobación de las condiciones de seguridad, en todas las etapas del proyecto. Es mandatorio que sea auditado por un equipo calificado e independiente quienes comprueban las condiciones de la vía, analizando todos los aspectos de la misma y su entorno, que puedan intervenir en la seguridad de los usuarios motorizados y no motorizados (ciclistas o peatones). (Ministerio de transporte y comunicaciones (MTC), 2017)

Etapas en las que se puede aplicar una ASV

Dentro del proceso de diseño y desarrollo de un proyecto vial o de tránsito hay hasta cinco oportunidades para realizar una ASV, independientemente del tamaño o naturaleza del proyecto:

- Al finalizar los estudios de factibilidad.
- Una vez desarrollado el diseño preliminar.
- Cuando el diseño detallado se encuentra entre 80 y 100%.
- Durante el proceso de construcción (60 a 80%), y
- En la etapa de pre-apertura (o poco después de completado el proyecto).

3.4.2 Inspecciones de seguridad vial

Cuando se aplica la tecnología de ASV a caminos existentes, el proceso tiene nombre de inspección de seguridad vial, para poner énfasis en su diferencia con las auditorías de etapa de diseño.

Objetivo de una ISV:

Eliminar o mitigar los elementos o combinaciones de elementos, futuros o existentes, en una vía que, en opinión de los auditores, puedan aumentar la probabilidad de siniestros o colisiones y/o la relativa severidad de estos.

Listas de chequeo

De preferencia, el proceso ASV o ISV vial debe usar listas de chequeo para ayudar a considerar todos los temas relevantes. Estas listas sirven para asegurar la consideración de todos los factores, y son de ayuda para aplicar el conocimiento y la experiencia de los auditores No hay una forma única para identificar los temas de

seguridad vial o para usar las listas. Muchos temas pueden no ser relevantes para el proyecto a auditar; algunos temas pueden ser repetitivos.

Estructura de las listas de chequeo

Las listas deben ser prácticas de usar y fácilmente entendibles para todos los miembros del equipo y todo aquél que las lea. Cada norma o guía de ASV internacional revisada, incluye un juego de listas de chequeo general y detallado para cada fase del proyecto.

- La lista de chequeo general, también llamada lista maestra, le brinda al auditor o inspector un listado general más amplio de los puntos que deberán ser considerados al momento de la evaluación de la vía teniendo en cuenta la etapa en la que se encuentre el proyecto (Ministerio de transporte y comunicaciones (MTC), 2017).
- La lista de chequeo detallada, por otro lado, describe más a fondo cada ítem incluido en la lista de chequeo general (Ministerio de transporte y comunicaciones (MTC), 2017).

En general, las listas de chequeo tienen una estructura particular y los ítems a evaluar son agrupados de acuerdo a las siguientes categorías: alineamientos, intersecciones, superficie de rodadura, objetos físicos, mobiliario vial, señalización horizontal y señalización vertical.

Pasos de una ASV/ISV

Según el tipo de proyecto y la etapa de desarrollo alcanzada, cada auditoría de seguridad vial considerará temas diferentes. Sin embargo, generalmente los pasos a seguir serán similares. Existen ocho pasos que se describen en el diagrama de flujo del gráfico 14.

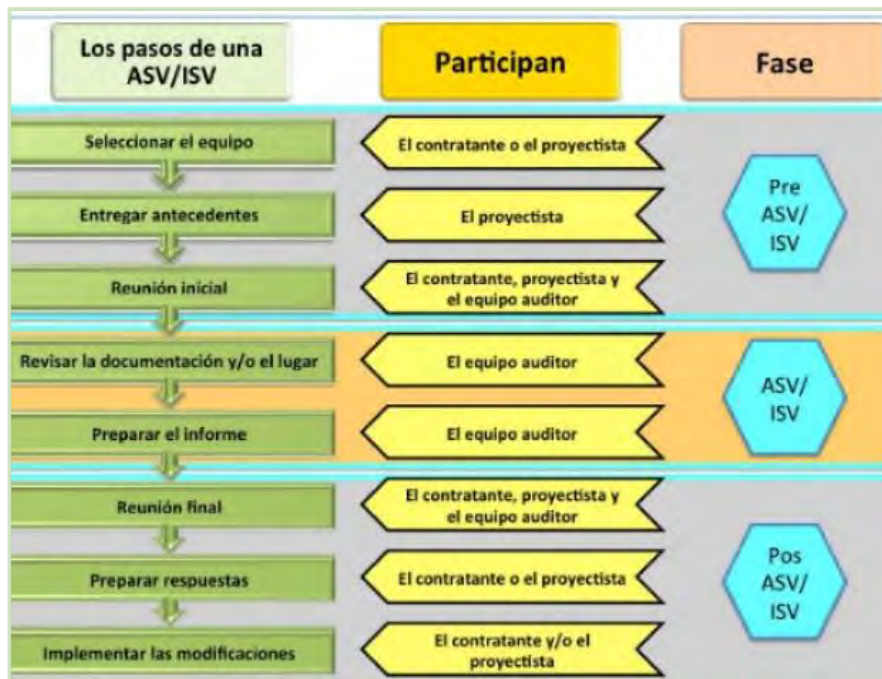


Gráfico 14: Diagrama mostrando los pasos y responsables de una ASV/ISV
Fuente: Ministerio de transporte y comunicaciones (MTC), 2017

3.4.3 Metodologías para el tratamiento de zonas con alta tasa de accidentalidad o puntos negros

Definición de puntos negros

En términos simples, un punto negro hace referencia a zonas donde existe alta concentración de accidentes. Sin embargo, no existe una definición universal de punto negro debido a que existen ambigüedades en relación a ciertas características técnicas. Por ejemplo, respecto a las especificaciones de la zona o tramo, se podría considerar zonas con longitud de 50 metros, 100 metros, solo intersecciones, etc. Existen ciertas características en común que permiten clasificar las definiciones en 3 principales categorías: numéricas, estadísticas y basados en modelos (Ministerio de transporte y comunicaciones (MTC), 2017).

- Las definiciones numéricas son aquellas que consideran un valor numérico como límite para considerar una aglomeración de accidentes como punto negro. Este límite podría ser un número fijo de accidentes, una razón o ambos criterios.
- Las definiciones estadísticas comparan el número de accidentes registrados para cierta zona con el número normal de accidentes para zonas con características semejantes. Existen variaciones de acuerdo a como se defina el número normal de accidentes. Un ejemplo de esta definición es aquella zona con longitud no mayor a 100 metros, en donde el número de accidentes registrados en un periodo

de 4 años es significativamente mayor al promedio ocurrido en zonas del mismo tipo.

- Las definiciones basadas en modelos predicen el número de accidentes a ocurrir para una zona con ciertas características y luego las catalogan según la estimación esperada de accidentes o la reducción potencial de accidentes que viene a ser la diferencia entre los accidentes registrados y los accidentes estimados. Un ejemplo de esta definición sería cualquier zona con una longitud no mayor de 100 metros, en donde el número registrado de accidentes fue mayor al número esperado de accidentes para zonas con características similares.

Zonas de concentración de accidentes

Tal como se ha mencionado anteriormente el espacio que abarca una zona de concentración de accidentes no se establece universalmente. Se puede evaluar como estructura vial como intersecciones, cruces a nivel, puentes, tramos de carretera, etc. También se podría considerar un espacio geométrico como una circunferencia de diámetro especificado o un rectángulo que siga la trayectoria de la vía.

Rune Elvik y Michaelk Sorensen diferencian entre los métodos de identificación de puntos de concentración de accidentes, a los que denominan Black Spot Management (BSM), y los métodos de identificación de tramos peligrosos denominados Network Safety Management (NSM). (Ministerio de transporte y comunicaciones (MTC), 2017)

Procedimiento para priorizar puntos negros

Los países con mayor trayectoria en seguridad vial, las medidas de ingeniería de bajo costo presentan un gran potencial para reducir los accidentes en “puntos negros” por cuanto se pueden lograr reducciones promedio de 25% en aquellos lugares donde éstas se aplican. Las medidas son simples, por ejemplo, despeje de obstáculos visuales (ej. vegetación), provisión de señales y demarcaciones, provisión de islas canalizadoras, vallas para canalizar peatones, elementos reductores de velocidad, etc. El procedimiento se resume en el gráfico 15.

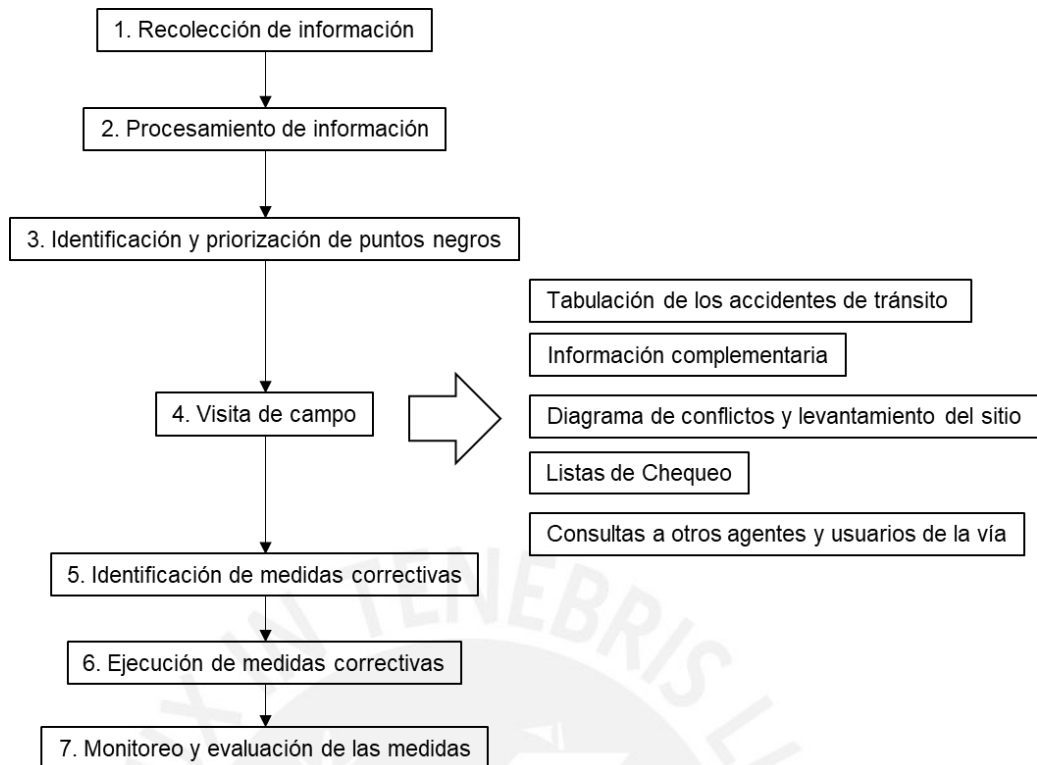


Gráfico 15: Metodología para el análisis de puntos negros
 Fuente: Adaptado Comisión nacional de seguridad de tránsito (CONASET), 2008

En el anexo 6 se encuentra el procedimiento detallado.

3.5. Herramientas para evaluar el nivel de servicio vehicular

3.5.1 Metodología del HCM para evaluar el nivel de servicio vehicular en una intersección semaforizada

El HCM tiene su metodología para evaluar una intersección semaforizada con el enfoque vehicular. El gráfico 16 muestra los pasos a seguir para obtener el score:

En el anexo 7 se encuentra el procedimiento detallado y la simbología que se utilizará.

3.5.2 Metodología del HCM para evaluar el nivel de servicio vehicular en una intersección controlada por una señalización de pare

A continuación, se observa el gráfico 17 mostrando los pasos a seguir para obtener el score:

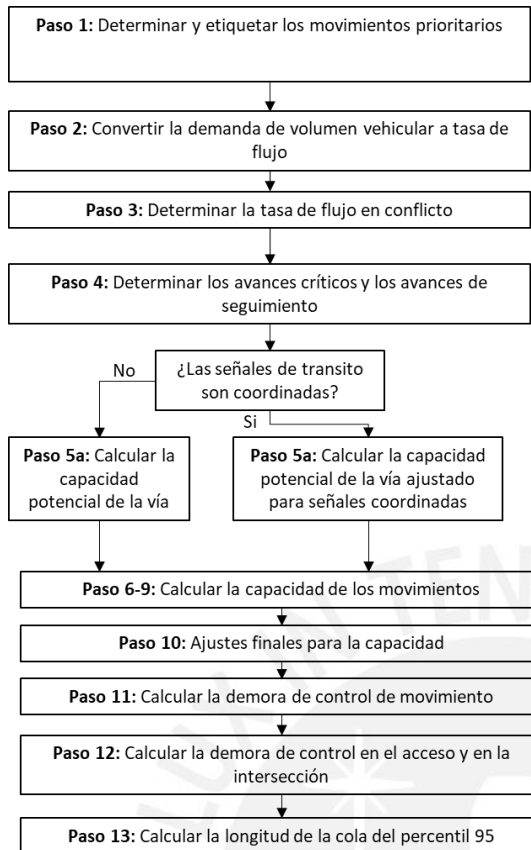


Gráfico 16: Diagrama mostrando la metodología del HCM para evaluar el nivel de servicio vehicular en una intersección controlada por señal de pare
 Fuente: Adaptación Transportation Research Board (TRB), 2010

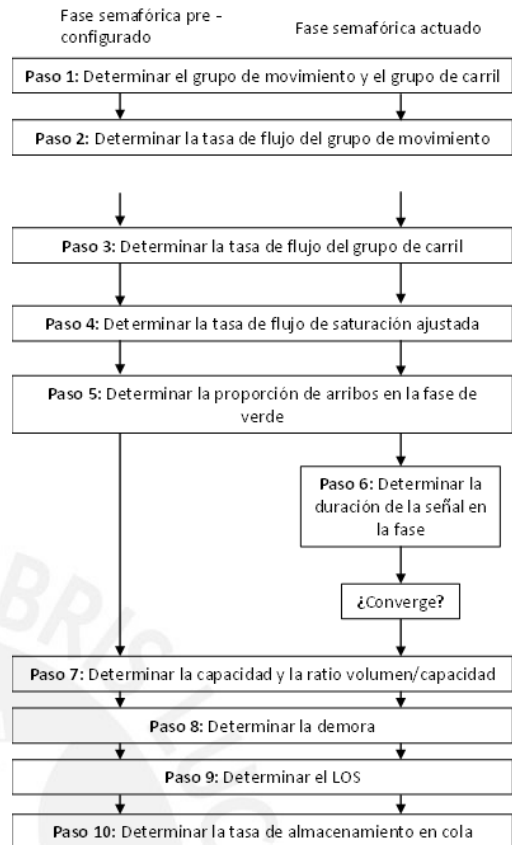


Gráfico 17: Diagrama mostrando la metodología del HCM para evaluar el nivel de servicio vehicular en una intersección semaforizadas
 Fuente: Adaptación Transportation Research Board (TRB), 2010

En el anexo 8 se encuentra el procedimiento detallado. y la simbología que se utilizará.

3.5.3 Programa computacional Synchro 8

Synchro 8 es un software que se utiliza para modelar, optimizar, manejar y simular sistemas viales. Este software incluye:

- Synchro, un programa que analiza macroscopicamente y optimización
- SimTraffic, un aplicación sencilla de utilizar para el analisis de trafico
- 3D Viewer, un visor en 3D de las simulaciones hechas en SimTraffic

A diferencia de la metodología del HCM, el software aplica un metodo alternativo para el calculo de demoras, denominado método “Percentil de Demoras”. Tambien, el HCM estimaria mayores demandas que Synchro debido a la eleccion de las tasas de arribo de los peatones. Synchro lo estima directamente de acuerdo con los diagramas espacio-tiempo que genera; mientras que en el HCM, el usuario debe seleccionarlo

según el porcentaje de vehículos que arriba a la intersección durante el intervalo verde (complicado de hacer en la práctica). (Trafficware Ltd, 2011)

Procedimiento

Son cinco pasos básicos para obtener resultados, estos se detallan en el gráfico 18.

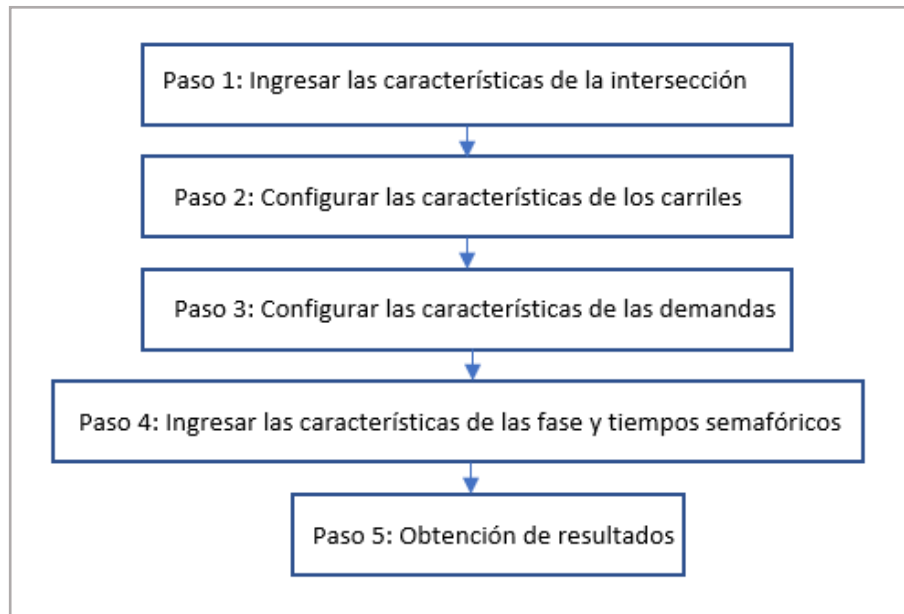


Gráfico 18: Procedimiento básico para obtener el evaluar una intersección en el software Synchro
Fuente: Adaptado Trafficware Ltd, 2011

En el anexo 9 se encuentra explicado cada uno de los pasos del diagrama anterior.

4. APLICACIÓN

4.1. Descripción del distrito de Independencia

4.1.1 Antecedentes de infraestructura peatonal

Breve reseña histórica

Hasta la década de los años 50, la fuerte migración producida desde el interior del país trajo a la capital oleadas de familias buscando un mejor porvenir en la capital. La madrugada del 17 de noviembre de 1960, mil ochocientas familias ingresaron a las pampas que se tendían a lo largo de los kilómetros 5 y 6 de la avenida Túpac Amaru, antigua carretera a Canta. Siendo desalojados horas más tarde.

En los años siguientes se urbanizó la zona de la "Pampa de Repartición" ubicada en el kilómetro seis y medio, estableciéndose la Urbanización Popular Tahuantinsuyo, luego fueron ocupados los terrenos de la "Pampa El Ermitaño", ubicada en el kilómetro cuatro, más tarde se poblarían otras extensiones de tierras integrando los asentamientos humanos de las periferias.

Finalmente luego de muchas gestiones, marchas y contramarchas en el Congreso de la República, fue la decisión del propio Presidente de la República Don Fernando Belaúnde Terry la que finalmente creó el nuevo Distrito de Independencia mediante la Ley No. 14965, del 16 de marzo de 1964.

Infraestructura previa a la construcción del Terminal Norte

Antes de la construcción del Terminal Norte naranjal el tramo que actualmente comprende la instalación ocupaba una longitud de aproximadamente 1.4 km. con un ancho variable entre 100m y 150m y un desnivel aproximado de 6m en sentido longitudinal y transversal entre los puntos más bajos y más elevados constituyendo una faja de terreno llano con suaves pendientes positivas sur-norte y oeste-este en la zona de ocupación de la avenida, y con fuertes pendientes hacia la avenida Gerardo Unger. Esto se observa en la siguiente captura tomada con Google Earth el año 2006, que es la figura 13.



Figura 13: Captura de los alrededores del terminal año 2006
Fuente: Municipalidad Metropolitana de Lima - Protransporte, 2007

4.1.2 Zonificación

Ubicación geográfica: distrito de Independencia

El distrito de Independencia (figura 14) es uno de los 43 distritos que conforman la provincia de Lima, capital del Perú, ubicada en el departamento de Lima. Se encuentra localizado en el área norte de Lima Metropolitana y limita al norte con el Distrito de Comas, al este con el Distrito de San Juan de Lurigancho, al sur con el Distrito del Rímac y el Distrito de San Martín de Porres y al oeste con el Distrito de Los Olivos.



Figura 14: Ubicación geográfica de Independencia
Fuente: Captura realizada en el portal del instituto catastral de Lima

El distrito de Independencia se divide geográficamente por seis 6 ejes zonales: Túpac Amaru, Tahuantinsuyo, Independencia, el Ermitaño, la Unificada, y la zona Industrial. A continuación, se muestra la figura 15 mostrando los distritos:



Figura 15: División política de Independencia
Fuente: Instituto catastral de Lima, 2018

Plano de zonificación y uso de suelo:

El plano de zonificación del distrito que se muestra a continuación detalla las actividades económicas que se realizan en el lugar. Esta información es importante ya que permite entender los motivos de los movimientos peatonales de la zona. A continuación, la figura 16 mostrando el plano:

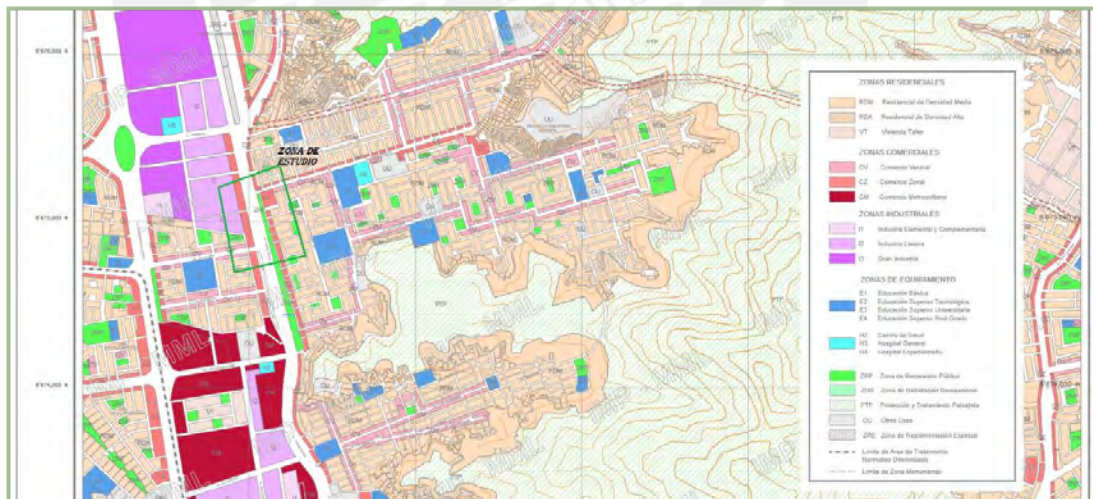


Figura 16: Plano de zonificación y uso de suelo de Independencia
Fuente: Instituto catastral de Lima, 2018

Se puede ver que circundando a la zona de estudio se encuentra en el lado este una zona de recreación pública que en efecto es la Alameda Los Incas. Asimismo, se puede resaltar que en el lado oeste hay una zona industrial y comercio zonal.

4.2. Casos de estudio

4.2.1 Delimitación de la zona de estudio

A continuación, se presenta en la figura 17 el plano de calles de Independencia y se señala el área de estudio que enfocará esta tesis.



Figura 17: Delimitación de zona de estudio
Fuente: Google, 2018

4.2.2 Elección de los casos de estudios

Aplicación de metodologías para tratamiento de puntos negros

En esta sección se aplicará el procedimiento para identificar y priorizar puntos negros con el fin de identificar aquellos lugares cercanos al terminal norte Naranjal del metropolitano que tengan un número de accidentes e incidentes viales elevados. Solo se seleccionarán dos puntos de concentración (y que sean intersecciones), para ser desarrollada en la presente tesis.

a) *Recolección de información*

La metodología exigía obtener las actas de intervención e informes policiales del distrito de Independencia. El lugar que brindaba esta información era la comisaría de Tuhantinsuyo. Al apersonarme a la comisaría de Tuhantinsuyo se me negó la entrega de actas policiales aduciendo que había sido entregada al Instituto nacional de estadística e informática (INEI) a través del censo nacional de comisarías (CENACOM). Además, los registros no estaban georreferenciados y solo se tenía en formato de texto.

Esta situación incentivó la búsqueda de fuentes bibliográficas realizadas por el estado. Entonces se encontró la publicación "Detección, priorización y

caracterización de puntos negros en 5 ciudades principales del Perú”. La base de datos empleada pertenece a la información recolectada por los CENACOM entre los años 2012-2015.

b) Procesamiento de información

La publicación describe las características de accidentalidad de tal modo que se encuentren patrones de ocurrencia de accidentes de tránsito y sirvan para la propuesta de intervención en el punto negro. Cada ficha técnica de algún punto negro principalmente muestra (i) la distribución temporal de los accidentes (año, mes, día, turno), (ii) las características asociadas como el tipo de transporte, tipo de accidente, vehículos involucrados y causas asociadas, y (iii) los resultados de los accidentes tal como la severidad y consecuencias por involucrados.

c) Identificación y priorización de puntos negros

Brevemente se explicará el procedimiento que realiza la publicación. Teniéndose la información de los accidentes de tránsito ponderada según su severidad, se agrupan con un criterio de distancia euclidiana máxima entre elementos de un grupo igual a 100 metros.

Luego de agrupar los accidentes de acuerdo a cercanía, se calcula la ponderación de los clusters de accidentes de tránsito para poder identificar aquellos que sobrepasen el límite para ser considerado punto negro. Esta ponderación se realiza a través del factor de expansión. La razón para aplicarlo es debido a que la base de datos georreferenciados en el estudio solo representa una muestra del total de accidentes registrados por la policía nacional del Perú (PNP). Además, la muestra no es constante entre comisarías. Este sesgo se evita con el factor de expansión es igual a:

$$f_{ij} = \frac{1}{P_{ij}}$$

Donde f_{ij} y P_{ij} representan el factor de expansión y la proporción georreferenciada para la comisaría i en el año j , respectivamente. La ficha técnica de los 4 clusters identificados en el estudio se observa en el anexo 10.

Intersección de las avenidas Chinchaysuyo y Tupac Amaru

Se identificaron 3 puntos negros localizados desde la misma intersección hasta 100 metros hacia la avenida Chinchaysuyo, tal como se observa en la figura 18.

Tabla 8: Principales características de accidentalidad en la intersección de las avenidas los alisos y Tupac Amaru

Fuente: Adaptado del Consejo nacional de seguridad vial, 2015

CARACTERÍSTICA DE ACCIDENTALIDAD	PUNTO NEGRO
	1
CLASE DE ACCIDENTE	Caída de pasajeros 29%, colisión 71%
SEVERIDAD	No fatal 29% y solo daños materiales 71%
TIPOS DE VEHICULOS INVOLUCRADOS	mototaxi 17%, omnibus urbano 17%, automovil 67%
FACTORES PREDOMINANTES	invasión de carril/maniobras no permitidas 50% y exceso de velocidad 50%

4.2.3 Ubicación de los casos de estudio:

Debido a la catalogación de puntos negros se escogieron como casos de estudio dos intersecciones, las cuales son el cruce de la avenida Los Alisos con Tupac Amaru (caso de estudio 1) y el cruce Chinchaysuyo con Tupac Amaru (caso de estudio 2), estos cruces están adyacentes a las entradas Sur-Norte y Norte- Sur del terminal Naranjal. En la figura 20 se puede observar la ubicación exacta de los mencionados lugares:



Figura 20: Ubicación de las zonas de estudio

Fuente: Google, 2018

4.3. **Visita de campo**

La visita a campo se realizó el martes 26 de septiembre del 2017, en condiciones soleadas. Esta visita fue la primera aproximación para conocer la situación vial de las intersecciones.



A continuación, se muestran fotografías resaltando los principales problemas identificados de las intersecciones de las avenidas Chinchaysuyo y Tupac Amaru; y la intersección de las avenidas los alisos y Tupac Amaru.

4.3.1 Intersección de las avenidas Chinchaysuyo y Tupac Amaru

A través de la tabla 9, se reportarán todos los obstáculos que perjudiquen a los peatones o cualquier otro medio de transporte.

Tabla 9: Observaciones en la intersección de las avenidas Chinchaysuyo y Tupac Amaru tras la visita de campo

Fuente: Elaboración propia

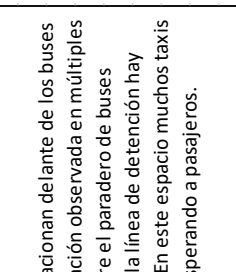
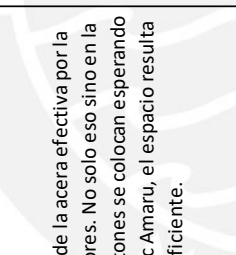
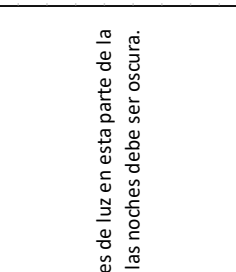
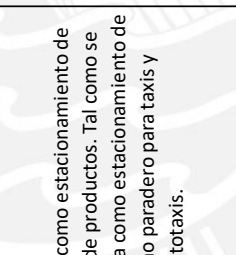
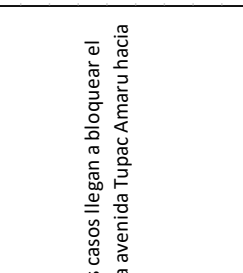
Imagen	Observaciones
	En la avenida Contisuyo que es una vía auxiliar paralela a la avenida Tupac Amaru y que se usa para virar a la derecha se ha observado aglomeración de combis, microbuses, mototaxis.
	El estado de la vía Tupac Amaru se encontró en mal estado.

4.3.2 Intersección de las avenidas los alisos y Tupac Amaru

La tabla 10, reportarán todos los obstáculos y problemas que puedan perjudicar a los peatones o cualquier otro medio de transporte.

Tabla 10: Observaciones en la intersección de las avenidas los alisos y Tupac Amaru tras la visita de campo

Fuente: Elaboración propia

Imagen	Observaciones	Imagen	Observaciones
	<p>Reducción del ancho de la acera efectiva por la ocupación de vendedores. No solo eso sino en la esquina donde los peatones se colocan esperando cruzar la avenida Tupac Amaru, el espacio resulta insuficiente.</p>		<p>Algunos taxis se estacionan delante de los buses alimentadores. Situación observada en múltiples ocasiones, entre el paradero de buses alimentadores y la línea de detención hay demasiado espacio. En este espacio muchos taxis se colocan esperando a pasajeros.</p>
	<p>Ciclovia mal utilizada como estacionamiento de vehículos o almacén de productos. Tal como se dijo, la ciclovia se utiliza como estacionamiento de automóviles y como paradero para taxis y mototaxis.</p>		<p>No se observó postes de luz en esta parte de la acera por lo que en las noches debe ser oscura.</p>
	<p>Peligroso giro a la izquierda del bus BRT. Los BRTs toman mucho tiempo en realizar esta maniobra, en algunos casos llegan a bloquear el acceso por la avenida Los Alisos oeste. También bloquean la línea de visión para los vehículos que viran desde la avenida Tupac Amaru hacia los Alisos, exponiendo a atropellos a los peatones.</p>		

4.4. Levantamiento del sitio

Se planteó realizar el levantamiento de las dos intersecciones: la de las avenidas Chinchaysuyo y Túpac Amaru; y la de las avenidas los Alisos y Túpac Amaru. Afortunadamente se contó con los planos topográficos, arquitectónicos y estructurales del proyecto: "Terminal norte Naranjal". El alcance de la información que brindaban los planos no solo era de los interiores del terminal, sino de todos los accesos por los que se podía llegar al terminal. Esto quiere decir había información de las avenidas Túpac Amaru norte y sur, avenida los Alisos, avenida Chinchaysuyo, y la avenida Contisuyo.

Sin embargo, se debía corroborar esta información, y así se hizo a través de la visita en campo el martes 26 de setiembre del 2017. No se encontraron discrepancias en la intersección de las avenidas Chinchaysuyo y Tupac Amaru. De esta manera los planos del expediente técnico sirvieron como base para dibujar dos planos, estos son:

- Plano B0-1: "Plano de pendientes y cotas de la intersección de avenidas Chinchaysuyo y Tupac Amaru". Escala 1:500
- Plano B0-2: "Plano de dimensiones en la intersección de avenidas Chinchaysuyo y Tupac Amaru". Plano que contiene dimensiones de las vías, sentidos de tránsito, elementos de control, señales y demarcaciones, cruces peatonales, accesos, mobiliario urbano (árboles, kioscos, postes de alumbrado, etc.). Escala 1:500

El problema surgió en la intersección de las avenidas los Alisos y Tupac Amaru, donde se encontraron discrepancias entre lo que mostraban los planos del expediente técnico y lo observado en campo. Para medir longitudes y elevaciones de la intersección se podían aplicar 3 posibles procedimientos:

- a) Medición con cinta y eclímetro
- b) Utilización de instrumentos topográficos como niveles y miras, o estación total y prismas.
- c) Medición indirecta, a partir de fotografías. Conociéndose la altura exacta de una persona desde la planta de la zapatilla hasta la coronilla, se puede obtener las dimensiones de la infraestructura

La medición directa, es decir los dos primeros métodos de la anterior lista, fue imposible realizar debido a que la municipalidad de Independencia no quiso dar los permisos correspondientes. Por este motivo se utilizó la medición indirecta

4.4.1 Medición

Se tomaron 64 fotos el día viernes 27 de octubre, de aquellos elementos que no aparecían en los planos del expediente técnico del proyecto: “Terminal norte naranjal”. El gráfico 19 muestra el procedimiento que se realizó en cada uno de las 64 fotos para calcular cotas, pendientes y longitudes. La altura de la persona en todas las imágenes con una postura empinada y con zapatos es de 1.74 metros.

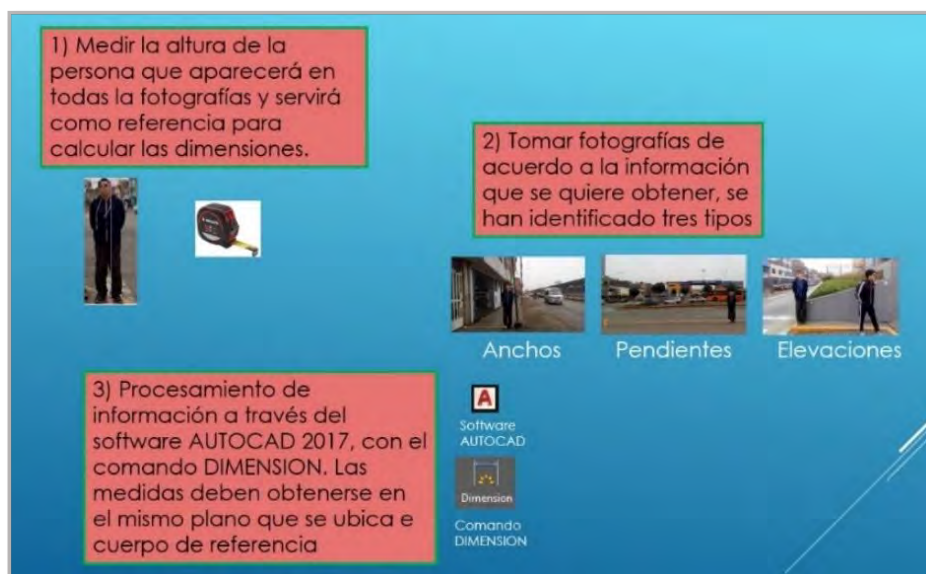


Gráfico 19: Procedimiento para el levantamiento del sitio
Fuente: Elaboración propia

Con esta información se dibujaron dos planos, estos son:

- Plano A0-1:” Plano de radios de giro en esquinas, pendiente y cotas de avenidas los Alisos y Tupac Amaru”. Escala 1:500
- Plano A0-4:” Plano de dimensiones en la intersección de las avenidas los Alisos y Tupac Amaru”. Plano que contiene dimensiones de las vías, sentidos de tránsito, elementos de control, señales y demarcaciones, cruces peatonales, accesos, mobiliario urbano (árboles, kioscos, postes de alumbrado, etc.). Escala 1:100

4.5. Recolección de datos

Antes de poder hacer cualquier intento racional para mejorar el transporte de una localidad, es necesario obtener primero los hechos que permitan establecer con precisión la ubicación y magnitud de los problemas. Esta tarea se realizará con la aplicación de formas y programas del “Manual de estudios de ingeniería de tránsito”, de Paul C. Box. Los estudios de tránsito básicos que se realizarán son los siguientes:

- Demora en intersecciones

- Velocidad de punto
- Volúmenes de tránsito
- Observación de los dispositivos de control
- Diagramas de conflicto

4.5.1 Demora en intersecciones

Los estudios de demoras en intersecciones permiten evaluar el comportamiento del tránsito a partir de la eficiencia del control de tránsito. Este procedimiento permite una evaluación detallada de las demoras por tiempo detenido en una intersección. Esta definición de demora es la misma para las intersecciones semaforizadas y no semaforizadas. Esta demora promedio de vehículos es conocida también como la demora de control (d) y se divide en tres componentes por cada uno de los carriles o líneas: las demoras uniformes (d1), las demoras de sobre flujo (d2), y las demora por cola inicial (d3). En caso, no se mida directamente la demora de control, se puede calcular los valores de d1, d2 y d3 con las fórmulas que se encuentran en el anexo 8, que es una adaptación del tercer tomo de la metodología del HCM.

En la intersección de estudio se utilizó el método manual, que consiste en el conteo de vehículos parados en el acceso de la intersección, en intervalos sucesivos. Por lo que se calculó directamente la demora de control promedio. Toda la data recolectada se encuentra en el anexo 11, en esta sección se mostrarán los resultados de la demora promedio y el porcentaje de vehículos que se paran.

Resultados en la avenida Tupac Amaru

Se ha medido en dos turnos en la mañana (06:59-07:29 hr) y en la noche (18:19-18:56 hr) por intervalos de 15 minutos, obteniéndose la tabla 11:

Tabla 11: Demora en la intersección por el acceso Túpac Amaru norte
Fuente: Elaboración propia

	Acceso:	Av. Tupac Amaru Norte	Fecha:	21-Abr		
Hora:	Número total que paran	Intervalo de la muestra	Demora total (seg)	Demora promedio por vehículo que se para	Demora promedio/ vehículos en el acceso	Porcentaje de vehículos que se paran
6:59 a. m.	10	13	130	13	0.4	3.04%
7:14 a. m.	5	13	65	13	0.22	1.66%
7:29 a. m.	2	13	26	13	0.09	0.70%
6:19 p. m.	30	13	390	13	1.66	12.77%
6:39 p. m.	44	13	572	13	2.35	18.11%
6:56 p. m.	99	13	1287	13	5.93	45.62%

Resultados en la avenida los alisos este

Se ha medido en dos turnos en la mañana (06:59-07:29 hr) y en la noche (18:39-18:56 hr) por intervalos de 15 minutos, obteniéndose la tabla 12:

Tabla 12: Demora en la intersección por el acceso los alisos este
Fuente: Elaboración propia

	Acceso:	Av. Los Alisos-Este	Fecha:	21-Abr		
Hora:	Número total que paran	Intervalo de la muestra	Demora total (seg)	Demora promedio por vehículo que se para	Demora promedio/vehículos en el acceso	Porcentaje de vehículos que se paran
6:59 a. m.	51	11	561	11	3.03	27.57%
7:14 a. m.	52	11	572	11	2.75	25.00%
7:29 a. m.	34	11	374	11	2.11	19.21%
6:19 p. m.	112	11	1232	11	4.60	41.79%
6:39 p. m.	143	11	1573	11	5.11	46.43%
6:56 p. m.	60	11	660	11	3.44	31.25%

Resultados en la avenida los alisos oeste

Se ha medido en dos turnos en la mañana (06:59-07:29 hr) y en la noche (18:39-18:56 hr) por intervalos de 15 minutos, obteniéndose la tabla 13:

Tabla 13: Demora en la intersección por el acceso los alisos oeste
Fuente: Elaboración propia

	Acceso:	Av. Los Alisos-Oeste	Fecha:	21-Abr		
Hora:	Número total que paran	Intervalo de la muestra	Demora total (seg)	Demora promedio por vehículo que se para	Demora promedio/vehículos en el acceso	Porcentaje de vehículos que se paran
6:59 a. m.	20	14	280	14	1.67	11.90%
7:14 a. m.	12	14	168	14	0.99	7.10%
7:29 a. m.	29	14	406	14	2.37	16.96%
6:19 p. m.	28	11	308	11	1.81	16.47%
6:39 p. m.	20	14	280	14	1.37	9.76%
6:56 p. m.	13	14	182	14	0.99	7.07%

4.5.2 Velocidad de punto

El estudio de la velocidad de punto está diseñado para medir las características de la velocidad en un lugar específico, bajo las condiciones del tránsito y atmosférico.

En las calles urbanas las ubicaciones a media cuadra son las más adecuadas para realizar los estudios, siempre y cuando no existan entradas y salidas de estacionamientos, que influyan en el flujo vehicular.

Un estudio general para establecer límites de velocidad, para obtener datos básicos o revisar tendencias, deberá llevarse a cabo durante uno de los tres periodos siguientes: 10 a 12 am, 3:30 a 5:30 pm y de 8 a 10 pm. La longitud recomendada para realizar el estudio de velocidad de punto se obtiene de la tabla 14.

Tabla 14: Longitudes recomendadas para estudios de velocidad de punto
Fuente: Adaptado Box, 1985

Velocidad promedio de las corriente de transito		Longitud recorrida		Factor de conversion para cambiar segundos a	
km/h	mi/h	pies	m	km/h	mi/h
debajo de 40	debajo de 25	88	25	90	60
40 a 65	25 a 40	176	50	180	120
arriba de 65	arriba de 40	264	75	270	180

Esta longitud es dividida entre el tiempo que un vehículo tarda en recorrerlo, a fin de obtener la velocidad de punto. La longitud de recorrido debe ser tal que el mínimo de tiempo recorrido no sea menor que 1.5 segundos y los promedios de tiempos recorridos entre 2 y 2.5 segundos. Se realizó la medición el día 18 de octubre del 2017 de 10 a 11 de la mañana a través del método del seguimiento de las placas de matrícula en la intersección de las avenidas los alisos y Tupac Amaru.

Resultados en la avenida Tupac Amaru

Como se desconocía la velocidad promedio que circulaba en el lugar, se asumió el máximo es decir 75 metros como mínimo. Esta longitud podía variar ya que es necesario tener objetos de referencia que representaran el punto de inicio, en el caso de este estudio se fijó un poste ubicado a 90.62 metros de la intersección como punto de inicio. Los resultados de la medición se encuentran en el anexo 12. Una cosa que resaltar es que no se pudo identificar algunos números de placa porque pasaban a gran velocidad, en este caso solo se describió el tipo de vehículo. La velocidad en la avenida Tupac Amaru está identificada como promedio y s85 en la tabla.

Resultados en la avenida los alisos

La velocidad en la avenida los alisos este y oeste que aparece en la tabla 15 se aproximó con una regla de tres compuestas en la que se incluyó el flujo vehicular y la longitud de la vía. Se procedió de esta manera porque, había factores como bloqueos de vehiculas (BRTs y buses alimentadores), paraderos informales y tramos cortos que provocaban detenciones y no se podía tomar los datos de campo.

Tabla 15: Resultados de la velocidad de punto en cada uno de los accesos de la intersección de la avenida los alisos y Tupac Amaru
Fuente: Elaboración propia

	Velocidad (m/s)	Velocidad (km/hr)
Promedio	6.37	22.95
s85	6.92	24.91
Velocidad Alisos Este	10.16	36.57
Velocidad Alisos Oeste	5.02	18.08

4.5.3 Volúmenes de tránsito

Los aforos se toman para registrar el número de vehículos o peatones que pasan por un punto, entran a una intersección o usan parte de un camino (un carril, un paso de peatones o una acera). Uno o más aforadores, recopilan datos en lugares específicos, de manera que se observe y obtenga la información detallada de:

- a) Tipos de vehículos
- b) Movimientos direccionales en una intersección o en una entrada
- c) Dirección del recorrido
- d) Movimientos peatonales en los pasos de peatones y en las aceras, y/o clasificación por edad (escolar o adulto)

Normalmente el procedimiento se realiza manualmente, sin embargo, para la presente tesis se utilizó una cámara filmadora SONY modelo HDR-CX455 y un trípode, como se observa en la figura 21.



Figura 21: Cámara filmadora SONY modelo HDR-CX455 y un trípode
Fuente: Captura propia

Como regla general, los aforos realizados en áreas urbanas durante la hora de máxima demanda de la mañana del lunes y la hora de máxima de la tarde del viernes, comúnmente mostrarán volúmenes mayores que en los demás días de la semana.

La mayoría de los aforos manuales se toman durante una o dos horas en los periodos de máxima demanda de la mañana y de la tarde de un día hábil. Los periodos típicos son generalmente entre las 7 a 9 am y 6 a 8 pm. No es recomendable que los aforos se realicen en días festivos ni un día anterior o posterior a estos y tampoco cuando existen condiciones atmosféricas que pudieran afectar el flujo.

Resultados en la intersección de las avenidas Chinchaysuyo y Tupac Amaru

Se muestra en la figura 22 los cinco movimientos que los vehículos motorizados pueden realizar en la intersección.

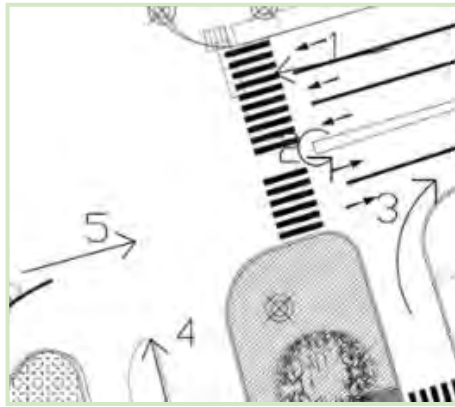


Figura 22: Movimientos de los vehículos
Fuente: Captura propia

Los aforos se hicieron el miércoles 18 de Octubre del 2017, se procuro hacerla a una hora que se tenga la mayor cantidad de conflictos entre peatones y vehiculos, La hora elegida sera entre las 7 y 9 de la mañana debido a que es un lapso de tiempo en que se utilizan los buses expresos y super expresos del Metropolitano.

El aforo se realizó en lapsos de 15 minutos. En la figura 23 se muestra una foto del posicionamiento de la camara para tomar los datos de flujo, se puede notar que se debe buscar un angulo tal que facilite el conteo de vehiculos y peatonal



Figura 23: Posicionamiento de la cámara para empezar a grabar
Fuente: Captura propia

En el anexo 13 se muestra las tablas mostrando los resultados de los aforos vehiculares. Se distinguieron 9 tipos de vehículos que predominaron en la zona.

Resultados en la intersección de las avenidas Los Alisos y Tupac Amaru

A continuación, se muestra en la figura 24 la intersección de Los Alisos y Túpac Amaru y los posibles movimientos peatonales. Se puede observar que existen cuatro cruces tipo cebra por los que pueden transitar los peatones, lo cual es ideal ya que la intersección es semaforizada. Los peatones pueden ir de un lado de la acera al otro y volver, esto quiere decir que no hay restricciones de movimientos, es por este motivo la doble flecha. Para una mejor visualización revisar el plano A0-3: "Plano de

movimientos peatonales permitidos en la intersección de avenidas los Alisos y Tupac Amaru”.

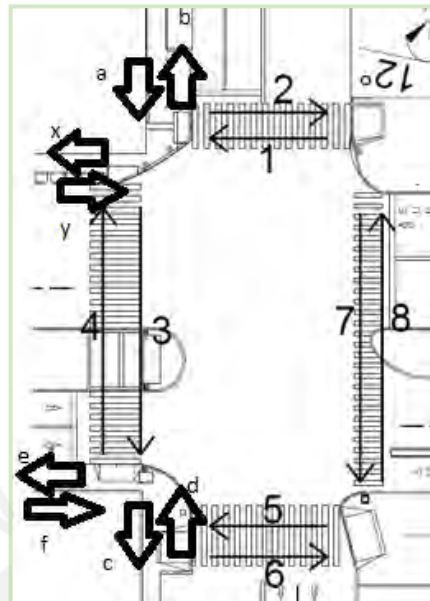


Figura 24: Flujos peatonales
Fuente: Elaboración propia

También en la figura 25 se muestra los movimientos vehiculares de la intersección. Se han detectado once posibles movimientos que los vehículos pueden hacer en la intersección, aunque los movimientos 4 y 5 son exclusivos para los buses BRT, estos buses tienen dos carriles exclusivos por donde circular. Para visualizar revisar el plano A0-2: “Pano de movimientos vehiculares permitidos en la intersección de avenidas los Alisos y Tupac Amaru”.

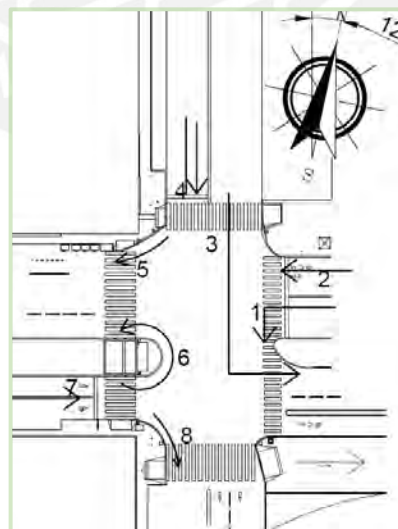


Figura 25: Posibles movimientos vehiculares en la intersección
Fuente: Elaboración propia

Los aforos vehiculares y peatonales se hicieron los días viernes 21 de Abril y martes 17 de Octubre del 2017. Los aforos se hicieron a una hora en que se tenga la mayor

cantidad de conflictos entre peatones y vehiculos. Se escoge la hora entre las 7 y 9 de la mañana y tambien entre las 6 y 8 de la noche.

Para tener la data del volumen vehicular y peatonal se utilizó una camara de video que pudiera captar en lapsos de 15 minutos los flujos respectivos. En la figura 26 se muestra el edificio desde donde se tomaron los datos de flujo.



*Figura 26: Posicionamiento de la cámara para empezar a grabar
Fuente: Captura propia*

En el anexo 14 se muestra una tabla que resume los resultados de los aforos vehiculares y peatonales.

4.5.4 Observación de los dispositivos de control

Se realiza para evaluar el cumplimiento de los conductores o peatones frente a un dispositivo de control o una señal de tránsito.

En esta sección hay dos cosas que identificar:

- El tiempo asociado a cada fase del semáforo en la intersección
- Observación del comportamiento de los conductores cuando se muestra el rojo en el semáforo

Resultados en la intersección de las avenidas Los Alisos y Tupac Amaru

A continuación, se muestra en la figura 27 mostrando la ubicación de los semáforos y el número asignado al respectivo semáforo.



Figura 27: Croquis mostrando ubicación de semáforos en la intersección de las avenidas Tupac Amaru y los alisos

Fuente: Elaboración propia

En el anexo 15 se muestra la tabla con los datos que se tomaron, se anotó el tiempo asignado para la fase de verde, rojo y ámbar. Se realizaron tres repeticiones y se utilizó el promedio. En la figura 28 se muestra la secuencia de fases en las avenidas Tupac Amaru y los alisos.

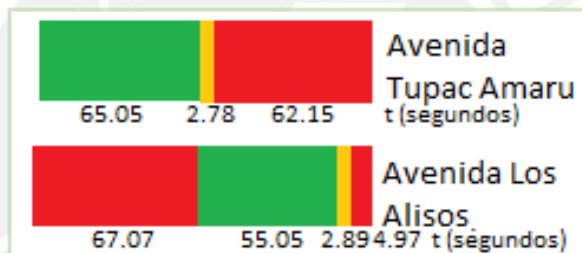


Figura 28: Secuencia de fases entre la avenida Tupac Amaru y los alisos

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 16 se muestra la cantidad de vehículos que giran a la derecha desobedeciendo la señal de rojo desde la avenida Tupac Amaru hacia la avenida los alisos.

Tabla 16: Cantidad de vehículos que giran a la derecha desobedeciendo la señal de rojo desde la avenida Tupac Amaru hacia la avenida los alisos.

Fuente: Elaboración propia

Hora	Numero de vehiculos que giran a la derecha en rojo en la avenida Tupac Amaru
Martes 17 Octubre 06:59-07:14 am	28
Martes 17 Octubre 07:14-07:29 am	17

En la tabla 17 se muestra la cantidad de vehículos que giran a la derecha desobedeciendo la señal de rojo desde la avenida los alisos hacia la avenida Tupac Amaru.

Tabla 17: Cantidad de vehículos que giran a la derecha desobedeciendo la señal de rojo desde la avenida los alisos hacia la avenida Tupac Amaru.

Fuente: Elaboración propia

Hora	Numero de vehiculos que giran a la derecha en rojo en la avenida Los Alisos de oeste a este
Viernes 21 de Abril 06:19-06:34 pm	4

Resultados en la intersección de las avenidas Chinchaysuyo y Tupac Amaru

A continuación, se muestra en la figura 29 un plano que muestra la ubicación de los semáforos y el número asignado al respectivo semáforo.

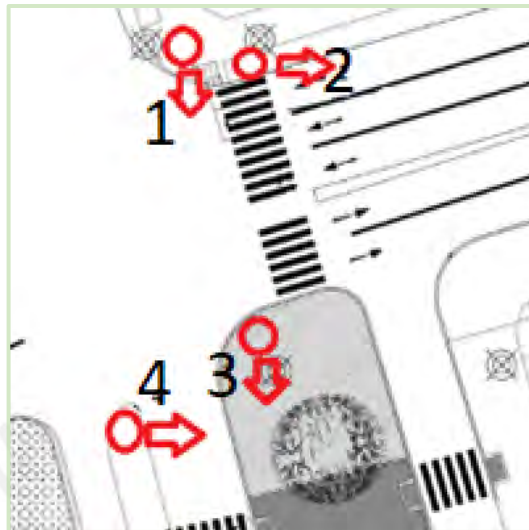


Figura 29: Croquis mostrando ubicación de semáforos en la intersección de las avenidas Chinchaysuyo y Tupac Amaru
Fuente: Elaboración propia

En el anexo 16 se muestra la tabla con los datos que se tomaron, se anotó el tiempo asignado para la fase de verde, rojo y ámbar. Se realizaron tres repeticiones y se utilizó el promedio.

En la figura 30 se muestra la secuencia de fases en las avenidas Tupac Amaru y Chinchaysuyo.

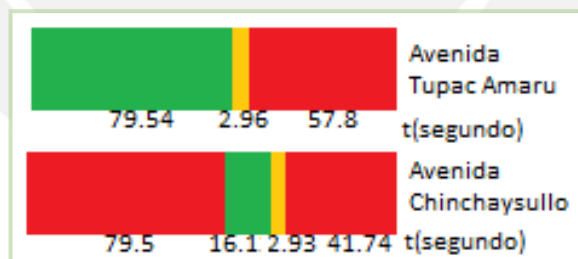


Figura 30: Secuencia de fases entre la avenida Tupac Amaru y Chinchaysuyo
Fuente: Elaboración propia

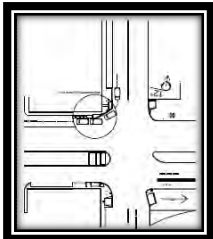
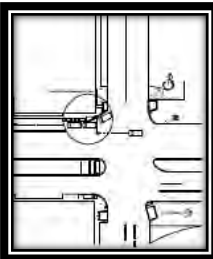
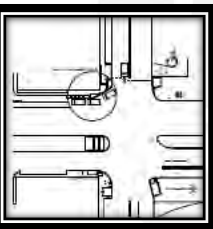
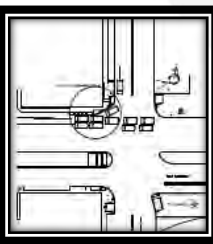
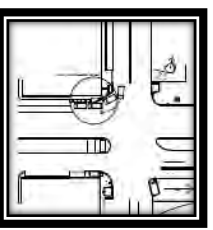
4.5.5 Diagramas de conflicto

A estas alturas se había escogido la intersección de las avenidas Tupac Amaru y Los alisos para aplicar las metodologías y el consecuente rediseño, eso motivo a realizar el diagrama de conflicto en la intersección. En las fechas que se realizaron los aforos vehiculares también se aprovechó para identificar los conflictos y maniobras peligrosas en esta intersección.

Con esta información se ha realizado el plano A0-4: “Plano de conflictos vehiculares y peatonales”. Se identificaron 34 maniobras peligrosas las cuales están en el anexo 17, a continuación, en la tabla 18 se mostrarán aquellas maniobras más frecuentes

Tabla 18: Maniobras peligrosas más comunes en la intersección de las avenidas Tupac Amaru y los alisos

Fuente: Elaboración propia

Croquis	Descripción de la maniobra o conflicto	Viernes 21 de abril			Martes 17 de octubre	
		18:19-18:34	18:39-18:54	18:56-19:11	06:59-07:14	07:14-07:29
	Vehículos no pueden girar desde la avenida Tupac Amaru hacia la derecha porque se encuentra bloqueado por taxis y mototaxis.	6	14	6	1	0
	Los peatones tratan de cruzar la avenida los Alisos mientras que hay una fase verde en la avenida los Alisos	6	10	0	3	0
	Los peatones que desean cruzar la avenida Tupac Amaru con dirección al terminal, lo hacen cuando el semáforo peatonal está en rojo	25	12	23	0	0
	La cola de vehículos que se forma en el paradero llega a bloquear todo el acceso Tupac Amaru, incluso los carriles exclusivos por Tuapc Amaru	7	2	2	0	0
	Conflicto de los peatones que desean cruzar la avenida los Alisos y los vehículos que viran hacia la izquierda desde la avenida Tupac Amaru	0	0	0	28	17

4.6. Aplicación del software Synchro y la metodología del Highway Capacity Manual (HCM) para la elección de la intersección a rediseñar

Se aplicará la metodología del HCM y también el software SYNCHRO, y obtener la siguiente información:

- Grado de saturación (volumen/capacidad)
- La demora en cada movimiento (s/veh)
- El nivel de servicio vehicular en cada movimiento y en la intersección
- La demora en la intersección (s/veh)

La información que es necesaria es el factor de equivalencia de otros tipos de vehículos a vehículos ligeros. La tabla 19 ha sido adaptado del que aparece en el Research on Road Traffic.

Tabla 19: Factor de equivalencia de otros tipos de vehículos a vehículos ligeros
Fuente: Road research laboratory, 1965

Vehículo ligero	1
Combi	1.3
Microbus	2
Mototaxi	0.5
Bicicleta	0.2
Moto	0.33
Vehículo pesado *	3
Bus rapid transit (BRT)	3.5
Bus alimentador	2

4.6.1 Aplicación de la metodología del HCM

Intersección de las avenidas Chinchaysuyo y Tupac Amaru

a) *Aplicación de la metodología para la intersección semaforizada*

En la figura 31 se muestran los 5 grupos de carril que sean identificado en la intersección semaforizada y también el movimiento en la intersección regulada por señalización de pare.

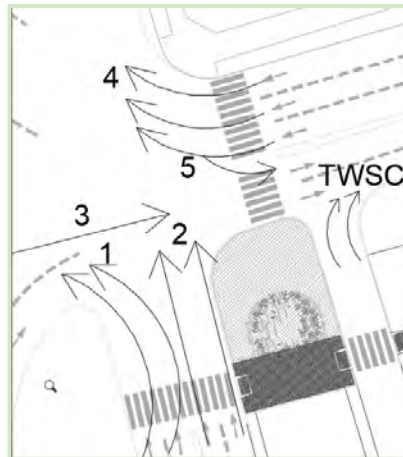


Figura 31: Grupos de carril en la intersección semaforizada y tipos pare en el cruce de las avenidas Chinchaysuyo y Tupac Amaru
Fuente: Elaboración propia

La tabla 20 muestra los resultados para la intersección tras aplicar metodología HCM, es importante la demora total de 31.65 segundos y el nivel de servicio C.

Tabla 20: Datos de salida tras la aplicación de la metodología del HCM en la intersección semaforizada del cruce de Chinchaysuyo y Tupac Amaru
Fuente: Elaboración propia

Datos de salida en la intersección	
suma $d*vp$	43825.45
suma vp	1384.48
dI	31.65
Nivel de servicio C	

b) Aplicación de la metodología para la intersección controlada por señales de pare

Como se ha mencionado también se aplicó la metodología del HCM en la intersección controlada por señales de pare. El resultado se observa en la tabla 21, es importante la demora total de 10.60 segundos y la calificación del nivel de servicio B.

Tabla 21: Datos de salida tras la aplicación de la metodología del HCM en la intersección regulada por pare del cruce de Chinchaysuyo y Tupac Amaru
Fuente: Elaboración propia

Datos de salida	
t_{cx}	7.50
t_{fx}	3.93
c_{px}	840.57
c_{mx}	840.57
T	1.00
V_p (veh/hr)	348.00
d (s/veh)	12.30
D_{tot}	10.60
Q	2.10
Nivel de servicio B	

Intersección de las avenidas los alisos y Tupac Amaru

En la figura 32 se muestran los 8 grupos de carril que se han identificado en la intersección semaforizada.

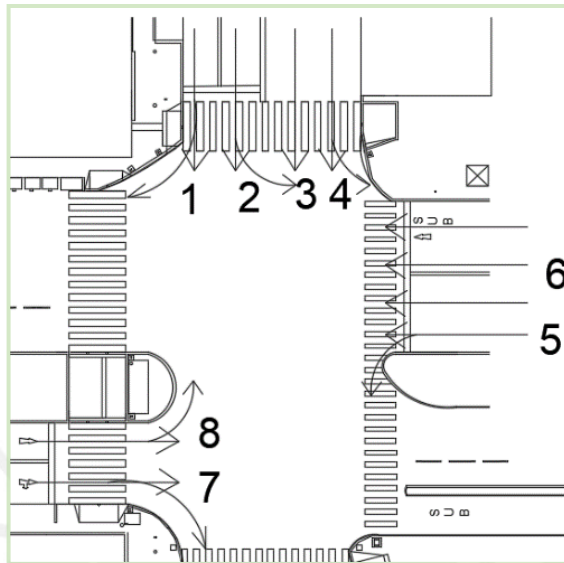


Figura 32: Grupos de carril en la intersección semaforizada en el cruce de las avenidas los alisos y Tupac Amaru

Fuente: Elaboración propia

La tabla 22 muestra los resultados para la intersección semaforizada, es importante la demora total de 28.16 segundos y la calificación del nivel de servicio C.

Tabla 22: Datos de salida tras la aplicación de la metodología del HCM en la intersección semaforizada del cruce de los alisos y Tupac Amaru

Fuente: Elaboración propia

Datos de salida en la intersección	
suma $d*vp$	71088.68
suma vp	2524.30
dI	28.16
Nivel de servicio C	

4.6.2 Aplicación del software Synchro

Intersección de las avenidas Chinchaysuyo y Tupac Amaru

a) Intersección semaforizada

Se aplicó el procedimiento detallado en el capítulo 2, si se desea ver las tablas con los datos de entrada y salida completos revisar el anexo 18. Primero, en la figura 33 se muestra la geometría de la intersección. Se resalta la utilización de un plano que sirvió como base para dibujar los carriles y todos los elementos de la vía.



Figura 33: Pestaña mostrando la geometría de la intersección semaforizada del cruce de Chinchaysuyo y Tupac Amaru en el software Synchro
Fuente: Captura propia del software Synchro

Para la configuración de carril la mayoría de información se obtiene de las características geométricas de la intersección. Sin embargo, el factor de utilización de carril se ha asignado manualmente a partir del comportamiento observado en campo. En el caso de las configuraciones de volúmenes se debe resaltar que en las vías exclusivas para BRTs se ha considerado como que el 100% de vehículos era pesado.

Finalmente, en la figura 34 se muestra un cuadro que resume la información para la intersección. La información más importante es el tiempo del ciclo, la demora en la intersección y el score del nivel de servicio para la intersección.

HCM 2010 INTERSECTION	
Node #	3
Description	
Control Type	Pretimed
Cycle Length (s):	143.3
Lock Timings:	<input type="checkbox"/>
HCM Equilibrium Cycle(s):	143.3
HCM Control Delay(s):	52.0
HCM Intersection LOS:	D

Figura 34: Pestaña mostrando los datos de salida de la intersección semaforizada del cruce de Chinchaysuyo y Tupac Amaru en el software Synchro
Fuente: Captura propia del software Synchro

b) Intersección controlada por señales de pare

En la figura 35 se observa la representación geométrica de la intersección. Se ve como se ha modelado como si fuera una intersección tipo T, donde la avenida Chinchaysuyo se representa como una vía de dos carriles que no puede girar. El flujo que circula en la avenida Chinchaysuyo se alimenta de los vehículos que giran en U del sentido opuesto y de los buses alimentadores que vienen de la estación del metropolitano. La avenida perpendicular se llama la avenida Contisuyo, la cual va paralela a la avenida Tupac Amaru, esta vía solo tiene flujo que va hacia la derecha.



Figura 35: Pestaña mostrando la geometría de la intersección regulada por señal de pare del cruce de Chinchaysuyo y Contisuyo en el software Synchro
Fuente: Captura propia del software Synchro

Tal como se mencionó, el factor de utilización de carril se ha asignado manualmente a partir del comportamiento observado en campo. Además, en el caso de muestra la configuración de volúmenes se ha considerado que la avenida Contisuyo tiene presencia de parqueo de vehículos al costado de la vía. La información más importante que se obtiene de la figura 36 son: las demoras en la intersección y el score del nivel de servicio de la intersección.

HCM 2010 INTERSECTION	
Node #	3
Zone:	
X East (m)	-2194.0
Y North (m)	-380.0
Z Elevation (m)	0.0
Description:	
Control Type	Unsig
HCM Control Type	AWSC
HCM Intersection Delay (s)	7.9
HCM Intersection LOS	A
Analysis Period (Hr)	15

Figura 36: Pestaña mostrando los datos de salida de la intersección regulada por señal de pare del cruce de Chinchaysuyo y Contisuyo en el software Synchro
Fuente: Captura propia del software Synchro

Intersección de las avenidas los alisos y Tupac Amaru

Se han aplicado los 5 pasos que se explicaron anteriormente. Primero, se muestra en la figura 37 la geometría de la intersección. Se resalta la utilización de un plano que sirvió como base para dibujar los carriles y todos los elementos de la vía.

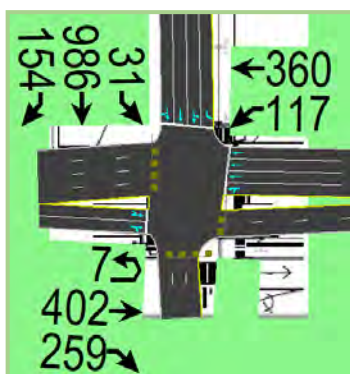


Figura 37: Pestaña mostrando la geometría de la intersección semaforizada del cruce de los alisos y Tupac Amaru en el software Synchro

Fuente: Captura propia del software Synchro

La configuración de carril se obtiene de las características geométricas de la intersección. Sin embargo, el factor de utilización de carril se ha asignado manualmente a partir del comportamiento observado en campo.

En el caso de las configuraciones de volúmenes en las vías exclusivas para BRTs se ha considerado como que el 100% de vehículos era pesado y la presencia de parqueo de vehículos al costado de la vía. En la figura 38 se muestra un cuadro que resume la información para la intersección. La información más importante es el tiempo del ciclo, la demora en la intersección y el score del nivel de servicio para la intersección.

HCM 2010 INTERSECTION	
Node #	1
Description	
Control Type	Pre-timed
Cycle Length (s)	100.7
Lock Timing	<input type="checkbox"/>
HCM Equilibrium Cycle(s)	100.7
HCM Control Delay(s)	37.6
HCM Intersection LOS	D

Figura 38: Pestaña mostrando los datos de salida de la intersección semaforizada del cruce de los alisos y Tupac Amaru en el software Synchro

Fuente: Captura propia del software Synchro

Se puede ver en las tablas 23,24 y 25; que solo la intersección regulada por una señal de pare tiene un nivel de servicio aceptable. Además, ambas intersecciones semaforizadas tienen niveles de servicio como C o D. Incluso hay acceso con demoras de 109.6 seg/veh,

Tabla 23: Resumen de resultados en la intersección semaforizada de Chinchaysuyo y Tupac Amaru
Fuente: Elaboración propia

Inteseccion semaforizada Av. Chinchaysullo y Tupac Amaru		
Característica	HCM	Synchro
Demora en la intersección (s/veh)	31.65	52
Demora en el acceso mas critico (s/veh)	73.61	109.6
Score del nivel de servicio en el acceso mas critico	F	F
Score del nivel de servicio en la interseccion	C	D

Tabla 24: Resumen de resultados en la intersección regulada por pare de Chinchaysuyo y Tupac Amaru

Fuente: Elaboración propia

Intersección tipo PARE Av. Chinchaysullo y Tupac Amaru		
Característica	HCM	Synchro
Demora en la intersección (s/veh)	10.6	7.9
Score del nivel de servicio en la intersección	B	A

Tabla 25: Resumen de resultados en la intersección semaforizada de los alisos y Tupac Amaru

Fuente: Elaboración propia

Intersección semaforizada Av. Los Alisos y Tupac Amaru		
Característica	HCM	Synchro
Demora en la intersección (s/veh)	28.16	37.6
Demora en el acceso mas critico (s/veh)	38.71	52.2
Score del nivel de servicio en el acceso mas critico	D	D
Score del nivel de servicio en la intersección	C	C

4.6.3 Elección de una intersección para ser rediseñada

En esta sección se mostrará los resultados de optimizar los tiempos de cada fase vehicular y también el ciclo. En caso, la modificación de la configuración del semáforo es insuficiente, se modificará la geometría con la ayuda de las herramientas para evaluar las condiciones viales (punto de vista de la seguridad vial, capacidad, nivel de servicio y aplicación de software).

Intersección de las avenidas Chinchaysuyo y Tupac Amaru

Tras optimizar el ciclo semafórico con la ayuda del software Synchro, se puede notar como se reduce el ciclo de 140 segundos a 60 segundo. Esta modificación disminuye la demora en la intersección de 52s/hr a 13.4 s/hr, también el score del nivel de servicio mejora de D a B. La figura 39 se muestra la distribución del tiempo semafórico entre las avenidas Tupac Amaru y Chinchaysuyo. Las fases $\Phi 2$ y $\Phi 6$ representan los movimientos en la avenida Chinchaysuyo. Por otro lado, la fase $\Phi 4$ representa los movimientos en la avenida Tupac Amaru.

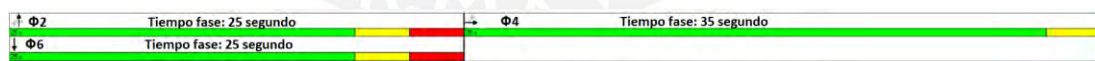


Figura 39: Distribución del tiempo semafórico tras optimización en la intersección semaforizada del cruce de Chinchaysuyo y Tupac Amaru en el software Synchro

Fuente: Captura propia del software Synchro

Para finalizar con la optimización de esta intersección se muestra en la figura 40 los siguientes datos de salida: la demora y el score del nivel de servicio para el movimiento y el acceso. Estos datos están resaltados en la figura.

HCM Movement Delay (s/veh)	34.9	9.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	14.8	17.1	0.0	14.7	0.0	---	---
HCM Movement LOS	C	A	---	---	---	---	---	---	B	B	---	B	---	---	---
HCM Approach Delay (s/veh)	---	12.3	---	---	0.0	---	---	---	16.7	---	---	14.7	---	---	---
HCM Approach LOS	---	B	---	---	A	---	---	---	B	---	---	B	---	---	---

Figura 40: Pestaña mostrando la demora y el score del nivel de servicio para el movimiento y el acceso, en la intersección de las avenidas Chinchaysuyo y Tupac Amaru con el software Synchro

Fuente: Captura propia del software Synchro

Intersección de las avenidas los alisos y Tupac Amaru

En el caso de esta intersección se hicieron dos simulaciones.

a) *Optimización manteniendo el tiempo de ciclo actual*

La primera en la que se mantuvo constante el tiempo del ciclo del semáforo y solo se optimizó el tiempo asignado a cada fase. Hay que resaltar que procediendo de esta manera se aumenta la demora en la intersección de 37.6 s/veh a 38.7 s/veh, además que el score del nivel de servicio empeora a D. Lo que nos sugiere que el tiempo de ciclo debe modificarse.

A continuación, se muestra en la figura 41 la distribución del tiempo semafórico entre las avenidas Tupac Amaru y Los Alisos. Las fases $\Phi 2$ y $\Phi 6$ representan los movimientos en la avenida Los Alisos. Por otro lado, la fase $\Phi 4$ representa los movimientos en la avenida Tupac Amaru.

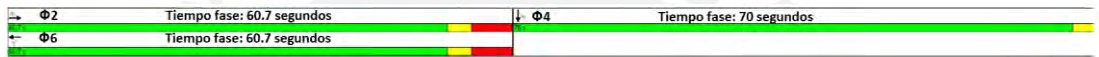


Figura 41: Distribución del tiempo semafórico tras la primera optimización en la intersección semaforizada del cruce de los alisos y Tupac Amaru en el software Synchro

Fuente: Captura propia del software Synchro

b) *Optimización cambiando el tiempo de ciclo actual*

Como se mencionó previamente, se hizo una segunda simulación. En esta se optimizó el tiempo del ciclo semafórico, siendo el nuevo ciclo igual a 120 segundos. Otra cosa importante que notar es que la demora disminuye de 37.6 s/veh a 34.8 s/veh, además que el score del nivel de servicio mejora a la calificación de C. Se muestra en la figura 42 la distribución del tiempo semafórico entre las avenidas Tupac Amaru y Los Alisos. Las fases $\Phi 2$ y $\Phi 6$ representan los movimientos en la avenida Los Alisos. Por otro lado, la fase $\Phi 4$ representa los movimientos en la avenida Tupac Amaru.



Figura 42: Distribución del tiempo semafórico tras la segunda optimización en la intersección semaforizada del cruce de los alisos y Tupac Amaru en el software Synchro

Fuente: Captura propia del software Synchro

Para finalizar con la optimización de esta intersección se muestra los siguientes datos de salida los siguiente; la demora en el acceso, el score del nivel de servicio para el movimiento y el acceso de la intersección de las avenidas los alisos y Tupac Amaru. Estos datos están resaltados en la figura 43.

Item	Score	Level of Service	Delay (s/veh)	Access
HCM Movement LOS	C	C	F	C
HCM Approach Delay (s/veh)	29.8	—	42.7	0.0
HCM Approach LOS	C	—	D	A

Figura 43: Pestaña mostrando la demora y el score del nivel de servicio para el movimiento y el acceso, tras la segunda optimización en la intersección semaforizada del cruce de Chinchaysuyo y Tupac Amaru con el software Synchro
 Fuente: Captura propia del software Synchro

Comentario final y elección de la intersección a rediseñar

La intersección de las avenidas Chinchaysuyo y Tupac Amaru no requiere de modificaciones en la geometría, ya que ha sido suficiente con modificar la configuración del semáforo para obtener un mejor score de nivel de servicio y menores demoras en la intersección.

Por contraparte, para el caso de la intersección de las avenidas Los Alisos y Tupac Amaru es insuficiente solo con modificar la configuración de la distribución del semáforo, la principal razón es que no se mejora el score a una calificación de B. Se espera un score de B por recomendación del HCM. Por tal motivo, se aplicarán todas las herramientas y metodologías que se explicaron anteriormente para evaluar las condiciones viales y proponer un rediseño geométrico en la intersección de las avenidas los alisos y Tupac Amaru. Asimismo, se planteará equilibrar los requerimientos desde el enfoque vehicular y peatonal/ciclista.

4.7. Evaluación del nivel de servicio peatonal en la intersección de las avenidas Tupac Amaru y la avenida los alisos

4.7.1 Resultados de los PLOS

Simbología de las aceras, pasarelas y esquinas

La tabla 26 muestra la designación numeral que se le hace a las aceras para facilitar el trabajo del procesamiento de información

Tabla 26: Designación numeral a las aceras
 Fuente: Elaboración propia

Imagen	Acera	
	1	Avenida Tupac Amaru, entre avenida las prensas y avenida los alisos
	2	Avenida Gerardo Unger, entre avenida los alisos y avenida las almendras
	3	Avenida los alisos, entre avenida las peras y avenida Tupac Amaru
	4	Avenida los alisos, entre avenida el anis y avenida Tupac Amaru
	5	Avenida los alisos, entrada principal al terminal
	6	Avenida los alisos, entre Tupac Amaru Sur y Tupac Amaru Norte

La figura 44 muestra la designación que se le da a las pasarelas y esquinas, pueden ser nombradas por letras o números.

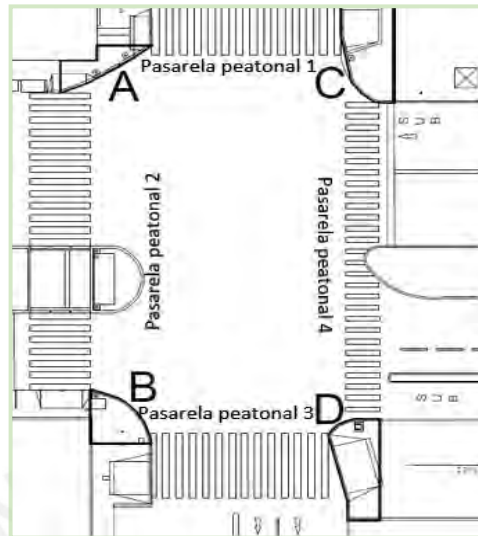


Figura 44: Designación que se le da a pasarelas y esquinas

Fuente: Elaboración propia

Resultados

Se aplicaron las metodologías basadas en la capacidad y nivel de. En el anexo 19 se ven las plantillas utilizadas. La tabla 27 es un cuadro resumen con la calificación que cinco metodologías realizan sobre los segmentos. Por otro lado, la tabla 28 muestra la calificación que tres metodologías realizan sobre las pasarelas. Lo más resaltante que se ve es la disparidad de resultados entre uno y otro método.

Tabla 27: Resumen de resultados tras la aplicación de metodologías que evalúan nivel de servicio peatonal en los segmentos

Fuente: Elaboración propia

	Avenida Tupac Amaru		Avenida Los Alisos			
METODOLOGIA	1	2	3	4	5	6
HCM 2010	A	A	D	A	A	A
Landis	B	B	B	B	B	B
Australiano	C	B	C	C	C	C
De Tan	B	A	A	A	F	F
Jaskiewicz	C	B	B	B	B	D

Tabla 28: Resumen de resultados tras la aplicación de metodologías que evalúan nivel de servicio peatonal en las pasarelas

Fuente: Elaboración propia

METODOLOGIA	Pasarela peatonal 1	Pasarela peatonal 2		Pasarela peatonal 3	Pasarela peatonal 4		
HCM 2010	B	B	B	B	B	B	A
Landis	C	C	D	B	C	C	D
Charlotte	A	-	D	-	C	-	D

4.7.2. Hallazgos y recomendaciones

La tabla 29 resume todas las modificaciones que cada metodología sugiere debe hacerse en cada una de las seis aceras para mejorar el nivel de servicio peatonal. Resulta beneficioso puesto que sirve como punto de partida para rediseñar

infraestructura peatonal. El siguiente paso sería revisar cumplir con la normativa peruana y recomendaciones de manuales internacionales.

Tabla 29: Modificaciones que cada metodología sugiere debe hacerse en cada una de las seis aceras para mejorar el nivel de servicio peatonal

Fuente: Elaboración propia

SUGERENCIAS PARA MEJORAR EL NIVEL DE SERVICIO EN LAS ACERAS							
METODOLOGÍA	1	2	3	4	5	6	
La metodología del Highway Capacity Manual (HCM 2010)	<ul style="list-style-type: none"> Aumentar el área por peatón (ft²/p) del segmento, aumentando el ancho efectivo de la acera Disminuir la demora al tratar de cruzar cambiando de dirección (dpp) y la demora tratando de cruzar manteniendo la misma dirección (dpc) Mejorar el score del nivel de servicio para la intersección (Ipi-int) Disminuir el ancho del carril más cercano a la intersección (Ipi-int) Incluir un espacio en la que se coloque mobiliario urbano o vegetación (buffer) 	<ul style="list-style-type: none"> Aumentar el área por peatón (ft²/p) del segmento, aumentando el ancho efectivo de la acera Disminuir la demora al tratar de cruzar cambiando de dirección (dpp) y la demora tratando de cruzar manteniendo la misma dirección (dpc) Mejorar el score del nivel de servicio para la intersección (Ipi-int) Disminuir el ancho del carril más cercano a la intersección (Ipi-int) Incluir un espacio en la que se coloque mobiliario urbano o vegetación (buffer) 	<ul style="list-style-type: none"> Aumentar el área por peatón (ft²/p) del segmento, aumentando el ancho efectivo de la acera Disminuir la demora al tratar de cruzar cambiando de dirección (dpp) y la demora tratando de cruzar manteniendo la misma dirección (dpc) Mejorar el score del nivel de servicio para la intersección (Ipi-int) Disminuir el ancho del carril más cercano a la intersección (Ipi-int) Incluir un espacio en la que se coloque mobiliario urbano o vegetación (buffer) 	<ul style="list-style-type: none"> Aumentar el área por peatón (ft²/p) del segmento, aumentando el ancho efectivo de la acera Disminuir la demora al tratar de cruzar cambiando de dirección (dpp) y la demora tratando de cruzar manteniendo la misma dirección (dpc) Mejorar el score del nivel de servicio para la intersección (Ipi-int) Disminuir el ancho del carril más cercano a la intersección (Ipi-int) Incluir un espacio en la que se coloque mobiliario urbano o vegetación (buffer) 	<ul style="list-style-type: none"> Disminuir la demora al tratar de cruzar cambiando de dirección (dpp) y la demora tratando de cruzar manteniendo la misma dirección (dpc) 	<ul style="list-style-type: none"> Incluir un espacio en la que se coloque mobiliario urbano o vegetación (buffer) 	
El método de Landis		<ul style="list-style-type: none"> Incluir un espacio en la que se coloque mobiliario urbano o vegetación (buffer) 	<ul style="list-style-type: none"> Quitar el estacionamiento continuo a la acera Disminuir el ancho del carril más cercano a la acera Incluir un espacio en la que se coloque mobiliario urbano o vegetación (buffer) Disminuir el número de carriles que atraviesa la pasarela 	<ul style="list-style-type: none"> Quitar el estacionamiento continuo a la acera Disminuir el ancho del carril más cercano a la acera Incluir un espacio en la que se coloque mobiliario urbano o vegetación (buffer) 		<ul style="list-style-type: none"> Incluir un espacio en la que se coloque mobiliario urbano o vegetación (buffer) 	
El método australiano (Gallin)	<ul style="list-style-type: none"> Se tiene que mejorar la calidad de la superficie de la acera. Para aceras de concreto que no haya abolladuras y grietas, si son aceras con adoquines que no sean desiguales. Prohibir la exhibición de autopartes y carteles en la acera Incluir una isla de refugio, reductores de velocidad, reducir el largo del cruceo peatonal y reducir el radio de giro 	<ul style="list-style-type: none"> Prohibir la exhibición de autopartes y carteles en la acera Incluir una isla de refugio, reductores de velocidad, reducir el largo del cruceo peatonal y reducir el radio de giro 	<ul style="list-style-type: none"> Prohibir la exhibición de autopartes y carteles en la acera Incluir una isla de refugio, reductores de velocidad, reducir el largo del cruceo peatonal y reducir el radio de giro Incluir iluminación en las aceras a través de postes peatonales 	<ul style="list-style-type: none"> Prohibir la exhibición de autopartes y carteles en la acera Incluir una isla de refugio, reductores de velocidad, reducir el largo del cruceo peatonal y reducir el radio de giro Incluir iluminación en las aceras a través de postes peatonales 	<ul style="list-style-type: none"> Se tiene que mejorar la calidad de la superficie de la acera. Para aceras de concreto que no haya abolladuras y grietas, si son aceras con adoquines que no sean desiguales. Prohibir la exhibición de autopartes y carteles en la acera Incluir una isla de refugio, reductores de velocidad, reducir el largo del cruceo peatonal y reducir el radio de giro Incluir iluminación en las aceras a través de postes peatonales 	<ul style="list-style-type: none"> Se tiene que mejorar la calidad de la superficie de la acera. Para aceras de concreto que no haya abolladuras y grietas, si son aceras con adoquines que no sean desiguales. Prohibir la exhibición de autopartes y carteles en la acera Incluir una isla de refugio, reductores de velocidad, reducir el largo del cruceo peatonal y reducir el radio de giro Incluir iluminación en las aceras a través de postes peatonales 	<ul style="list-style-type: none"> Prohibir la exhibición de autopartes y carteles en la acera Incluir una isla de refugio, reductores de velocidad, reducir el largo del cruceo peatonal y reducir el radio de giro Incluir iluminación en las aceras a través de postes peatonales
La metodología de Tan et al	<ul style="list-style-type: none"> Reducir el flujo vehicular 				<ul style="list-style-type: none"> Reducir la zona en la que se ubica los árboles y el mobiliario urbano (buffer) 	<ul style="list-style-type: none"> Reducir la zona en la que se ubica los árboles y el mobiliario urbano (buffer) 	
La metodología de Jaskiewicz	<ul style="list-style-type: none"> Ensandar la acera en ciertos tramos para ubicar postes de luz, mobiliario urbano y bancos Incentivar el uso de marquesinas o colocar árboles para que den sombra Mejorar la calidad de la acera e incluir pavimentación podotáctil cerca a la intersección Utilizar un cruceo elevado 	<ul style="list-style-type: none"> Incentivar el uso de marquesinas o colocar árboles para que den sombra Mejorar la calidad de la acera e incluir pavimentación podotáctil cerca a la intersección 	<ul style="list-style-type: none"> Incentivar el uso de marquesinas o colocar árboles para que den sombra Mejorar la calidad de la acera e incluir pavimentación podotáctil cerca a la intersección Reducir el largo del cruceo y dimensionar la isla de refugio de acuerdo al flujo peatonal Eliminar los giros en U 	<ul style="list-style-type: none"> Incentivar el uso de marquesinas o colocar árboles para que den sombra Mejorar la calidad de la acera e incluir pavimentación podotáctil cerca a la intersección Reducir el largo del cruceo y dimensionar la isla de refugio de acuerdo al flujo peatonal Eliminar los giros en U 	<ul style="list-style-type: none"> Incentivar el uso de marquesinas o colocar árboles para que den sombra Mejorar la calidad de la acera e incluir pavimentación podotáctil cerca a la intersección Reducir el largo del cruceo y dimensionar la isla de refugio de acuerdo al flujo peatonal Eliminar los giros en U 	<ul style="list-style-type: none"> Incentivar el uso de marquesinas o colocar árboles para que den sombra Mejorar la calidad de la acera e incluir pavimentación podotáctil cerca a la intersección Reducir el largo del cruceo y dimensionar la isla de refugio de acuerdo al flujo peatonal Eliminar los giros en U 	<ul style="list-style-type: none"> Generar la sensación de encorramiento (enclosure) a través de la colocación de árboles y bancos Compartir la fila para el peatón para que sea paralela a la vía Incentivar el uso de marquesinas o colocar árboles para que den sombra Mejorar la calidad de la acera e incluir pavimentación podotáctil cerca a la intersección Alejar el cruceo peatonal de la intersección Eliminar los giros en U

La tabla 30 resume todas las modificaciones que cada metodología sugiere debe hacerse en cada una de las cuatro pasarelas y en la intersección para mejorar el nivel de servicio peatonal.

Tabla 30: Modificaciones que cada metodología sugiere debe hacerse en cada una de las cuatro pasarelas y en la intersección para mejorar el nivel de servicio peatonal

Fuente: Elaboración propia

METODOLOGÍA	SUGERENCIAS PARA MEJORAR EL NIVEL DE SERVICIO EN LAS PASARELAS			
	1	2	3	4
La metodología del Highway capacity manual (HCM 2010)	<ul style="list-style-type: none"> Aumentar el área de las esquinas en la que los peatones esperan para cruzar Disminuir las demoras en la intersección al tratar de cruzar 	<ul style="list-style-type: none"> Reducir el largo de la pasarela y distribuir los carriles en ambos sentidos equitativamente <ul style="list-style-type: none"> Aumentar el ancho de la pasarela Eliminar los giros a la derecha en fase rojo Disminuir las demoras en la intersección al tratar de cruzar Distribuir los carriles en ambos sentidos equitativamente 	<ul style="list-style-type: none"> Aumentar el área de las esquinas en la que los peatones esperan para cruzar <ul style="list-style-type: none"> Eliminar los giros a la derecha en fase rojo Hacer que los giros a la izquierda no entren en conflicto con los peatones en una misma fase. Incluir fases protegidas Disminuir las demoras en la intersección al tratar de cruzar 	<ul style="list-style-type: none"> Aumentar el área de las esquinas en la que los peatones esperan para cruzar <ul style="list-style-type: none"> Aumentar el ancho de la pasarela Hacer que los giros a la izquierda no entren en conflicto con los peatones en una misma fase. Incluir fases protegidas Disminuir las demoras en la intersección al tratar de cruzar
El método de Landis	<ul style="list-style-type: none"> Disminuir las demoras en la intersección al tratar de cruzar 	<ul style="list-style-type: none"> Eliminar los giros a la derecha en fase rojo Disminuir las demoras en la intersección al tratar de cruzar Distribuir los carriles en ambos sentidos equitativamente 	<ul style="list-style-type: none"> Eliminar los giros a la derecha en fase rojo Hacer que los giros a la izquierda no entren en conflicto con los peatones en una misma fase. Incluir fases protegidas Disminuir las demoras en la intersección al tratar de cruzar 	<ul style="list-style-type: none"> Hacer que los giros a la izquierda no entren en conflicto con los peatones en una misma fase. Incluir fases protegidas Disminuir las demoras en la intersección al tratar de cruzar Distribuir los carriles en ambos sentidos equitativamente
El método de Charlotte	<ul style="list-style-type: none"> Aumentar el ancho del refugio peatonal Cambiar el contador del semáforo peatonal para velocidades peatonales menores a 3.5 ft/s y de la luz verde antes que a los vehículos 	<ul style="list-style-type: none"> Reducir el largo de la pasarela Cambiar el contador del semáforo peatonal para velocidades peatonales menores a 3.5 ft/s y de la luz verde antes que a los vehículos <ul style="list-style-type: none"> Reducir radio de giro 	<ul style="list-style-type: none"> Aumentar el ancho del refugio peatonal Incluir fase protegida/permitida para giros a la izquierda Cambiar el contador del semáforo peatonal para velocidades peatonales menores a 3.5 ft/s y de la luz verde antes que a los vehículos 	<ul style="list-style-type: none"> Eliminar giros a la izquierda Cambiar el contador del semáforo peatonal para velocidades peatonales menores a 3.5 ft/s y de la luz verde antes que a los vehículos

4.8. Análisis de la intersección desde el punto de vista de seguridad

4.8.1 Inspección de seguridad vial

Inspección y evaluación de la zona: Intersección de las avenidas Tupac Amaru y los Alisos

Debido a que la inspección no fue realizada por auditores con experiencia, nos e tiene la seguridad que se hayan identificado todas las deficiencias de la zona. Sin embargo, las recomendaciones tienen el objetivo de garantizar un mejor nivel de seguridad y confianza con los usuarios.

Se realizaron dos visitas a campo durante los días martes 26 de Setiembre (a partir de la 13:00 horas, soleado) y el viernes 27 de octubre (a partir de las 07:00 horas, nublado) del 2017. La inspección consistió en una evaluación detallada de la intersección en cuestión.

Para la evaluación de la zona se utilizaron cámaras de fotos, así como listas de chequeo del “Manual de la seguridad vial 2017”. Se ha aprovechado las filmaciones del aforo vehicular y peatonal realizado el viernes 21 de abril del 2017, para evaluar la intersección de noche (18:30 horas). En el anexo 20 se encuentran las listas aplicadas a la intersección de las avenidas Tupac Amaru y los Alisos.

Hallazgos de la ISV y recomendaciones

En las inspecciones realizadas a la intersección se encontraron diversas observaciones escudriñadas en las categorías que se detallaran después, con las respectivas recomendaciones. Esta información está contenida en las tablas 31 y 32.

Tabla 31: Tabla de hallazgos y recomendaciones tras la inspección de seguridad vial (parte 1)

Fuente: Elaboración propia

	Hallazgos	Recomendaciones
Señales verticales	<ul style="list-style-type: none"> • Solo se han notado solo dos señales verticales (parada de buses y nombre de las avenidas). • Las señales verticales transmiten el mensaje que se quiere expresar. Sin embargo, el problema es que están mal ubicados. • Son necesarios más señales advirtiendo de la presencia de peatones • Las señales horizontales están despintadas • La señal de prohibido giro a la izquierda está muy alejada. Se puede visualizar desde delante de la cola, pero no desde atrás. • Hay evidencia de pintas en los postes • Falta algunas señalizaciones reglamentarias • Falta evaluar si las señales verticales logran visualizarse • Los postes no funcionan en tramos de la avenida Alisos, por las noches no se puede visualizar el letrero de paradero de buses • Falta señalización vertical preventiva • Falta una señalización advirtiendo de la aproximación a la estación o terminal • Hay muchos carteles de propaganda que distraen a los conductores 	<ul style="list-style-type: none"> • Con la ayuda del manual de dispositivos de control de tránsito 2014, incluir la señalización necesaria • Reubicar la señalización en algún lugar que pueda ser visible • Incluir más señales que alerten de la presencia de peatones, que está cerca una intersección semaforizada y que se tiene que reducir la velocidad • Volver a pintar las señales horizontales • Ubicar el semáforo tipo ménsula justo después de la línea de pare, y en este lugar ubicar el letrero de prohibido viraje a la izquierda • Borrar las marcas en los postes para que se entienda el mensaje • Proponer las señalizaciones de prohibido giro a la izquierda, prohibido estacionar, carril exclusivo para BRTs y velocidad máxima. • Evaluar la visualización de cada señal • Proponer la ubicación de postes vehiculares y peatonales • Incluir señalización de intersección en ángulo recto con vía principal, señal de cruceo peatonal y señal de proximidad de semáforos • Incluir señalización de aproximación de estación o terminal • Disminuir la cantidad de carteles de propaganda
Señales horizontales	<ul style="list-style-type: none"> • No hay tachones o tachas por ser una vía urbana, sin embargo, son necesarias para delimitar la zona de paradero de buses y prohibir giros en U • No se ha borrado la demarcación de cruceo tipo cebrá antiguo • La velocidad máxima de los vehículos en la avenida Tupac Amaru es de 40km/hr. No se aconseja colocar un reductor de velocidad 	<ul style="list-style-type: none"> • Incluir tachones en los lugares que se producen giros en U • Volver a pintar aquellas demarcaciones en las que se ha borrado la pintura y borrar aquellas que no se utilicen • Utilizar cruceos elevados en vez de reductores de velocidad
Delineación	<ul style="list-style-type: none"> • Los delineadores son necesarios para restringir ciertos movimientos o guiar otros movimientos 	<ul style="list-style-type: none"> • Ubicar los delineadores cerca a la parada de buses y en los lugares donde se producen los giros en U
Semáforos	<ul style="list-style-type: none"> • Es necesario verificar si la distancia de visibilidad para focalizar los semáforos es adecuada • Falta colocar advertencia o señalización alertando de los semáforos • El tiempo de verde es adecuado en la avenida los Alisos, no se forman colas. Pero el problema que causa demoras en la intersección son los vehículos estacionados en los paraderos de taxis y mototaxis • El tiempo para despejar la intersección no es suficiente • Los semáforos peatonales no son actuados y comparten la fase con los movimientos adyacentes • Por tratarse de los alrededores de una estación es necesario marcas podotactiles • La iluminación de la cara de los semáforos aparentemente no tiene iluminación leed. • Los semáforos peatonales no tienen contador de tiempo 	<ul style="list-style-type: none"> • Poner semáforos tipo ménsula en las dos pasarelas de la avenida los Alisos. • Colocar señalización advirtiendo de la aproximación a intersección semaforizada • Eliminar autos estacionados y reprogramar semáforos • Adicionar más tiempo de ámbar • Colocar una fase especial para peatones y reajustar fase • Incluir pavimentación podotáctil en las esquinas y frente al acceso del terminal • Es necesario que se note el cambio de luces ya que hay demasiados conflictos en la intersección • Incluir el contador de tiempos para el semáforo peatonal
Iluminación	<ul style="list-style-type: none"> • Los postes vehiculares iluminan bien las avenidas Tupac Amaru y los Alisos. Aunque en un tramo de la avenida los Alisos no hay postes. • No se llega a ver la señalización vertical por las noches • La iluminación de los postes no tiene luces leed 	<ul style="list-style-type: none"> • Revisar la normativa acerca de la ubicación de postes y reubicar aquellos mal localizados • Iluminar la señalización vertical • Incluir iluminación leed en los postes vehiculares
Pavimentos	<ul style="list-style-type: none"> • Las aceras de las avenidas Tupac Amaru y los Alisos se llenan de tierra. Porque la zona de parqueo en la vía está cubierta con tierra 	<ul style="list-style-type: none"> • Cambiar el tipo de suelo de tierra a concreto o asfalto
Bermas	<ul style="list-style-type: none"> • El tipo de superficie de la berma es tierra 	<ul style="list-style-type: none"> • Cambiar el tipo de superficie a concreto o asfalto

Tabla 32: Tabla de hallazgos y recomendaciones tras la inspección de seguridad vial (parte 2)

Fuente: Elaboración propia

	Hallazgos	Recomendaciones
Barreras	<ul style="list-style-type: none"> Se utiliza una reja para dividir la avenida Tupac Amaru y separar los carriles exclusivos para BRTs 	<ul style="list-style-type: none"> De verificarse que el material de la reja es suave cambiarlo por un material más duro
Visibilidad y velocidad	<ul style="list-style-type: none"> La intersección llega a verse desde todos los accesos al ser los semáforos tipo ménsula. En la vía Tupac Amaru transita un flujo elevado de combis y microbuses, esta situación origina colas ya que estos vehículos esperan antes de la intersección por los pasajeros No hay señalización que advierta de la velocidad máxima permitida 	<ul style="list-style-type: none"> Elevar el cruce peatonal y colocar señalización horizontal en intersección para que se note más la presencia de peatones Que se prohíba la circulación de combis Incluir señalización
Alineamientos y sección transversal	<ul style="list-style-type: none"> El separador en la avenida Tupac Amaru no tiene el ancho necesario Hay movimientos como el giro a la izquierda desde la avenida los Alisos que tienen un alto flujo y requieren una fase protegida El radio de giro es excesivo en la esquina de la avenida Tupac Amaru y los Alisos 	<ul style="list-style-type: none"> Proponer un ancho adecuado que sirve de separador y refugio peatonal Reprogramar las fases vehiculares, peatonales o eliminar maniobras Modificar el radio de giro donde sea necesario
Intersección	<ul style="list-style-type: none"> Se ha notado desalineamiento horizontal en la intersección Las medianas no están alineadas Se han identificado demoras al realizar movimientos de viraje Ya que hay poco flujo de ciclistas en la intersección, la ciclo vía de la avenida los Alisos se utiliza como paradero de taxis y mototaxis Los virajes a la izquierda desde la avenida Tupac Amaru, bloquean la intersección 	<ul style="list-style-type: none"> Tratar de alinear las aceras y avenidas Alinear las medianas, agregando o quitando carriles Modificar la geometría de la intersección o prohibir ciertos movimientos Reubicar la ciclo vía de preferencia al medio Eliminar los giros a la izquierda en la intersección desde Tupac Amaru
Usuarios Vulnerables	<ul style="list-style-type: none"> El ancho de la acera en la avenida los Alisos, es insuficiente para el desplazamiento de personas de sillas de rueda El separador de la avenida Tupac Amaru es estrecho No se han encontrado rampas para personas con discapacidad en las esquinas En la avenida los Alisos con dirección oeste el paradero de buses alimentadores se encuentra muy cerca de la línea de detención La zona de espera en los paraderos en la avenida los Alisos, bloquea el tránsito de peatones. Los peatones no caminan hasta el cruce peatonal, sino cruzan a mitad de vía 	<ul style="list-style-type: none"> Aumentar el ancho efectivo para los peatones Aumentar el ancho del separador e incluir un cruce elevado Incluir rampas que consideren a los ancianos, niños y personas con discapacidad Reubicar el paradero metros antes de la línea de pare Modificar la línea de espera para que sea paralela a la vía en vez de perpendicular El separador debe estar rodeado de rejas que impidan el cruce de peatones
Estacionamiento	<ul style="list-style-type: none"> No hay letreros indicando la presencia de estacionamientos adyacente a la vía La cantidad de virajes a la derecha desde la avenida los Alisos este, genera colas y demoras 	<ul style="list-style-type: none"> Incluir señalización vertical que indique la inclusión de paraderos al costado de la vía Eliminar el estacionamiento al costado de la vía, para que haya más espacio
Varios	<ul style="list-style-type: none"> Se ha notado grandes aglomeraciones de personas (vendedores ambulantes), esto distrae a los conductores En la mediana, hay ramas que sobresalen y chocan con los autos 	<ul style="list-style-type: none"> Reubicar los puestos de los vendedores Cortar aquellas ramas que sobresalgan

4.8.2 Aplicación de metodologías para tratamiento de puntos negros

Listas de chequeo

Con la data recolectada que exige esta metodología, que se explicó en el capítulo 3, se aplicaron las listas de chequeo. El objetivo de las listas de chequeo, es identificar qué factores pueden estar contribuyendo a los accidentes y consisten en una serie de preguntas que deben ser respondidas por el observador. En el anexo 21 se encuentran las listas de chequeo del libro “Tratamiento de puntos negros con medidas correctivas de bajo costo” aplicadas a la intersección de las avenidas Tupac Amaru y los Alisos.

Hallazgos de las listas de chequeo y recomendaciones

Los hallazgos para corregir la accidentalidad en la intersección se encuentran en la tabla 33, también se incluyen algunas recomendaciones para corregirlas.

Tabla 33: Tabla de hallazgos y recomendaciones tras aplicar la metodología para el tratamiento de puntos negro

Fuente: Elaboración propia

Hallazgos y recomendaciones
Se recomienda que la subgerencia de ingeniería de tránsito, tenga un plan para detectar semáforos malogrados en la vía ya que el flujo de vehículos y peatones es cambiante.
Para que se eviten colisiones en la intersección, adicionar una fase de todo rojo
En la avenida los Alisos hacia el este, adicionar un carril porque hay una gran cantidad de giros a la derecha y buses alimentadores que dejan pasajeros
Se necesitan lentes de 0.30 m en los semáforos, porque el semáforo se encuentra a más de 36 metros de la línea de pare,
Incluir señalización de cruceo elevado
Aumentar el tiempo de ámbar del semáforo
Para evitar conflictos entre los peatones y los vehículos que viran a la izquierda. Se puede colocar una fase protegida o permitida/protegida y una fase peatonal exclusiva
Los giros a la izquierda desde la avenida Tupac Amaru se deben eliminar en la intersección. Se podría habilitar un carril para giros en U.
Para eliminar los giros a la izquierda que los vehículos livianos y pesados que no son BRTs realizan desde Tupac Amaru, se recomienda reducir a un carril exclusivo, de esta manera se aumenta la cola de BRTs y evita el giro a la izquierda.
Eliminar el paradero de taxis y mototaxis que se ubican en la avenida los Alisos con dirección oeste, ya que dificultan la visibilidad de los vehículos que desean virar hacia la derecha desde la avenida Tupac Amaru.
Prohibir todo tipo de maniobra de giro en U.
No hay una adecuada señalización de que se acerca una intersección semaforizada. Se pasa de un tramo recto e intersección semaforizada.
El paradero de buses alimentadores de la avenida los Alisos con dirección este, tiene que trasladarse más atrás para que los vehículos no bloqueen la intersección.
En la avenida Tupac Amaru, hay gran flujo de microbuses y combis, se debe prohibir el paso de combis o en su defecto incorporar un carril extra.
Se han identifica accidentes de tipos caída de pasajeros, esto se relaciona con los mototaxis que no tiene las puertas debidamente fijas.
Falta colocar semáforos peatonales para cada una de las cuatro pasarelas.
Implementar las partidas demoradas para los vehículos, para que se note la presencia de peatones.
Los cruceos peatonales tienen que estar al menos a 5 metros de distancia desde la intersección.
Incluir las demarcaciones horizontales de dirección donde haga falta
Evitar que los peatones compartan la misma fase con las maniobras de giro a la derecha.

5. PROPUESTA DE REDISEÑO DE LA INTERSECCIÓN

5.1. Resumen de los problemas identificados tras la aplicación de las metodologías

5.1.1 Infraestructura que debe ser modificada

En la tabla 34 se muestra la asignación por una letra o número de la acera, pasarela o avenida.

Tabla 34: Asignación por una letra o número de la infraestructura
Fuente: Elaboración propia

Imagen		Acera	
	1	Avenida Tupac Amaru, entre avenida las prensas y avenida los alisos	
	2	Avenida Gerardo Unger, entre avenida los alisos y avenida las almendras	
	3	Avenida los alisos, entre avenida las peras y avenida Tupac Amaru	
	4	Avenida los alisos, entre avenida el anis y avenida Tupac Amaru	
	5	Avenida los alisos, entrada principal al terminal	
	6	Avenida los alisos, entre Tupac Amaru Sur y Tupac Amaru Norte	
		Pasarela	
	A	Perpendicular acceso Tupac Amaru Sur	
	B	Perpendicular acceso los alisos este	
	C	Perpendicular salida Tupac Amaru Sur	
	D	Perpendicular acceso los alisos oeste	
		Avenida	
	w	Avenida Tupac Amaru Sur	
	x	Avenida los alisos este	
	y	Avenida Gerardo Unger y avenida Tupac Amaru Sur	
	z	Avenida los alisos oeste	

La tabla 35 muestra la infraestructura que debe ser modificada, para que la intersección se convierta en aceptable. Esta aceptabilidad incluye todas las perspectivas de los usuarios de las vías. La parte resaltada en negrita se diferencia como requerimiento desde el enfoque de la seguridad vial. A diferencia de la que no está que es desde el punto de vista del nivel de servicio y capacidad.

5.1.2 Configuraciones semafóricas que deben ser agregadas y modificadas

El gráfico 20 resume las recomendaciones respecto a las configuraciones semafóricas obtenidas tras la aplicación de las metodologías. Aquellas medidas resaltadas en negrito se obtuvieron de las metodologías basadas en la seguridad vial.

Semáforos
Optimizar el ciclo del semáforo
Optimizar las fases de los semáforos
Cambiar el contador de semáforo para velocidades de 3.5ft/s (1.07m/s)
Adelantar el verde para los peatones
Incluir fases protegidas para los giros a la izquierda
Adicionar una fase de todo rojo
Aumentar los lentes de los semáforos a 0.30 m
Incluir fase peatonal exclusiva
Aumentar el tiempo de ambar

Gráfico 20: Cuadro que resume las recomendaciones respecto a las configuraciones semafóricas
Fuente: Elaboración propia

5.2. Aplicación del software Synchro para simular alternativas

Para llegar al rediseño final se hicieron varias pruebas con el software Synchro. A continuación, se mostrarán las tres principales simulaciones que se plantearon a partir de las tablas

5.2.1. Propuestas

Propuesta 1

Con respecto a la configuración del carril se hicieron las siguientes modificaciones:

- Prohibir los giros a la izquierda desde la avenida Tupac Amaru. Colocar carriles exclusivos de giro en U para que los BRTs regresen a la estación en lugares más delante de la intersección.
- Prohibir los giros a la derecha desde la avenida Tupac Amaru

En las configuraciones de volumen se han eliminado los conflictos entre los peatones y los giros a la izquierda desde la avenida Tupac Amaru. Con respecto a las configuraciones de tiempo están señaladas con un rectángulo de color rojo en la figura 45.

- Se adiciona una fase protegida/permitida para los giros a la izquierda desde la avenida los alisos oeste ($\Phi 1$)
- Se incluyó un tiempo de todo rojo de 0.5 segundos
- Incluir un tiempo mínimo de ámbar de 2.8 segundos
- La longitud de ciclo es de 130 segundos

TIMING SETTINGS	EBU	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR	PED	HOLD
Lanes and Shoring (BRL)	7	0	402	253	117	360	0	0	0	0	0	986	154		
Turn Type	Perm				protect										
Protected Phases			2		1	6						4			
Permitted Phases	2				6										
Detector Phases	None		None		None	None						None			
Switch Phase	0		0		0	0						0			
Leading Detector (m)			0.0			0.0						0.0			
Trailing Detector (m)			0.0			0.0						0.0			
Minimum Initial (s)	40.0		40.0		4.0	40.0						25.0			
Minimum Split (s)	58.6		58.6		8.0	58.0						29.0			
Total Split (s)	60.0		60.0		8.0	68.0						62.0			
Yellow Time (s)	2.9		2.9		3.5	2.9						2.8			
AllRed Time (s)	5.0		5.0		0.5	5.0						0.0			
Lost Time Adjust (s)			0.0			0.0						0.0			
Lagging Phase?	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>						<input type="checkbox"/>			
Allow Lead/Lag Optimize?	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>						<input type="checkbox"/>			
Recall Mode	Max		Max		Max	Max						Max			
Actuated Effct. Green (s)			52.1			60.1						59.2			
Actuated g/C Ratio			0.40			0.46						0.46			
Volume to Capacity Ratio			0.62			1.47						0.56			
Control Delay (s)			33.3			26.3						27.0			
Queue Delay (s)			0.0			0.0						0.0			
Total Delay (s)			33.3			26.3						27.0			
Level of Service			C			C						C			
Approach Delay (s)			33.3			26.3						27.0			
Approach LOS			C			C						C			
Queue Length 50th (m)			79.7			37.1						69.4			
Queue Length 95th (m)			101.7			48.3						79.6			
Stops (vph)			512			298						804			
Fuel Used (l/hr)			26			17						62			
Dilemma Vehicles (#/hr)			0			0						0			

Figura 45: Configuración de tiempo para la primera propuesta de rediseño

Fuente: Captura propia del software Synchro

Esta propuesta presento los siguientes inconvenientes:

- En la figura 44 esta resaltado con un rectángulo de color bronce los problemas. Primero el grado de saturación en la avenida los alisos oeste es mayor a 1
- En los otros accesos Tupac Amaru y los alisos este hay una mejora en el grado de saturación.
- La demora en la intersección mejora de 45.9 seg/veh a 28.6 seg/veh
- El nivel de servicio para el acceso los alisos oeste ha mejora de D a C
- El nivel de servicio para la intersección mejora de D a C

La figura 46 muestra la distribución de fases en el tiempo semafórico. Los movimientos son: acceso los alisos oeste ($\Phi 6$), acceso los alisos este ($\Phi 2$), giro a la izquierda protegido desde la avenida los alisos oeste ($\Phi 1$) y acceso Tupac Amaru ($\Phi 4$).



Figura 46: Distribución de fases en el tiempo semafórico para la propuesta de rediseño 1

Fuente: Captura propia del software Synchro

Propuesta 2:

Con respecto a la configuración del carril se hicieron las siguientes modificaciones:

- Prohibir los giros a la izquierda desde la avenida Tupac Amaru. Colocar carriles exclusivos de giro en U para que los BRTs regresen a la estación en lugares más delante de la intersección.
- Prohibir los giros a la derecha desde la avenida Tupac Amaru

En las configuraciones de volumen se han eliminado los conflictos entre los peatones y los giros a la izquierda desde la avenida Tupac Amaru y se ha considerado que no circulen combis, esto reduce el valor del porcentaje de vehículos pesados.

Con respecto a las configuraciones de tiempo están señaladas con un rectángulo de color rojo en la figura 46.

- Se adiciona una fase protegida/permitida para los giros a la izquierda desde la avenida los alisos oeste ($\Phi 1$)
- Se incluyó un tiempo de todo rojo de 5 segundos
- Incluir un tiempo mínimo de ámbar de 2.8 segundos
- La longitud de ciclo de 130 segundos

Esta propuesta presento los siguientes inconvenientes:

- En la figura 47 esta resaltado con un rectángulo de color bronce los problemas. Primero el grado de saturación de la avenida los alisos oeste es mayor a 1, aunque en los otros accesos Tupac Amaru y los alisos este hay una mejora en el grado de saturación.
- La demora en la intersección mejora de 45.9 seg/veh a 30.4 seg/veh
- El nivel de servicio para el acceso los alisos oeste ha mejora de D a C
- El nivel de servicio para la intersección mejora de D a C

TIMING SETTINGS	EBU	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR	PED	HOLD
Lanes and Sharing (#RL)	7	0	402	259	117	360	0	0	0	0	0	986	154		
Traffic Volume (vph)															
Turn Type	Perm				pm+pt										
Protected Phases			2		1	6						4			
Permitted Phases	2				6										
Detector Phases	None		None		None	None						None			
Switch Phase	0		0		0	0						0			
Leading Detector (m)			0.0			0.0						0.0			
Trailing Detector (m)			0.0			0.0						0.0			
Minimum Initial (s)	40.0		40.0		4.0	40.0						25.0			
Minimum Split (s)	58.6		58.6		8.0	58.0						29.0			
Total Split (s)	60.0		60.0		8.0	68.0						62.0			
Yellow Time (s)	2.9		2.9		3.5	2.9						2.8			
All-Red Time (s)	5.0		5.0		0.5	5.0						0.0			
Lost Time Adjust (s)			0.0			0.0						0.0			
Lagging Phase?	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>							<input type="checkbox"/>			
Allow Lead/Lag Optimize?	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>							<input type="checkbox"/>			
Recall Mode	Max		Max		Max	Max						Max			
Actuated Effect, Green (s)			52.1			60.1						53.2			
Actuated g/C Ratio			0.40			0.46						0.46			
Volume to Capacity Ratio			0.62			1.65d						0.84			
Control Delay (s)			33.3			26.3						37.4			
Queue Delay (s)			0.0			0.0						0.0			
Total Delay (s)			33.3			26.3						37.4			
Level of Service			C			C						D			
Approach Delay (s)			33.3			26.3						37.4			
Approach LOS			C			C						D			
Queue Length 50th (m)			79.7			37.1						126.6			
Queue Length 95th (m)			101.7			48.3						149.6			
Stops (vph)			512			298						982			
Fuel Used (l/hr)			26			17						72			
Dilemma Vehicles (#/hr)			0			0						0			

Figura 47: Configuración de tiempo para la segunda propuesta de rediseño
Fuente: Captura propia del software Synchro

La figura 48 muestra la distribución de fases en el tiempo semafórico. Los movimientos son: acceso los alisos oeste ($\Phi 6$), acceso los alisos este ($\Phi 2$), giro a la izquierda protegido desde la avenida los alisos oeste ($\Phi 1$) y acceso Tupac Amaru ($\Phi 4$).



Figura 48: Distribución de fases en el tiempo semafórico para la propuesta de rediseño 2
Fuente: Captura propia del software Synchro

5.2.2. Propuesta final

Con respecto a la configuración del carril se hicieron las siguientes modificaciones:

- Prohibir los giros a la izquierda desde la avenida Tupac Amaru. Colocar carriles exclusivos de giro en U para que los BRTs regresen a la estación en lugares adelantados de la intersección.
- Disminuir el radio de giro en cada uno de los accesos para que sea dificultoso el giro a la derecha.
- Aumentar un carril en el acceso de los alisos este
- Quitar un carril en el acceso de los alisos oeste
- Reducir el ancho promedio de carril de 3.2 a 3 metros en el acceso los alisos oeste y en los alisos este. Además, de reducir el ancho promedio de carril de 3.5 a 3.3 metros con la avenida Tupac Amaru.

- Se ha adicionado quitado un carril exclusivo en la avenida Tupac Amaru. Esto modifica el factor de utilización de carril

En las configuraciones de volumen se han eliminado los conflictos entre los peatones y los giros a la izquierda desde la avenida Tupac Amaru.

Con respecto a las configuraciones de tiempo están señaladas con un rectángulo de color rojo en la figura 49.

- Se adiciona una fase protegida/permitida para los giros a la izquierda desde la avenida los alisos oeste ($\Phi 1$)
- Se incluyó un tiempo de todo rojo de 0.5 segundos
- Incluir un tiempo mínimo de ámbar de 3 segundos
- Se ha adicionado una fase exclusiva para peatones ($\Phi 3$)
- Se optimizo la longitud de ciclo a 90 segundos

TIMING SETTINGS	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR	PED	HOLD
Lanes and Shoring (#RL)	↑↑↑			↑↑↑							↓			
Traffic Volume (vph)	0	402	259	117	360	0	0	0	0	0	886	154		
Turn Type				prmp										
Protected Phases		2		1	6						4		3	
Permitted Phases				6										
Detector Phases		None		None	None						None			
Switch Phase		0		0	0						0			
Leading Detector (m)		0.0		0.0	0.0						0.0			
Trailing Detector (m)		0.0		0.0	0.0						0.0			
Minimum Initial (s)		17.0		4.0	17.0						17.0		4.0	
Minimum Split (s)		26.0		18.0	20.0						33.0		12.0	
Total Split (s)		27.0		18.0	45.0						33.0		12.0	
Yellow Time (s)		3.0		3.5	3.0						3.0		2.0	
All-Red Time (s)		0.0		0.5	0.0						0.0		0.5	
Lost Time Adjust (s)		0.0		0.0	0.0						0.0		0.0	
Lagging Phase?		<input checked="" type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>						<input checked="" type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	
Allow Lead/Lag Optimize?		<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>						<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	
Recall Mode		Max		Max	Max						Max		Max	
Actuated Effct. Green (s)		24.0		42.0	42.0						30.0		30.0	
Actuated g/C Ratio		0.27		0.47	0.47						0.33		0.33	
Volume to Capacity Ratio		0.96		0.59	0.59						0.85		0.85	
Control Delay (s)		34.0		19.8	19.8						34.7		34.7	
Queue Delay (s)		0.0		0.0	0.0						0.0		0.0	
Total Delay (s)		34.0		19.8	19.8						34.7		34.7	
Level of Service		C		B	B						C		C	
Approach Delay (s)		34.0		19.8	19.8						34.7		34.7	
Approach LOS		C		B	B						C		C	
Queue Length 50th (m)		43.1		34.8	34.8						50.3		50.3	
Queue Length 95th (m)		57.2		50.1	50.1						73.5		73.5	
Stops (vph)		576		314	314						1009		1009	
Fuel Used (l/hr)		27		15	15						70		70	
Dilemma Vehicles (#/hr)		0		0	0						0		0	

Figura 49: Configuración de tiempo para la propuesta de rediseño final
Fuente: Captura propia del software Synchro

Esta propuesta presento los siguientes inconvenientes:

- En todos los accesos Tupac Amaru y los alisos hay una mejora en la ratio volumen/ capacidad. En todos los casos es menor a 1. Para el caso de la venida los alisos oeste de 1.63 a 0.59 y en la avenida Tupac Amaru de 1.02 a 0.85.
- La demora en la intersección mejora de 45.9 seg/veh a 31.4 seg/veh
- El nivel de servicio para el acceso los alisos oeste ha mejora de D a B

- El nivel de servicio de la intersección mejora de D a C

La figura 50 muestra la distribución de fases en el tiempo semafórico. Los movimientos son: acceso los alisos oeste ($\Phi 6$), acceso los alisos este ($\Phi 2$), giro a la izquierda protegido desde la avenida los alisos oeste ($\Phi 1$), acceso Tupac Amaru ($\Phi 4$) y fase exclusiva peatonal ($\Phi 3$)



Figura 50: Distribución de fases en el tiempo semafórico para la propuesta de rediseño final
Fuente: Captura propia del software Synchron

5.3. Aplicación de los manuales de diseño

La tabla 36 muestra todos los reglamentos nacionales que se previeron iban a ser aplicados. En algunos casos se recurrió a guías internacionales para mejorar el rediseño o cuando no se encontraban lineamientos en la normativa peruana.

Tabla 36: Reglamentos nacionales e internacionales que se previeron iban a ser aplicados
Fuente: Elaboración propia

	REGLAMENTOS NACIONALES					GUIAS Y MANUALES INTERNACIONALES
	1	2	3	4	5	
Infraestructura						
Aumentar ancho efectivo	X				X	a) Manual de diseño de infraestructura peatonal urbana
Incluir isla de refugio		X				a) Pedestrian planning and design guide
Reducir radio de giro	X	X			X	a) Guía de diseño de calles e intersecciones para Buenos Aires b) Pedestrian planning and design guide
Incluir cruceo elevado	X					a) Guía virtual de arboles de Lima b) Manual de diseño de infraestructura peatonal urbana
Incluir una zona para mobiliario urbano y árboles					X	
Disminuir el ancho del carril					X	
Incluir pavimentación podotáctil						a) Ordenanza que regula la accesibilidad universal y fomenta la inclusión en el distrito de Miraflores. ORDENANZA Nº 454/MM b) Accesibilidad para personas con ceguera y deficiencia visual
Quitar estacionamiento adyacente a la acera		X	X		X	
Afajar el cruceo peatonal de la intersección		X	X			
Aumentar el área de la esquinas	X	X			X	a) Guía de diseño de calles e intersecciones para Buenos Aires b) Pedestrian planning and design guide
Aumentar el ancho del refugio peatonal		X				
Reducir el largo de la pasarela		X				a) Pedestrian planning and design guide
Distribuir las carriles de forma equitativa			X		X	
Incluir señalización que se aproxima una intersección semaforizada			X			
Reestructurar el paradero						a) Estudios definitivos de arquitectura e Ingeniería de las estaciones, paraderos e inserción urbana del corredor segregado de alta capacidad – COSAC – centro y norte b) Manual de diseño de infraestructura peatonal urbana
Incluir paradero de buses alimentadores			X			
Incluir semáforos peatonales		X	X			a) Manual de diseño de infraestructura peatonal urbana
Incluir postes para peatones	X					
Incluir postes para vehículos			X			
Incluir señalización vertical			X			
Incluir señalización horizontal			X			
Eliminar las bermas con superficie de tierra	X	X				
Alinear la intersección		X				
Incluir rampa para discapacitados					X	
Rediseñar rampa para discapacitados					X	

5.4. Planos de rediseño

Una vez ya identificada la infraestructura que debía ser modificada y los manuales tanto nacionales como internacionales que se podían aplicar en cada caso. El siguiente paso era tomar las recomendaciones que cada metodología asignaba a la intersección para que brinde un excelente servicio. Se escogieron dimensiones que hacían que la valoración de las metodologías, desde los puntos de vista de capacidad y seguridad vial, fuera excelente. Fueron 13 planos los que se realizaron. En esta sección se detallará el título y el número de plano de los 8 planos en planta:

- Plano A-1. Plano de rediseño de la intersección de avenidas Tupac Amaru y los alisos
- Plano A-2. Plano de rediseño de la avenida Tupac Amaru entre la avenida las prensas y avenida los alisos
- Plano A-3. Plano de rediseño de la avenida los alisos entre avenida Tupac Amaru norte y sur
- Plano A-4. Plano de rediseño de la avenida los alisos entre avenidas las perlas y avenida Tupac Amaru
- Plano A-5. Plano de rediseño de la avenida Tupac Amaru entre avenida los alisos y avenida las almendras
- Plano A-6. Plano de detalles de señalización vertical
- Plano A-7. Detalle de rampas y cruceros elevados
- Plano A-8. Detalle de semáforos tipo ménsula

Por otro lado, los planos de corte fueron 5 y fueron los siguientes:

- Corte A-A. Corte transversal A-A
- Corte B-B Corte transversal B-B
- Corte C-C. Corte transversal C-C
- Corte D-D. Corte transversal D-D
- Corte E-E. Corte transversal E-E

La tabla 37 resume las modificaciones realizadas.

Tabla 37: Modificaciones geométricas finales aplicadas a la intersección de avenidas los alisos y Tupac Amaru

Fuente: Elaboración propia

Acera		Rediseño
1	Avenida Tupac Amaru, entre avenida las peras y avenida los alisos	<ul style="list-style-type: none"> Ancho de la acera 2.36 metros (2.51 metros incluyendo sardinel) Pendiente longitudinal acera y vía para vehículos (0.43%), en carril exclusivo (0.70%) Pendiente transversal acera 1.5% Zona de ensanchamiento en la que se colocan bancas, postes y arboles cada 50 metros Ancho de estacionamiento al lado de la vía de 2.60 metros Tres Carriles para vehículos de 2.87 metros y un carril de 3.60 metros para BRTs Ancho de separador de 1 metro
2	Avenida Gerardo Unger, entre avenida los alisos y avenida las almendras	<ul style="list-style-type: none"> Largo de la rampa de 1.25 metros Ancho de la acera de 1.80 metros Postes vehiculares cada 29 metros Pendiente longitudinal de la acera decreciente 0.82% y de la vía 0.43%, pendiente transversal de 1.5% Espacio para arboles y arbustos de 2.85x3.50 metros Cerca de la intersección 3 carriles de 2.80 metros y uno de 3.60 metros (exclusivo BRT). Después en la avenida Gerardo Unger dos carriles de 2.70 metros y en la avenida Tupac Amaru dos carriles de 3 metros y dos carriles exclusivos de 3.52 metros. Dos carriles para giro en U exclusivo de BRT de 12.8 metros de radio interno y 20 metros de radio externo.
3	Avenida los alisos, entre avenida las peras y avenida Tupac Amaru	<ul style="list-style-type: none"> Ancho de acera de 4.20 metros Ancho para colocar los arbustos e inmobiliarios de 1 metro Pendiente longitudinal creciente en la acera de 1% y en la vía 1.07% Largo de la rampa de 1.26 metros Ancho de carril de 2.80 metros Ancho de mediana de 4.23 metros
4	Avenida los alisos, entre avenida el anís y avenida Tupac Amaru	<ul style="list-style-type: none"> Ancho de acera sin considerar sardinel 2.70 metros, sardinel de 0.15 metros Ancho destinado para inmobiliario urbano, arboles y arbustos de 0.9 metros Pendiente longitudinal de la acera creciente de 1.5% en la acera y de 1.52% en la vía. Pendiente transversal de 1.5% Paradero tipo tótem cerca a la avenida el anís Carril de 3 metros de ancho en la vía Largo de la rampa de 1.26 metros
5	Avenida los alisos, entrada principal al terminal	<ul style="list-style-type: none"> Ancho efectivo de la acera de 6 metros Dos casetas para paradero de buses de 8 metros de largo Ancho de la zona de espera en los paraderos de 3 metros Largo destina para la zona de espera de 25 metros Pendiente longitudinal de 6% para la acera y 6.88% para las vías. Pendiente transversal de 1.5 % Ancho de carril exclusivo para el paradero de 3.30 metros. Además dos carriles de 3 metros de ancho Ancho de la mediana de 6.27 metros Ancho de sardinel de 0.15 metros
6	Avenida los alisos, entre Tupac Amaru Sur y Tupac Amaru Norte	<ul style="list-style-type: none"> Ancho efectivo de la acera de 5.4 metros Dos casetas para paradero de buses de 8 metros de largo Ancho de la zona de espera en los paraderos de 3 metros Largo destina para la zona de espera de 25 metros Pendiente longitudinal de 3% para la acera y 3.36% para las vías. Pendiente transversal de 1.5 % Ancho de carril exclusivo para el paradero de 3.30 metros. Además dos carriles de 3.20 metros de ancho Ancho de sardinel de 0.15 metros Postes vehiculares cada 15.32 metros
Pasarela		Rediseño
A	Perpendicular acceso Tupac Amaru Sur	<ul style="list-style-type: none"> Pasarela de 13.48 metros de largo y 8 metros de ancho Crucero elevado de pendiente 1:8 y 0.10 metros de alto
B	Perpendicular acceso los alisos este	<ul style="list-style-type: none"> Pasarela de dos tramos de 8.72 metros y 9.20 metros largo. Además 4.5 metros de ancho
C	Perpendicular salida Tupac Amaru Sur	<ul style="list-style-type: none"> Pasarela de 13.27 metros de largo y 5.50 metros de ancho Crucero elevado de pendiente 1:8 y 0.10 metros de alto
D	Perpendicular acceso los alisos oeste	<ul style="list-style-type: none"> Pasarela de dos tramos de 9.69 metros y 10.15 metros largo. Además 3.0 metros de ancho
Interseccion		<ul style="list-style-type: none"> Semáforos tipo ménsula para los tres accesos a la intersección Señalización vertical en los lugares correspondientes Señalización horizontal demarcando no invadir la intersección y otras Refugio peatonal de 3x5.97 metros y 3.83x5 metros, en la pasarela 4 y 2 respectivamente Rampas de un vado y de tres vados de 0.90 metros de ancho mínimo, con bolardos de 0.875 metros de alto

5.5. Aplicación de las metodologías para evaluar el nivel de servicio peatonal en el rediseño de la intersección

Se volvió a aplicar las metodologías basadas en la capacidad y nivel de servicio en esta nueva geometría. En esta sección solo se mostrará las tablas 38 y 39 en las que se detallan las calificaciones.

Tabla 38: Resultados de las metodologías que evalúan el nivel de servicio peatonal en las aceras del rediseño final

Fuente: Elaboración propia

METODOLOGIA	Avenida Tupac Amaru			Avenida Los Alisos		
	1	2	3	5	6	
HCM 2010	A	A	A	A	A	A
Landis	B	A	B	B	A	A
Australiano	B	B	B	B	B	B
De Tan	B	A	A	A	-	-
Jaskiewicz	A	A	A	A	A	A

Tabla 39: Resultados de las metodologías que evalúan el nivel de servicio peatonal en las pasarelas del rediseño final

Fuente: Elaboración propia

METODOLOGIA	Pasarela peatonal 1	Pasarela peatonal 2			Pasarela peatonal 3			Pasarela peatonal 4		
HCM 2010	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
Landis	C	B	C	B	B	C	A	B	C	B
Charlotte	A	-	B	-	-	B	-	-	A	-

5.6. Inclusión de contramedidas de bajo costo

Las medidas de bajo costo son facilidades que se les brinda al peatón pero que no tiene un precio muy grande si se compara con la construcción de infraestructura. Entran en esta categoría los siguientes elementos:

- Demarcaciones en el pavimento que sirven para canalizar el flujo de tránsito, de tal manera que se evite cualquier conflicto entre peatón y vehículos motorizado.
- Inclusión de food trucks, en las mediaciones de las intersecciones. Esto resulta beneficioso ya que soluciona el problema de taxis o colectivos que se estacionan sobre la acera y se reconquista las vías
- La inclusión de zonas en las que se prestan bicicletas o donde simplemente se permite dejarlas, incentiva el uso de las mismas. Esto genera la reducción de los vehículos.
- La adición de maseteros en las calles genera confort para el desplazamiento peatonal, asimismo es una manera para reducir las velocidades en los automóviles

En la tabla 40 están resumidas las medidas de bajo costo que se planean considerar y también la designación que se le da a las aceras, pasarelas y avenidas.

Tabla 40: Medidas de bajo costo que se desean considerar en el rediseño final y la designación alfanumérica que se le da a la infraestructura
Fuente: Elaboración propia

	ACERAS						PASARELA				INTERSECCIÓN			AVENIDAS			
	1	2	3	4	5	6	A	B	C	D		w	x	y	z		
Contraamedidas bajo costo																	
Mejorar la calidad de la superficie	x				x												
Prohibir la exhibición de autopartes y carteles	x	x															
Incentivar el uso de marquesinas	x	x	x														
Eliminar los giros en U													x		x		
Cambiar el sentido de las filas en la zona de espera paraderos					x												
Incluir bancas	x																
Eliminar paradero de taxis y mototaxis													x				
Restringir el flujo de combis												x					
Eliminar las piltas de las señales verticales					x												
Incluir iluminación led en postes y semáforos	x	x	x	x	x	x											
Reubicar a los vendedores ambulantes			x	x													
Recortar las ramas que sobresalgan y choquen a los vehículos															x		

Imagen	Acera															
	1	2	3	4	5	6	A	B	C	D	w	x	y	z		
	1	Avenida Tupac Amaru, entre avenida las prensas y avenida los alisos														
	2	Avenida Gerardo Unger, entre avenida los alisos y avenida las almenдрas														
	3	Avenida los alisos, entre avenida las peras y avenida Tupac Amaru														
	4	Avenida los alisos, entre avenida el anis y avenida Tupac Amaru														
	5	Avenida los alisos, entrada principal al terminal														
	6	Avenida los alisos, entre Tupac Amaru Sur y Tupac Amaru Norte														
	A	Pasarela														
	B	Perpendicular acceso Tupac Amaru Sur														
	C	Perpendicular acceso los alisos este														
	D	Perpendicular salida Tupac Amaru Sur														
	w	Perpendicular acceso los alisos oeste														
	x	Avenida Tupac Amaru Sur														
	y	Avenida los alisos este														
	z	Avenida Gerardo Unger y avenida Tupac Amaru Sur														

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

- A pesar de que se sabe que el Terminal Naranjal debió ser subterráneo como la Estación Central (actualmente tiene mucho más demanda que la Estación Central), aquí solo se trató de mitigar el problema para los peatones en la intersección los alisos y Túpac Amaru, porque el propósito real de la tesis fue explorar diferentes métodos que ayudan a mejorar la seguridad peatonal. Asimismo, se consideró que proponer un rediseño del Terminal como subterráneo sería costoso, y probablemente ya no sea necesario sabiendo que se va a completar la ruta troncal del BRT Metropolitano y con ello Naranjal dejaría de ser tan incidente como lo es ahora.
- En conjunto las seis metodologías para evaluar el nivel de servicio peatonal son útiles para calificar cuatro características en las infraestructuras. Estas características son: el espacio necesario para encauzar el volumen de peatones que se desplazan, la atractividad y confort, la protección contra los accidentes viales, las demoras y la accesibilidad.
- A través del caso de estudio de la presente tesis se concluye que una metodología cuantitativa para evaluar el servicio que una infraestructura brinda a los peatones debe considerar los siguientes factores: el área disponible por peatón; el ancho de la zona destinada para el mobiliario público y vegetación; la distancia entre la acera y la vía; la cantidad de conflictos entre peatones, ciclistas y vehículos; la demora peatonal y el volumen de vehículos.
- La propuesta de rediseño de la avenida Tupac Amaru y los alisos es balanceado, beneficiando a la mayor cantidad de usuarios de la vía. Por ejemplo: al mover la ciclo vía al separador central se ha ganado un carril extra en la avenida los alisos este (se aumentó de dos a tres carriles), manteniendo la cantidad de carriles en la avenida los alisos oeste (tres carriles). Además, la avenida los alisos oeste se intercepta con la avenida Túpac Amaru en un radio de giro de 6 metros. Estas modificaciones simultáneamente benefician a todos los usuarios de la vía. En primer lugar, los peatones tienen un separador central más ancho que le sirve de isla de refugio, y tienen un mayor tiempo de reacción porque los automóviles giran con una menor velocidad. Por otra parte, el encauzamiento del volumen de peatones se mejora con la modificación del largo del cruce peatonal y el aumento del área de espera en la esquina, ahora la cantidad de peatones puede acomodarse con comodidad y cruzar. Segundo, la demora de control se reduciría

porque la intersección no estaría bloqueada, esto se comprueba también con la comparación de resultados tras la aplicación del software Synchro donde la demora estimada se reduce en un 33% y el score del nivel de servicio mejora de D a B, nótese que la programación semafórica también ha influido y los tiempos asignados en cada fase no sobrepasan los 50 segundos. Tercero, al ubicar la ciclovía en el separador central, se reduce la cantidad de conflictos que se tenían antes con mototaxis y automóviles, resultando más atractivo utilizar el circuito en cierto modo. Finalmente, los buses alimentadores que circulan tanto en la avenida los alisos este y oeste ahora tienen un carril exclusivo con la demarcación horizontal y señalización horizontal, con el paradero rediseñado para que los peatones esperen en orden y comodidad.

- Utilizar una lista de maniobras más peligrosas, un diagrama de conflictos y una tabla con causas de los accidentes en la intersección, comprueba la efectividad de las herramientas reactivas para mejorar la seguridad vial. Más aún, resultó útil para rediseñar la intersección de las avenidas los alisos y Tupac Amaru.
- La metodología del HCM no toma en cuenta vehículos como mototaxis, microbuses y combis; y el impacto que producen en el tráfico es impredecible. Esto se comprobó, comparando los resultados de demora que calculaba el software Synchro y la aplicación de la metodología del HCM (40 segundos/vehículo), que eran ocho veces mayor a la demora medida en campo (5 segundos/vehículo). Un motivo sería que tanto los mototaxis, microbuses y combis se han asumido en la perspectiva de transporte público estadounidense, lo cual dista de la realidad nacional, ya que estos motorizados en realidad no se detienen por más de cinco segundos, asemejándose más a un vehículo ligero
- Las listas de chequeo del manual de la seguridad vial 2017 es una herramienta para los especialistas. Sin embargo, es útil para los ingenieros novatos como una guía general para identificar los elementos que afectan negativamente a la seguridad de los usuarios de la vía. Pero de ningún modo puede reemplazar la labor realizada por los especialistas en el tema.
- La reglamentación peruana tal como el manual de la seguridad vial 2017, el manual de diseño geométrico de carreteras 2018, el manual de dispositivos de control de tránsito 2016 y el reglamento nacional de edificaciones cumplen con el objetivo de guiar a los diseñadores proporcionando las dimensiones mínimas. Sin embargo, la información está esparcida y es necesario un reglamento que

unifique la información con respecto al diseño de infraestructura peatonal y vial urbana.

- A través de la aplicación de las diferentes metodologías y herramientas para evaluar las condiciones viales en la intersección de las avenidas los alisos y Tupac Amaru, se identificó los puntos débiles de la geometría. Por ejemplo, tras aplicar cinco diferentes metodologías para evaluar la percepción de calidad de servicio desde el punto de vista peatonal en la acera que esta frente a la avenida los alisos este entre las avenidas Tupac Amaru sur y Tupac Amaru norte, cada metodología sugirió que se hagan cambios que mejorarían el score de calificación. Las metodologías del Highway capacity manual (HCM 2010) y el método de Landis propuso que se incluya un espacio en la que se coloque inmobiliario urbano o vegetación (buffer); el método australiano (Gallini) propuso incluir barreras que impidan cruzar por el medio y aumentar la separación de la acera al carril más cercano; la metodología de Tan et. al propuso reducir la zona en la que se ubica los árboles y el inmobiliario urbano (buffer); y la metodología de Jaskiewicz propuso cambiar la fila para tomar un bus alimentador para que sea paralela a la vía, incentivar el uso de marquesinas, mejorar la calidad de la superficie de la acera e incluir pavimentación podotáctil. Como se puede ver todas tras aplicar cada metodología se obtiene una sugerencia de infraestructura para mejorar.
- El software Synchro es útil para resolver problemas de tránsito, puesto que permite la simulación y calificación de una intersección (desde el enfoque vehicular). Esta situación simplifica la elección de intersecciones para ser modificadas. En la presente tesis a través de esta herramienta se ha elegido aquella intersección con los peores problemas de tráfico y de inseguridad vial.
- La mayoría de vías que existen en el Perú, se diseñaron sin tomar en cuenta a los usuarios vulnerables (ancianos, personas con discapacidad y niños) y el crecimiento continuo del parque automotor. Esto ha generado que muchas vías, sobrepasen su capacidad y se genere gran congestión vehicular tal como se constató en las vías inspeccionadas.
- El diseño de infraestructura peatonal debe considerar la protección contra las condiciones atmosféricas en todas las estaciones de año.
- Es necesario adicionar parámetros mínimos y máximos en la reglamentación nacional para el diseño de ciertos elementos viales. De este modo se tiene que no se tiene un límite de pendiente longitudinal mínima y máxima en las aceras.

Por otro lado, se concluye que solo utilizar las dimensiones mínimas de los diferentes reglamentos nacionales puede no ser suficiente, por ejemplo, el radio de giro de la esquina que une la avenida Túpac Amaru y los alisos oeste se calculó con el área necesaria para canaliza demanda de peatones que esperaban y también con las trayectorias que los vehículos que giraban a la derecha tenían que girar para no invadir la acera. La reglamentación solo exigía mínimo 5 metros de radio de giro, si se hubiese escogido este número efectivamente se cumplía con el realmente, pero en realidad se requería 6 metros de radio de giro.

- La inspección de seguridad vial ha tenido un rol de herramienta reactiva y preventiva. Por un lado, se dice que fue reactiva porque con la visita en capo utilizando las listas de chequeo se identificaron los elementos ausentes o mal ubicados que son la causa de los accidentes e incidentes de tránsito. Por otro lado, también es preventiva porque nos permite identificar infraestructura e inmobiliario riesgoso antes de ocurrir el problema. Por ejemplo, alrededor de la intersección de la avenida los alisos y Túpac Amaru había un punto negro, que tenía como factor de accidentalidad a la invasión de carril y exceso de velocidad, tras aplicar la inspección vial se concluyó que era necesario mejorar la señalización vertical (aspecto reactivo). Por otro lado, la inspección vial permitió identificar un problema que era que el tiempo para despejar la intersección no era suficiente, previniendo de posibles atropellos (aspecto preventivo)
- El método de cluster para catalogar una zona como punto negro se adapta excelente a la realidad nacional.

6.2. Recomendaciones

- Se recomienda que al diseñar infraestructuras viales que van a ser usadas por peatones, se analicen los distintos aspectos que intervienen en la percepción de calidad y no solamente la capacidad de la vía.
- Se recomienda mejorar la infraestructura vial con un enfoque balanceado del transporte teniendo en cuenta los recorridos multimodales, la gestión de la movilidad y la seguridad de los peatones. Esto se lleva a la práctica con intersecciones y semáforos diseñados para gestionar los conflictos entre peatones, vehículos particulares y de transporte público.
- Se recomienda fomentar el cumplimiento de las normas de tránsito a través de diseños de infraestructura vial con señalización clara y adecuada para las necesidades de todos los usuarios.

- Cuando se diseñe nueva infraestructura de uso peatonal o se evalúe aquella ya existente, se recomienda tener en cuenta las necesidades de los peatones con distintas características de movilidad, especialmente de aquellos con discapacidades o movilidad restringida.
- Par la realización de los conteos vehiculares e inspecciones de seguridad vial fue de gran ayuda contar con cámaras de buena calidad y estar en una posición elevada adecuada. Se agradece el apoyo de las casas y hoteles que brindaron su apoyo
- En caso no medir directamente los elementos de la intersección, resulta útil la medición indirecta a partir de fotografías.
- Resulta de utilidad tener formatos para aplicar cada metodología PLOS
- Los conteos peatonales y vehiculares deben realizarse de día y de noche. Además, los conteos no deben realizarse en días recreacionales como sábados y domingos
- Siempre es útil incluir el enfoque vehicular a través de la simulación macroscópica
- Utilizar manuales o guías de países que tengan realidades parecidas al Perú.
- Las comisarias en el Perú deben tener una base de datos, con información de los accidentes de tránsito georreferenciados, con las causas y consecuencias

BIBLIOGRAFÍA

- State of Florida department of transportation. (2013). 2013 Quality/ level of service handbook. Florida, Estados Unidos.
- (MTC), M. d. (Diciembre de 2015). Detección, priorización y caracterización de puntos negros en 5 ciudades principales del Perú. Lima, Lima, Peru.
- (NACTO), N. A. (2018). *Urban street design guide*. Obtenido de <https://nacto.org/publication/urban-street-design-guide/street-design-elements/curb-extensions/chicane/>
- Abad Zapata, D. (Consulta 2018). Obtenido de Monografias.com S.A: Arboles y arbustos nativos%20 Recomendaciones para arbolizar Lima - Perú - Monografias.com.html
- Agencia de cooperacion internacional del Japon (JICA). (2013). *Encuesta de recoleccion de informacion basica del transporte urbano en el area metropolitana de Lima y Callao*. Ministerio de transporte y comunicaciones (MTC).
- Alegre Escorza, M. (2016). *Transporte Urbano: ¿Como resolver la movilidad en Lima y Callao?* Consorcio de investigacion economica y social (CIES).
- Asadi-Shekari, Z., Moeinaddini, M., & Zaly Shah, M. (2013). Disabled pedestrian level of service method for evaluating and promoting inclusive walking facilities on urban street. *American Society of Civil Engineers (ASCE)*, 181-192.
- Box, P. C. (1985). *Manual de estudios de ingeniería de tránsito*. Representaciones y Servicios de Ingeniería.
- Castillo, O. (26 de Octubre de 2012). *Mindmeister*. Obtenido de <https://www.mindmeister.com/es/220073251/ramas-de-la-ingenier-a-civil>
- Charlotte Department of Transportation. (Febrero de 2007). Pedestrian & bicycle level of service methodology for crossings at signalized intersections.
- Christopoulou, P., & Pitsiava - Latinopoulou, M. (2012). Development of a model for the estimation of pedestrian level of service in Greek urban areas. (P. c. Europe, Recopilador) Elsevier Ltd. Selection .
- Comisión nacional de seguridad de tránsito (CONASET). (Marzo de 2003). Guía para realizar una auditoría de seguridad vial. Comuna de Providencia, Santiago, Chile.
- Comisión nacional de seguridad de tránsito (CONASET). (2008). Tratamiento de puntos negros con medidas correctivas de bajo costo. Santiago, Santiago, Chile.
- Comision nacional de seguridad de transito (CONASET). (2010). *Medidas de trafico calmado guía practica*. Santiago de Chile.
- Consejo nacional de seguridad vial. (Diciembre de 2015). Informe de caracterización de tramos de vía de alta incidencia de accidentes de tránsito en el distrito de Independencia. (M. d. (MTC), Recopilador) Independencia, Lima, Peru.

- Consortio A.C.I. – Vera y Moreno. (2009). *Estudios definitivos de arquitectura e ingeniería de las estaciones, paraderos e inserción urbana del corredor segregado de alta capacidad – COSAC I – centro y norte*. Memoria descriptiva transito paraderos rutas alimentadoras, Lima.
- Corporacion andina de fomento, Instituto de desarrollo urbano, & Universidad nacional de Colombia. (s.f.). Guía para el diseño de vías urbanas para Bogota, Colombia.
- Coyure Angulo, V. (2016). *Condiciones de diseño de la zona intermodal para la seguridad peatonal: ESTACIÓN NARANJAL, 2016*. Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP), Lima.
- Cycling Promotion Fund (CPF). (2 de Octubre de 2012). *Velo aficionado*. Obtenido de <https://veloaficionado.com/blog/cycling-promotion-fund-canberra-transport-photo>
- Dall'Orto, A. (1992). *Ingeniería de tránsito*. Lima: CIP - Capitulo de ingeniería civil.
- Dextre Quijandria, J. (1999). *Técnicas para lograr un tráfico calmado*.
- Dextre Quijandria, J. C. (2003). *Facilidad para peatones*. Lima: British Council.
- Dextre Quijandria, J. C. (2008). *Vías humanas: un enfoque multidisciplinario y humano de la seguridad vial*. Lima: Fondo Editorial PUCP.
- Dextre Quijandria, J. C., & Avellaneda, P. (2014). *Movilidad en zonas urbanas* (Primera ed.). Lima: Fondo Editorial PUCP.
- Dextre, J. C., Hughes, M., & Bech, L. (2015). *Ciclistas y ciclismo alrededor del mundo creando ciudades vivibles y bicicleteables*. Lima: Fondo editorial PUCP.
- Doig Godier, J. C. (2010). *Análisis del nivel de servicio peatonal en la ciudad de Lima (Tesis de pregrado)*. Lima, Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP).
- Elvik R., V. T. (2006). *El manual de medidas de seguridad vial* (Primera ed.). Madrid: Fundación FITSA.
- Esquivel Fernandez , W. (2011). *Elementos de diseño y planeamiento de intersecciones urbanas (Tesis de pregrado)*. Lima, Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Fernandez A., R. (2011). *Elementos de la teoría del tráfico vehicular*. Lima: Fondo editorial PUCP.
- Gallin, N. (Marzo de 2001). Quantifying pedestrian friendliness - guidelines for assessing pedestrian level of service. *Road & Transport Research*, 10(1), 47-55.
- Google. (2018). *Google maps*. Obtenido de <https://www.google.com/maps/place/Terminal+Naranjal/@-11.9828073,-77.0608073,17z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0x9105ce4cf2bda377:0x12bbd1f2cb562071!8m2!3d-11.9828073!4d-77.0586186>

- Guzman Balcazar, J. A. (2015). *Rediseño del ovalo de Naranjal (tesis de pregrado)*. Lima, Peru: Pontificia Universidad Catolica del Peru (PUCP).
- Instituto catastral de Lima. (2018). *Sistema de informacion territorial*. Obtenido de http://sit.icl.gob.pe/sit_app/
- Instituto de Políticas para el Transporte y el Desarrollo Argentina (ITDP). (s.f.). *Guia de diseño de calles e intersecciones para Buenos Aires*. Buenos Aires.
- Instituto desarrollo urbano. (2005). *Guía práctica de la movilidad peatonal urbana*. (S. A. Cristancho Varela, Ed.) Santa Fe de Bogota.
- Instituto Metropolitano PROTRANSPORTE de Lima. (2018). *Metropolitano*. Obtenido de <http://www.metropolitano.com.pe/conocenos/sistema/>
- Jaskiewicz, F. (2000). Pedestrian Level of Service Based on Trip Quality. *TRB Circular E-C019: Urban Street Symposium*, 1-14.
- Jerez, S., & Torres, P. (2012). Manual de diseño de infraestructura peatonal urbana.
- LIMA COMO VAMOS OBSERVATORIO CIUDADANO. (s.f.). *Como vamos en movilidad: Sexto informe de resultados sobre calidad de via*.
- Ministerio de de la mujer y poblaciones vulnerables. (2014). Guia grafica de la norma A.120 – Accesibilidad para personas con discapacidad y de las personas adultas mayores. Lima, Lima, Peru.
- Ministerio de salud. (2013). Criterios técnicos para identificación de puntos negros en la jurisdicción del distrito. Lima, Lima, Peru.
- Ministerio de transporte y comunicaciones (MTC). (Julio de 2017). Manual de seguridad vial. Lima, Lima, Peru.
- Ministerio de transportes y comunicaciones (MTC). (2014). Reglamento nacional - Codigo de transito. Lima, Lima, Peru.
- Ministerio de transportes y comunicaciones (MTC). (2016). Manual de dispositivos de control del tránsito automotor para calles y carreteras. Lima, Lima, Peru.
- Ministerio de transportes y comunicaciones (MTC). (2018). Manual de carreteras: diseño geométrico DG – 2018. Lima, Lima, Peru.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2009). Reglamento nacional de edificaciones. En *A.120 Accesibilidad para personas con discapacidad y de las personas adultas mayores* .
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2010). Reglamento nacional de edificaciones. En *CE.010 Pavimentos Urbanos* .
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2011). Reglamento nacional de edificaciones. En *GH.020 Componentes de diseño urbano*. Peru.
- Municipalidad de Miraflores. (5 de Febrero de 2016). *El Peruano*. Obtenido de <http://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/ordenanza-que-regula-la-accesibilidad-universal-y-fomenta-la-ordenanza-n-454mm-1343825-1/>

- Municipalidad Metropolitana de Lima - Protransporte. (2007). *Reformulacion y actualizacion del estudios de arquitectura e ingenieria del proyecto terminal norte naranjal*. Lima.
- NZ Transport Agency. (Octubre de 2009). *Pedestrian planning and design guide*. Wellington, Nueva Zelanda.
- Organizacion mundial (OM). (2016). *Informe sobre la situacion mundial de la seguridad vial 2015*.
- Organización Nacional de Ciegos Españoles (ONCE). (2003). *Accesibilidad para personas con ceguera y deficiencia visual*. (F. J. Martinez Calvo, Ed.) Madrid.
- Ortúzar S., J. (2000). *Modelos de demanda de transporte* (Segunda ed.). Mexico: Alfaomega Grupo Editor.
- Policia Nacional del Peru. (2016). *Anuario estadístico 2015*. Lima: Ministerio del Interior.
- Polus, A., Schofer, J. L., & Ushpiz, A. (1983). Pedestrian flow and level of service. *J. Transp. Eng.*, 46-56.
- Project Management Institute (PMI). (2017). *A Guide To The Project Management Body Of Knowledge (PMBOK Guides)* (Sexta ed.).
- Road research laboratory. (1965). *Research on road traffic*. Londres.
- Sdoukopoulos, L. (s.f.). Methods for assessing the pedestrian level of service: International experience and adjustment to the Greek walking environment - The case of Thessaloniki. Grecia.
- Servicio de parques de Lima (SERPAR). (2013). *Guia virtual - Arboles de Lima*. Lima, Lima, Peru.
- Singh, K., & Jain, P. K. (Marzo de 2011). Methods of assessing pedestrian level of service. *Journal of Engineering Research and Studies*, 2, 116-124.
- Sisiopiku, V. P., Byrd, J., & Waid, J. C. (s.f.). Pedestrian level of service comparison.
- Tabasso, C. (2000). La fascinante teoria de la Homeostasis del Riesgo. *Revista da Associacao Brasileira de Accidentes e Medicina de Trafego*.
- Texas transportation institute and the Federal highway administration . (2005). *Urban intersection design guide* (Vol. I). Texas: The Texas A&M University System.
- The Florida Department of Transportation. (Marzo de 2001). *Multi-Modal Quality of Service Project*. Florida, Estados unidos de America.
- Torres, C., & Alina, D. (2015). *Inspecciones de seguridad vial (Tesis de pregrado)*. Lima, Peru: Pontificia Universidad Catolica del Peru (PUCP).
- Trafficware Ltd. (Junio de 2011). *Synchro Estudio 8 Guía del usuario*. Estados Unidos de America.

- Transportation Research Board (TRB). (2008). NCHRP REPORT 616 Multimodal level of service analysis for urban streets. Washington DC, Estados Unidos de America.
- Transportation Research Board (TRB). (Noviembre de 2009). NCHRP Web-Only Document 128: Multimodal level of service analysis for urban streets: users guide. Estados Unidos de America.
- Transportation Research Board (TRB). (2010). HCM 2010 Highway capacity manual. En *Interrupted flow* (Vol. III). Estados Unidos.
- Transportation Research Board (TRB). (2010). HCM 2010 Highway capacity manual. En *Interrupted flow* (Vol. III). Estados Unidos.
- Transportation Research Board (TRB). (2010). HCM 2010 Highway capacity manual. En *Interrupted flow*. Estados Unidos de America.
- Transportation Research Board (TRB). (2016). Highway capacity manual (HCM). En *A guide for multimodal mobility analysis* (Vol. IV, págs. 2-40). Washington, Estados Unidos de America.

