UNIVERSIDAD PERUANA DE CIENCIAS APLICADAS

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL

Análisis y optimización del nivel de servicio peatonal en la intersección de las

Avenidas Garcilaso y Bolivia, Lima

TESIS

Para optar el título profesional de Ingeniero Civil

AUTORES

Flor Alva, Yordi Urbano (0000-0001-9716-413X)

Toscano Mateo, César Hugo (0000-0002-2868-9589)

ASESOR

Castro Aragón, Fernando Ramiro (0000-0001-7638-5961)

Lima, 10 de febrero de 2020

DEDICATORIA

*A nuestros padres por sus consejos, motivación y apoyo incondicional en toda nuestra
carrera universitaria.*

Todo este trabajo ha sido posible gracias a ellos.

AGRADECIMIENTOS

En especial a nuestro asesor Ing. Fernando Castro Aragón, por su esfuerzo y dedicación, quien nos orientó durante el desarrollo de este proyecto.

A nuestros amigos quienes han formado parte de nuestra formación académica. Por sus alegrías y optimismo en los buenos y malos momentos.

RESUMEN

El objetivo de la investigación es optimizar los niveles de servicio peatonal en la intersección de las avenidas Inca Garcilaso de la Vega y Bolivia debido a su alta incidencia de peatones. Realizando un análisis teórico y de campo, siguiendo procedimientos estandarizados por el Highway Capacity Manual 2010 (HCM 2010) y el National Cooperative Highway Research Program (NCHRP reporte 562).

Los datos se recolectaron en el mes de septiembre del año 2019; realizando un aforo vehicular y peatonal durante 3 días de la misma semana; 14 horas por día. Se hizo el levantamiento topográfico para describir la geometría del lugar y realizar el inventario de las dimensiones de vías, ancho de esquinas, ancho de pasos peatonales, tiempos de semáforos, así como la señalización horizontal y vertical existente.

Con los datos obtenidos en campo se calculó el nivel de servicio vehicular y peatonal (análisis de pasos peatonales y esquinas) para identificar el estado actual de la intersección en estudio. El nivel de servicio vehicular obtenido es F, para los pasos peatonales el nivel de servicio obtenido es F y para el estudio de esquinas el nivel de servicio obtenido es A, según el HCM 2010. Se identifican las mejoras que permitan optimizar el nivel de servicio peatonal.

Como medida de solución se implementa un paso peatonal en forma “X”, modificaciones en los rebajes peatonales con pendientes adecuadas y postes de protección para peatones, lo cual permitirá una mayor fluidez y seguridad peatonal en la intersección analizada.

Palabras clave: Nivel de servicio peatonal; rebajes peatonales; pasos peatonales; estudio de esquinas.

Analysis and optimization of the pedestrian service level in the intersection of avenues inca
garcilaso de la vega y bolivia, lima

ABSTRACT

The objective of the research is to optimize the levels of pedestrian service at the intersection of Inca Garcilaso de la Vega and Bolivia avenues due to its high incidence of pedestrians. Performing a theoretical and field analysis, following procedures standardized by the Highway Capacity Manual 2010 (HCM 2010) and the National Cooperative Highway Research Program (NCHRP report 562).

The data was collected in the month of September of the year 2019; making a vehicle and pedestrian count for 3 days of the same week; 14 hours per day. Topographic survey was done to describe the geometry of the place and to take inventory of the dimensions of tracks, width of corners, width of pedestrian crossings, traffic lights times, as well as the existing horizontal and vertical signage.

With the data obtained in the field, the level of vehicular and pedestrian service (analysis of pedestrian crossings and corners) was calculated to identify the current state of the intersection under study. The level of vehicle service obtained is F, for pedestrian crossings the level of service obtained is F and for the study of corners the level of service obtained is A, according to the HCM 2010. Identify the improvements that allow optimizing the level of service pedestrian.

As a solution measure, a pedestrian crossing in the “X” form is implemented, modifications in the pedestrian recesses with suitable slopes and pedestrian protection posts, which will allow greater fluidity and pedestrian safety at the intersection analyzed.

Keywords: Pedestrian service level; pedestrian recesses; pedestrian crossings; corner study.

TABLA DE CONTENIDOS

1	INTRODUCCION	11
1.1	PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	11
1.2	HIPÓTESIS.	12
1.3	OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.	12
1.3.1	<i>Objetivo general.</i>	12
1.3.2	<i>Objetivos específicos.</i>	12
1.4	DESCRIPCIÓN DEL CONTENIDO.	12
2	MARCO TEÓRICO	14
2.1	ANTECEDENTES.	14
2.2	DEFINICIÓN DE TÉRMINOS.....	15
2.3	IMPORTANCIA DE LA CIRCULACIÓN PEATONAL EN LAS CIUDADES.....	16
2.4	CLASIFICACIÓN DE VÍAS URBANAS.	18
2.5	VEHÍCULOS.....	19
2.5.1	<i>Variación del volumen de tránsito en la hora de máxima demanda.</i>	19
2.5.2	<i>Capacidad vial en intersecciones semaforizadas.</i>	19
2.5.3	<i>Flujo de saturación</i>	21
2.5.4	<i>Nivel de servicio vehicular en las intersecciones.</i>	28
2.6	PEATONES.....	28
2.6.1	<i>Flujo peatonal</i>	28
2.6.2	<i>Volumen peatonal.</i>	29
2.6.3	<i>Velocidad peatonal.</i>	32
2.6.4	<i>Densidad peatonal.</i>	32
2.6.5	<i>Metodología y procedimiento para la obtención del nivel de servicio en vías peatonales.</i> ..	33
2.6.6	<i>Nivel de servicio en pasos peatonales.</i>	34
2.6.7	<i>Nivel de servicio en esquinas.</i>	38
2.7	NCHRP 562.	42
2.8	INSPECCIONES DE SEGURIDAD VIAL.....	43
2.9	NIVEL DE SERVICIO BASADO EN EL CONFORT	44
2.10	INVENTARIO VIAL SEGÚN NORMAS PERUANAS	45
3	METODOLOGIA.....	49
3.1	NIVEL DE INVESTIGACIÓN.	49
3.2	DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	49
3.3	PROCEDIMIENTO.	49

4	CASO DE ESTUDIO.....	50
4.1	DESCRIPCIÓN DEL CASO DE ESTUDIO.....	50
4.2	UBICACIÓN DE LA INTERSECCIÓN VIAL.....	50
4.3	ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS.....	51
4.4	LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO DE LA ZONA.....	55
4.5	ELEMENTOS CONSTITUTIVOS DE LA ZONA.....	56
4.5.1	<i>Secciones transversales típicas.....</i>	56
4.5.2	<i>Líneas de flujo de tráfico.....</i>	58
5	ESTUDIO DE TRÁFICO.....	59
5.1	MEDIDAS DE TRÁFICO E IMPORTANCIA.....	59
5.2	UBICACIÓN DE LAS ESTACIONES DE CONTEO.....	60
5.3	CONTEO DE TRÁFICO.....	62
5.4	CONTEO MANUAL.....	62
5.5	REGISTRO DE CONTEOS.....	63
5.5.1	<i>Registro del conteo manual.....</i>	63
5.6	VARIACIÓN DEL TRÁFICO Y COMENTARIOS.....	64
5.7	TRÁFICO DE LA VÍA E INTERSECCIÓN.....	64
6	ANÁLISIS Y PROCESAMIENTO DE DATOS.....	66
6.1	FLUJO VEHICULAR ACTUAL.....	66
6.1.1	<i>Clasificación de las horas pico en la intersección.....</i>	66
6.1.2	<i>Volumen horario de máxima demanda (VHMD) y Factor horario de máxima demanda (FHMD) o Factor de hora pico (PHF).....</i>	69
6.1.3	<i>Factor horario de máxima demanda (FHMD) o Facto de hora pico (PHF).....</i>	70
6.1.4	<i>Cálculo de la Demanda.....</i>	71
6.1.5	<i>Cálculo de la oferta.....</i>	72
6.1.6	<i>Módulo de tasa del flujo de Saturación.....</i>	74
6.1.7	<i>Modulo del Nivel de Servicio.....</i>	74
6.2	FLUJO PEATONAL.....	75
6.2.1	<i>Volumen peatonal actual.....</i>	75
6.2.2	<i>Volumen peatonal dentro de 5 años.....</i>	77
6.2.3	<i>Clasificación de peatones que cruzan la intersección.....</i>	79
6.2.4	<i>Estudio de la densidad peatonal.....</i>	82
6.2.5	<i>Estudio de la velocidad actual de marcha.....</i>	83
6.2.6	<i>Cálculo de la curva velocidad – densidad.....</i>	84
6.2.7	<i>Nivel de servicio en los pasos peatonales según HCM.....</i>	85
6.2.8	<i>Análisis de esquinas según HCM.....</i>	86

6.2.9	<i>Evaluación de cruces peatonales según NCHRP 562.</i>	87
6.2.10	<i>Nivel y Calidad de servicio basado en el confort</i>	91
6.3	FACTORES QUE AFECTAN EL NIVEL DE SERVICIO PEATONAL	93
6.3.1	<i>Comercio Ambulatorio.</i>	94
6.3.2	<i>Ausencia de fase verde peatonal.</i>	95
6.3.3	<i>Mala señalización</i>	96
6.3.4	<i>Mala calibración de los ciclos semafóricos.</i>	96
6.4	POSIBLES SOLUCIONES PARA MEJORAR LA CIRCULACIÓN.	97
6.4.1	<i>Reducir la velocidad de los vehículos motorizados.</i>	97
6.4.2	<i>Disminución de la trayectoria peatonal.</i>	97
6.4.3	<i>Giros indirectos a la izquierda.</i>	99
6.4.4	<i>Fase de verde exclusivo para peatones.</i>	100
6.4.5	<i>Legibilidad de la señalización en la intersección.</i>	101
6.4.6	<i>Sugerencias.</i>	101
6.4.7	<i>Investigaciones futuras.</i>	102
7	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	103
7.1	CONCLUSIONES.	103
7.2	RECOMENDACIONES.	104
8	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	105
9	ANEXOS	107

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Ancho de calzada efectivo.	34
Tabla 2: Nivel de servicio de la infraestructura peatonal.	37
Tabla 3: Nivel de servicio de esquinas.	42
Tabla 4: Medidas de secciones principales y secundarias.	48
Tabla 5: Hora pico (mañana) 7:45-8:45 am.	67
Tabla 6: Hora pico (tarde) 14:15 - 15:15	68
Tabla 7: Hora pico (noche) 18:30-19:30	69
Tabla 8: Tabla con identificación de VHMD Y FHMD 7:45-8:45 AM	70
Tabla 9: Tabla con identificación de VHMD Y FHMD 14:15 – 15:15	70
Tabla 10: Tabla con identificación de VHMD Y FHMD 18:30 – 19:30	71
Tabla 11: Tabla de cálculo de demanda de la Intersección.	72
Tabla 12: Tabla de datos usados para el cálculo de la oferta.	73
Tabla 13: Tabla de Cálculo de la Oferta.	73
Tabla 14: Flujo de saturación por acceso.	74
Tabla 15: Valores de nivel de servicio.	75
Tabla 16: Determinación de nivel de servicio de la intersección.	75
Tabla 17: Porcentaje de peatones según categoría.	79
Tabla 18: Cantidad de peatones a ser encuestadas.	81
Tabla 19: Densidad peatonal (peat/m ²) en las horas de mayor afluencia peatonal.	82
Tabla 20: Análisis de la velocidad peatonal Av. Bolivia (m/s).	83
Tabla 21: Análisis de la velocidad peatonal Av. Inca Garcilaso de la Vega (m/s).	84
Tabla 22: Nivel de servicio Confort peatonal Av. Inca Garcilaso de la Vega / Av. Bolivia.	91
Tabla 23: Nivel de calidad lugares de reposo Av. Inca Garcilaso de la Vega / Av. Bolivia.	92
Tabla 24: Nivel de calidad ruido en vías peatonales Av. Inca Garcilaso de la Vega / Av. Bolivia.	93
Tabla 25: Nivel de Servicio Vehicular escenario propuesto.	100

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1: Población de los distritos de la provincia de Lima 2015. (Miles).....	17
Figura N° 2: Representación esquemática de vías urbanas en el Perú.	18
Figura N° 3: Distribución de fases semafóricas.	18
Figura N° 4: Diagrama de longitud del ciclo del semáforo.	20
Figura N° 5: Peatones ancianos.	30
Figura N° 6: Petones niños.	31
Figura N° 7: Peatones con movilidad restringida.	31
Figura N° 8: Peatones con impedimentos sensoriales.	32
Figura N° 9: Ancho efectivo del paso peatonal.	33
Figura N° 10: Datos necesarios para el cálculo del nivel de servicio de esquinas.	39
Figura N° 11: Esquema de análisis basado en el confort.....	45
Figura N° 12: Derecho de vía.	46
Figura N° 13: Imágenes de la zona de estudio.	50
Figura N° 14: Ubicación de la zona de estudio.....	51
Figura N° 15: Distribución de la zonificación en la intersección.	54
Figura N° 16: Zonificación de la intersección.	54
Figura N° 17: Plano de ubicación de la zona en estudio.....	55
Figura N° 18: Dimensiones de la intersección en estudio.	56
Figura N° 19: Sección de la Av. Bolivia.....	57
Figura N° 20: Sección de la Av. Inca Garcilaso de la Vega.	58
Figura N° 21: Líneas de flujo.....	59
Figura N° 22: Líneas de flujo vehicular.	61
Figura N° 23: Lineas de flujo peatonal.	62
Figura N° 24: Formato de foro vehicular.	63
Figura N° 25: Formato de aforo peatonal.	64
Figura N° 26: Comparación del conteo manual de peatones.	64
Figura N° 27: Tráfico peatonal de la intersección por sentido (peat/día).	65
Figura N° 28: Flujograma (A.D.E) Hora pico mañana 7:45 a 8:45 a.m.	67
Figura N° 29: Flujograma (A.D.E) Hora pico tarde 14:15 a 15:15.....	68
Figura N° 30: Flujograma (A.D.E) Hora pico noche 18:30 a 19:30.....	69
Figura N° 31: Tiempo de semáforos rojo, verde y ámbar de la intersección.	73
Figura N° 32: Volumen peatonal en horas pico.	76
Figura N° 33: Aforo peatonal (hora pico).....	77
Figura N° 34: Volumen peatonal registrado al año 2024	78
Figura N° 35: Porcentaje de peatones, según categoría.	79
Figura N° 36: Sectorización de la zona según puntos de influencia.....	81

Figura N° 37: Principales lugares de influencia	82
Figura N° 38: Curva velocidad - densidad.	85
Figura N° 39: Nivel de servicio de pasos peatonales según movimiento.....	86
Figura N° 40: Nivel de servicio de pasos peatonales según movimiento.....	87
Figura N° 41: Nivel de servicio de pasos peatonales según movimiento hora pico noche 7:45-8:45	88
Figura N° 42: Nivel de servicio de pasos peatonales según movimiento hora pico tarde 14:30-15:30	89
Figura N° 43: Nivel de servicio de pasos peatonales según movimiento hora pico noche 18:15 - 19:15	90
Figura N° 44: Comercio ambulatorio en la esquina del centro comercial Oeschle	94
Figura N° 45: Comercio ambulatorio en esquina centro comercial Compu Plaza	94
Figura N° 46: Comercio ambulatorio en la esquina de la panadería	95
Figura N° 47: Comercio ambulatorio en las esquinas de las avenidas Bolivia e Inca Garcilaso.....	95
Figura N° 48: Giro a la derecha en sentido a la avenida Bolivia.	96
Figura N° 49: Giro a la derecha en sentido a la avenida Inca Garcilaso de la Vega.	96
Figura N° 50: Planteamiento de cruce peatonal en forma "X" en la intersección.	98
Figura N° 51: Giro a la izquierda en sentido a la avenida Inca Garcilaso de la Vega.	99
Figura N° 52: Propuesta de giro indirecto a la izquierda.....	99
Figura N° 53: Nueva fase peatonal en diagonal.....	100
Figura N° 54: Advertencias sensoriales para personas discapacitadas.....	101
Figura N° 55: Señales de advertencia para dar prioridad al peatón.	101

1 INTRODUCCION

En los últimos años la ciudad de Lima ha crecido demográficamente a un ritmo casi exponencial. Este crecimiento no ha sido ajeno a los problemas que actualmente existen en los distintos puntos de la capital donde se generan conflictos en el desplazamiento vehicular y peatonal. Las áreas por donde estos se desplazan no cuentan con las dimensiones adecuadas ni con sistemas de protección eficiente que garanticen su movilidad.

El presente trabajo de tesis es un análisis y optimización del nivel de servicio peatonal en la intersección de las avenidas Inca Garcilaso de la Vega y Bolivia. La investigación realizada describe la necesidad de mejorar y optimizar los niveles de servicio vehicular y peatonal en la zona. Esto se realizó siguiendo las recomendaciones y procedimientos estandarizados por el HCM 2010 para calificar en diferentes categorías la situación actual de dicha intersección vial. Además, se realizó el levantamiento topográfico, se identificó los elementos constitutivos que conforman la zona de estudio y se recopiló datos que servirán para verificar el estado actual de la intersección.

La tesis presentada es de gran importancia debido a que se busca plantear soluciones implementando medidas de seguridad peatonal y facilidades para el desplazamiento de personas.

1.1 Planteamiento y formulación del problema

Actualmente peatones, automóviles, motocicletas, bicicletas, autobuses y camiones; circulan por los complejos sistemas de transporte de la ciudad de Lima. Todos estos usuarios compiten por el uso del espacio en las vías de comunicación. Sin embargo, no se considera el grado de debilidad de peatones y ciclistas ante un posible accidente de tráfico.

En ese sentido, en las avenidas Bolivia e Inca Garcilaso de la Vega se genera un foco problemático con respecto al tránsito peatonal, debido a la gran afluencia de viandantes y vehículos que se desplazan a diversos establecimientos de la zona.

¿De qué manera se puede mejorar el nivel de servicio peatonal en la intersección de las avenidas Inca Garcilaso de la Vega y Bolivia, Lima?

1.2 Hipótesis.

La implementación de un paso peatonal en forma de X contribuye a la mejora del nivel de servicio de los pasos peatonales y las esquinas con lo que permitirá una mayor fluidez y seguridad peatonal en la intersección analizada.

1.3 Objetivos de la investigación.

Por ser una investigación que encierra aspectos teóricos y de campo es necesario precisar de forma clara y concisa los objetivos que se pretende alcanzar en el presente estudio.

1.3.1 Objetivo general.

Analizar y optimizar los niveles de servicio de una intersección vial con alta incidencia de peatones comprendida entre las avenidas Inca Garcilaso de la Vega y Bolivia.

1.3.2 Objetivos específicos.

- a) Realizar el estudio de tránsito vehicular y peatonal en la intersección de la Av. Inca Garcilaso de la Vega y Av. Bolivia.
- b) Identificar las características de los peatones y los métodos para regular el conflicto vehículo – peatón en la intersección
- c) Evaluar el nivel de servicio actual de la intersección en estudio.
- d) Evaluar el nivel de servicio futuro de la intersección en estudio.

1.4 Descripción del Contenido.

En el Capítulo 01, se presenta la introducción que contiene el planteamiento y formulación del problema, la hipótesis y los objetivos, principal y específicos.

En el Capítulo 02, se desarrolla el marco teórico. Definiciones asociadas a los vehículos y los peatones, el marco normativo que se utilizará y fundamentos teóricos para el cálculo del nivel de servicio.

En el Capítulo 03, se describe la metodología a utilizar, indicando paso a paso el procedimiento a seguir.

En el Capítulo 04, se describe el caso de estudio y los elementos constitutivos de la zona.

En el Capítulo 05, se presentan los resultados del estudio de tráfico.

En el Capítulo 06, se desarrolla el procesamiento de datos, resultados y su respectivo análisis.

En el Capítulo 07, se presentan las conclusiones y recomendaciones.

En el Capítulo 08, se muestran las referencias bibliográficas.

En el Capítulo 09, se presentan los anexos.

.

2 MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes.

En la actualidad, se han desarrollado diversas investigaciones con la necesidad de promover un entorno vial seguro. Estas son orientadas a velar por el cumplimiento de las condiciones de seguridad de los usuarios, principalmente de aquellos que resultan ser más vulnerables y expuestos como el caso de los peatones. Por ello, se han realizado estudios sobre el análisis del nivel de servicio peatonal desde diferentes enfoques.

Uno de ellos evaluó el nivel de servicio peatonal en la avenida Chachapoyas distrito de Bagua Grande, Utcubamba, Amazonas. (Díaz, 2014). Esta investigación registró datos de campo como aforos peatonales, reglaje semafórico y levantamiento topográfico. Teniendo como base esa información llegaron a la conclusión que dicha zona de estudio tiene un nivel de servicio de paso de peatones y esquina de acera de categoría A. Las condiciones de la zona de análisis y el tipo de estudio realizado llevan una relación cercana con el proyecto a realizar en la presente investigación.

De igual forma, el trabajo realizado por Bonnet y Yatto (2017), Esta investigación analizó la capacidad vial y nivel de servicio de las intersecciones semaforizadas en las avenidas 28 de Julio, 3er Paradero, Av. La Cultura y Av. Manuel Prado, Cusco y lo compararon con una intersección a desnivel. Para ello, registraron datos en campo e hicieron del volumen de tráfico futuro de 5 a 20 años. Con los resultados obtenidos determinaron en que año se debería implementar un pase a desnivel para tener mayor capacidad vial y un mejor nivel de servicio para las vías.

Otras investigaciones similares (Chávez, 2013; Tupayachi, 2016; Doing, 2010) buscaron determinar las características del desplazamiento peatonal, el nivel de servicio peatonal y en qué medida se ve afectado por el tránsito vehicular.

Además, se tomó en cuenta investigaciones relacionadas al comportamiento peatonal. Tal es el caso del trabajo realizado por Alfaro (2016) en la ciudad de Lima, en el cual analiza el comportamiento de los peatones en los exteriores del Hospital del Niño. En este trabajo se identificaron los diferentes tipos de usuario que transitan en la intersección para luego determinar y analizar las líneas de deseo de paso peatonal, sus velocidades promedio, así como la accesibilidad de la infraestructura. Otro trabajo relacionado es el de Trujillo (2015) donde estudia la conducta de cruce peatonal en cuatro intersecciones en la ciudad de Ushuaia

– Argentina. Esta investigación se centró en analizar la relación entre el comportamiento peatonal, los aspectos contextuales y las características personales de los usuarios.

Cabe mencionar que también existen estudios realizados por entidades gubernamentales. La Municipalidad del distrito de Miraflores – Lima (MDM, 2018), desarrolló un Plan de Movilidad Urbana que busca mejorar la circulación en las vías recurrentes del transporte público y privado fortaleciendo la seguridad de los peatones. Una de las principales iniciativas desarrolladas en este plan y que será tomada en cuenta para realizar en la presente investigación, es la implementación de crucero peatonales en forma de “X” para optimizar la seguridad y tiempo de desplazamiento del peatón. La propuesta consiste en la colocación de un tiempo de detención para todos los vehículos en intersecciones de gran afluencia peatonal en las avenidas Larco, Benavides, Diagonal y Pardo para permitir el crucero en todas direcciones (MDM, 2018).

De igual forma, el Departamento de Transporte de la Ciudad de Chicago (CDOT) y el Departamento de Planificación Urbana de Abu Dhabi (ADPU) en sus Guías de Diseño de Calles adoptaron un modelo de jerarquía modal. Está consiste en dar prioridad al peatón sobre el transporte público, bicicleta y auto particular. En este sentido, cada vez que se hace una obra en la ciudad, en cualquier tipo de actividad, se debe pensar en las implicancias para el peatón (ITDP, 2016).

Otras propuestas plantean crear corredores peatonales verdes ampliando veredas e implementar fases semafóricas peatonales.

2.2 Definición de Términos.

Acera: Vía destinada para el uso de peatones.

Berma: Espacio aledaño a la calzada, no es usado para tránsito vehicular, sirve para vehículos en emergencia y circulación de peatones.

Calzada: Vía destinada para la circulación de vehículos y eventualmente peatones.

Carril: Para el tránsito vehicular y el ordenamiento por filas en una vía.

Demarcación: Símbolos, palabras o marcas en horizontal y vertical en la vía que sirven para guiar al conductor y peatones

Derecho de Paso: Permitir el paso precedente a un vehículo o peatón para seguir en marcha.

Isla: Área destinada para dar protección a los peatones ubicada entre carriles.

Paso peatonal: Es una parte de la calzada, destinada para el paso de peatones sin tener roce alguno con los vehículos que esperan su turno de pase.

Paso peatonal: Es una parte de la calzada, destinada para el paso de peatones sin tener roce alguno con los vehículos que esperan su turno de pase.

Semáforo: Dispositivo que sirve para regular la circulación de vehículos y peatones por medio de luces de color rojo, ámbar o amarillo y verde.

Vía: Sirve para la libre circulación de vehículos y peatones.

Velocidad Peatonal: Es la velocidad de marcha peatonal media, expresada en metros por segundo.

Intensidad Peatonal: Es el número de peatones que pasan por una determinada sección en la unidad de tiempo, expresada en peatones por cada 15 minutos o bien en peatones por minuto.

Intensidad por unidad de anchura: Es la intensidad media por unidad de anchura efectiva de la zona peatonal.

Pelotón: Hace referencia a cierto número de peatones que caminan juntos en grupo, normalmente en forma involuntaria.

Densidad peatonal: Es el número medio de peatones por unidad de superficie dentro de una zona peatonal, expresada en peatones por metro cuadrado.

Superficie peatonal: Es la superficie media que dispone cada peatón en una zona, evaluada en metros cuadrados por peatón.

2.3 Importancia de la circulación peatonal en las ciudades.

Por miles de años los medios de transporte más usados eran: a carreta, caballo o a pie. Estos medios determinaron la configuración de las ciudades, el cambio de todo ello se dio con la fabricación de automóviles que se distribuyeron por todo el mundo. Su introducción fue

impresionante ya que fue fundamental para el desarrollo de las ciudades debido a que era factible transportar grandes cantidades de objetos y de personas.

En ciudades desarrolladas las organizaciones de sus habitantes se desenvuelven en ciudades residenciales y privadas con grandes extensiones lo cual requieren de transporte público y privado para tener acceso a las zonas donde se encuentran sus centros de trabajo.

En los últimos años Lima ha crecido significativamente debido a las grandes masas de migrantes desde el interior del país. A raíz de este crecimiento nace la necesidad de trasladarse a lugares con mayor distancia. Por ello el parque automotor ha crecido paulatinamente generando congestionamiento vehicular en muchas zonas de la ciudad. Esto provocó que la eficiencia en el transporte se reduzca significativamente.

Inversamente a todo ello en Lima aún se puede ver el tránsito peatonal en las diversas intersecciones de la capital, por tanto, es de vital importancia buscar un balance en el nivel de servicio vehicular y peatonal.

Figura N° 1: Población de los distritos de la provincia de Lima 2015. (Miles)

Fuente: INEI-PERÚ

2.4 Clasificación de vías urbanas.

El Ministerio de transportes clasifica las vías urbanas en dos grupos. El primero es clasificación de vías provinciales donde conforma a vías expresas, vías arteriales y vías locales. El segundo es clasificación de vías distritales y se subdividen en vías locales comercial, preferencial, residencial, industrial y vías peatonales.

Vías Expresas: Unen zonas de importante generación de tránsito y extensas zonas de vivienda. Integran la ciudad con el resto del país. Se caracteriza por sus altas velocidades de flujo interrumpido en la cual no existen cruces.

Vías Arteriales: Por esta vía transita un flujo importante de vehículos, flujo interrumpido a distancias.

Vías Colectoras: Permiten relacionar las áreas urbanas con las vías arteriales y expresas, tiene un flujo interrumpido a cortas distancias.

Figura N° 2: Representación esquemática de vías urbanas en el Perú.

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC).

Para el control de las vías e intersecciones se usan reguladores como los semáforos, los cuales tienen ciclos o longitud de ciclo, los cuales poseen fases de ciclos que son influidos por la cantidad de acceso que tiene la intersección.

Figura N° 3: Distribución de fases semafóricas.

2.5 Vehículos.

2.5.1 Variación del volumen de tránsito en la hora de máxima demanda.

Al realizar el análisis de volumen horario de máxima demanda se puede observar que dentro de la hora analizada existen periodos donde las tasas de flujos son mayores.

Para hacer un análisis de las variaciones del volumen de tráfico en la hora de máxima demanda se utiliza el factor horario que relaciona el volumen horario de máxima demanda con el flujo máximo.

$$FHMD = \frac{VHMD}{N (q_{\max})} \dots \text{Ecuación 01}$$

Donde:

FHMD = Factor horario de máxima demanda

VHMD = Volumen horario de máxima demanda

N = número de periodos durante la hora de máxima demanda.

q máx = Flujo máximo.

Para el análisis se realiza un estudio para periodos de 15 minutos, por lo tanto, N = 4.

El máximo valor que puede alcanzar el FHMD es la unidad, que significa que existe una distribución uniforme de flujos máximos dentro de la hora, cuanto más inferior a la unidad es el valor, indica que existe concentraciones de flujos máximos en periodos cortos dentro de la hora.

2.5.2 Capacidad vial en intersecciones semaforizadas.

En las intersecciones con semáforos se regula la circulación de vehículos y peatones, donde se asignan el derecho de paso tanto a peatones como vehículos de manera secuencial. Estos son guiados de acuerdo a los cambios secuenciales de los colores rojos, amarillos y verdes, operados por aparatos electrónicos para el control del tráfico en una intersección. Con el uso de semáforos se busca regular la velocidad de los vehículos y mantener una velocidad constante interrumpiendo periódicamente el tránsito de las corrientes peatonales o vehiculares para permitir el paso secuencial de cada uno de ellos.

Donde:

V_i : Verde Presentado al acceso i .

A_i : Amarillo del acceso i .

R_i : Rojo presentado del acceso i .

C : Tiempo del ciclo del semáforo.

λ_1 : Pérdida Inicial.

λ_2 : Ganancia Final.

v_{ei} : Verde efectivo al acceso i .

r_{ei} : Rojo efectivo al acceso i .

μ_i : Razón de verde efectivo del acceso i .

S_i : flujo de saturación del acceso i .

La figura 8, indica la situación del semáforo donde se inicia el tiempo de verde, en esta existe una pérdida (λ_1) debido a que la reacción del conductor no es óptima ya que se intervienen diversos factores. A partir de esta etapa de cambio, la cola que se generó va descargando el acceso hasta llegar al tiempo final de verde, cuando inicia la luz ámbar, la mayoría de los conductores aceleran para pasar la intersección antes del inicio de tiempo en rojo. Este periodo que el conductor acelera (λ_2) se identifica como ganancia final del semáforo. Por tanto la influencia del flujo de saturación y su razón de verde efectivo, propiedades del tráfico y de la programación del semáforo, determinan la capacidad de la intersección. (Arias Moreno & Valdiviezo Peralta, 2014)

Figura N° 4: Diagrama de longitud del ciclo del semáforo.

Fuente: HCM 2010.

2.5.3 Flujo de saturación

Su cálculo es muy importante en intersecciones reguladas con semáforo, además para la modelación del tráfico en redes semaforicas. Están conformados por las siguientes clases de flujo de saturación.

- **Flujo de Saturación Real (R):** Máxima tasa de descarga de una cola compuesta por cualquier tipo de vehículo que realiza cualquier movimiento en la intersección se mide en veh/h – carril ó veh/h.
- **Flujo de Saturación Base (So):** descarga de tasa máxima durante el tiempo de verde compuesta por solo automóviles que siguen directo en la intersección, según el HCM 2010 es para poblaciones menores y mayores de 250,000 habitantes entre 1,750 y 1,900 ADE/ hora/carril respectivamente.

Factores de equivalencia definidas como la razón entre distintos flujos de saturación. Para el cálculo del flujo de saturación real involucra la siguiente formula:

$$S = S_o * (f_w)(f_{HW})(f_g)(f_p)(f_{bb})(f_a)(f_{LU})(f_{LT})(f_{RT})(f_{Lpb})(f_{Rpb}) \dots \text{Ecuación N}^\circ 02$$

a) **f_w: factor de ajuste por ancho de carriles del grupo.**

Ancho Promedio de carril (W)	f _w
2.40 ≤ W < 3.00	0.96
3.00 ≤ W ≤ 3.87	1.00
3.87 < W < 4.80	1.04

...Ecuación N° 03

b) **f_{HV}: factor de Ajuste por vehículos pesados en el grupo.**

$$f_{HV} = \frac{100}{100 + P_{HV}(E_T - 1)} \dots \text{Ecuación N}^\circ 04$$

Donde:

P_{HV}: Porcentaje de vehículos pesados del grupo (%).

E_T: Número equivalente de autos por vehículos pesados = 2.0

c) **f_g : factor de ajuste por pendiente en el acceso.**

$$f_g = 1 - \frac{P_g}{200} \dots \text{Ecuación N}^\circ 05$$

Donde:

P_g = Pendiente en el acceso para el grupo de carril (%)

Signo positivo si es cuesta arriba y negativo si es cuesta abajo.

$$-6 \leq P_g \leq +10.00$$

d) **f_p : factor de ajuste por Estacionamiento adyacente al grupo.**

$$f_p = \frac{N - 0.1 \frac{18N_m}{3,600}}{N} \dots \text{Ecuación N}^\circ 06$$

Donde:

N_m = maniobras de estacionamientos adyacentes al grupo (veh/h)

N = Número de carriles por grupo.

Para estacionamiento adyacente al grupo dentro de los 75.00 m antes de llegar a la intersección.

Si no existe estacionamiento este factor tiene un valor de 1.00

$$\text{Valor máximo } N_m = 180 \text{ Veh/h}$$

$$\text{Valor mínimo } f_p = 0.05$$

e) **f_{bb} : factor de ajuste por bloque de buses que paran en el área de la intersección.**

$$f_{bb} = \frac{N - \frac{1.44 N_b}{3,600}}{N} \geq 0.050 \dots \text{Ecuación N}^\circ 07$$

Donde:

N_b : frecuencia de paradas de buses en el acceso (Buses/h).

N : Número de carriles por grupo

Para buses que se detienen a recoger o dejar pasajeros dentro de los 75.00 m llegando o pasando la intersección.

Valor máximo para $N_b = 250$ Buses/h

Valor mínimo para $f_{bb} = 0.050$

f) f_a : factor de ajuste por tipo de área.

$f_a = 0.9$, Ubicación se encuentra en CBD (Central Business District) o centro de la ciudad. Áreas donde el diseño geométrico y el tráfico o los flujos peatonales sean tales que los tiempos de espera se incrementan significativamente.

$f_a = 1.00$, Ubicación en cualquier otra área.

g) f_{LU} : factor de ajuste por utilización de carril.

$$f_{LU} = \frac{V_g}{N_e V_{g1}} \dots \text{Ecuación N° 08}$$

Donde:

V_g : Demanda para el grupo de movimiento (Veh/h).

V_{g1} : Demanda del carril exclusivo con el volumen más alto del grupo de movimientos (Veh/h).

N : Número de carriles exclusivos en el grupo de movimiento.

Se utiliza cuando un grupo de movimiento tiene más de un carril exclusivo.

h) f_{LT} : factor de ajuste por giro a la Izquierda en un grupo.

$$f_{LT} = \frac{1}{E_{LT}} \dots \text{Ecuación N° 09}$$

Donde:

Tipo de carril		E _L Equivalentes ADE para vehículos que giran a la izquierda					f _{LT}
Giros a la izquierda con fase protegida o sin oposición							
Un carril exclusivo o compartido			1.05			0.95	
Dos o más carriles exclusivos o compartidos			1.09			0.92	
Calles de un solo sentido o intersecciones en T							
Un carril exclusivo o compartido			1.18			0.85	
Dos o más carriles exclusivos o compartidos			1.33			0.75	
Giros a la izquierda con carril compartido y presencia de flujo opuesto							
Flujo Opuesto	1	200	400	600	800	1000	1200
E _L	1.4	1.7	2.1	2.5	3.1	3.7	4.5
Giros a la izquierda con carril exclusivo y presencia de flujo opuesto							
Flujo Opuesto	1	200	400	600	800	1000	1200
E _L	1.3	1.6	1.9	2.3	2.8	3.3	4

i) **f_{RT}**: factor de ajuste por giro a la Derecha en un grupo.

$$f_{LT} = \frac{1}{E_{LT}} \quad \dots \text{Ecuación N° 10}$$

Donde:

Tipo de carril (Intersección simple)	f_{RT}
Un carril exclusivo o compartido	0.95
Dos o más carriles exclusivos o compartidos	0.92
Tipo de carril (Intersección en T)	f_{RT}
Un carril exclusivo o compartido	0.85
Dos o más carriles exclusivos o compartidos	0.75

Peatones y bicicletas vías de un solo sentido

$$v_{pedg} = v_{ped} \frac{c}{g_{ped}} \leq 5,000 \quad \dots \text{Ecuación N° 11}$$

$$\text{Si } V_{pedg} \leq 1000 \text{ p/h } OCC_{pedg} = \frac{v_{pedg}}{2,000} \quad \dots \text{Ecuación N° 12}$$

Si $V_{pedg} > 1000$ p/h $OCC_{pedg} = 0.4 + \frac{v_{pedg}}{10,000} \leq 0.90$...Ecuación N° 13

V_{pedg} = demanda de peatones durante el tiempo de verde (p/h)

V_{ped} = demanda de peatones en la hora pico (p/h)

C = longitud del ciclo del semáforo (s)

g_{ped} = tiempo de verde para el paso de peatones (s)

OCC_{pedg} = ocupación de peatones en verde

Si no hay semáforo para peatones considerar g_{ped} como el verde efectivo de la fase.

Peatones y bicicletas vías de un solo sentido

$$v_{bicg} = v_{bic} \frac{C}{g_{bic}} \leq 1,900 \text{ ...Ecuación N° 14}$$

$$OCC_{bicg} = 0.02 + \frac{v_{bicg}}{2,700} \text{ ...Ecuación N° 15}$$

V_{bicg} = demanda bicicletas durante el tiempo de verde (b/h)

V_{ped} = demanda de bicicletas en la hora pico (b/h)

C = longitud del ciclo del semáforo (s)

g_{bic} = tiempo de verde para el paso de peatones (s)

OCC_{bicg} = ocupación de bicicletas en verde

Si no hay semáforo para bicicletas considerar g_{bic} como el verde efectivo de la fase.

Peatones y bicicletas vías de un solo sentido

Solo peatones $OCC_{\gamma} = \frac{g_{pedg}}{g} OCC_{pedg}$...Ecuación N° 16

Peatones y bicicletas

$$OCC_{\gamma} = \left(\frac{g_{pedg}}{g} OCC_{pedg} \right) + OCC_{bicg} - \left(\frac{g_{pedg}}{g} OCC_{pedg} OCC_{bicg} \right) \text{ ...Ecuación N° 17}$$

g_{ped} = tiempo de verde para el paso de peatones (s)

g = tiempo de verde para la fase de grupos (s)

OCC_{pedg} = ocupación de peatones en verde

OCC_{bicg} = ocupación de bicicletas en verde

$OCC \gamma$ = zona de conflicto importante

Presencia de peatones y bicicletas en vías de dos sentidos

$g_q = g_p - g_u$

Si $g_q < g_{ped}$ $OCC_{pedu} = OCC_{pedg}(1 - 0.5g_q/g_{ped}) \dots$ Ecuación N° 18

Si $g_q \geq g_{ped}$ $OCC_{pedu} = 0.0 \dots$ Ecuación N° 19

g_q = tiempo de verde acceso opuesto (s).

g_p = tiempo de verde permitido del acceso (s).

g_u = tiempo de verde giro a la izquierda (s).

C = longitud del ciclo del semáforo (s).

g_{ped} = tiempo de verde para el paso de peatones (s).

OCC_{pedg} = ocupación de peatones en verde.

OCC_{pedu} = ocupación de peatones después de que la fila opuesta se borra.

Presencia de peatones y bicicletas en vías de dos sentidos

Solo peatones

$$OCC_{\gamma} = \frac{g_{ped}-g_q}{g_p-g_q} (OCC_{pedu}) e^{-5.00v_o/3,600} \dots \text{Ecuación N° 20}$$

g_q = tiempo de verde acceso opuesto (s).

g_p = tiempo de verde permitido del acceso (s).

g_{ped} = tiempo de verde para el paso de peatones (s).

V_o = flujo opuesto (Veh/h)

OCC_{pedu} = ocupación de peatones después de que la fila opuesta se borra.

$OCC \gamma$ = zona de conflicto importante

Peatones y bicicletas en vías de uno y dos sentidos

Para carriles de recepción iguales o menores que carriles de vuelta

$$A_{pbT} = 1 - OCC_{\gamma} \dots \text{Ecuación N}^{\circ} 21$$

Para carriles de recepción mayores que carriles de vuelta

$$A_{pbT} = 1 - 0.6OCC_{\gamma} \dots \text{Ecuación N}^{\circ} 22$$

Donde:

A_{pbT} = tiempo zona desocupada (s)

j) f_{Lpb} = factor de ajuste por peatones y bicicletas para grupos con giro a la

izquierda	Tipo de carril	f_{Lpb}
	No hay peatones o ciclistas en conflicto	1
	Calle de un solo sentido	A_{pbT}
	Calle en dos sentidos con giro permitido a la izquierda	A_{pbT}
	Calle en dos sentidos con giro permitido y protegido a la izquierda	A_{pbT}
	Calle en dos sentidos con giro permitido a la izquierda sin flujo opuesto	1

k) f_{Rpb} = factor de ajuste por peatones y bicicletas para grupos con giro a la derecha

Tipo de carril	f_{Rpb}
No hay peatones o ciclistas en conflicto	1
Giro permitido a la derecha	A_{pbT}
Giro permitido y protegido a la derecha	A_{pbT}
Giro protegido a la derecha	1

l) **Capacidad y grado de saturación**

$$Q = c = Ns \frac{g}{c} \dots \text{Ecuación N}^{\circ} 23$$

$$X = \frac{v}{c} = \frac{q}{Q} \dots \text{Ecuación N}^{\circ} 24$$

$Q = c$ = capacidad (ADE/h).

N = número de carriles.

S = Tasa de flujo de saturación ajustada (ADE/h).

g = tiempo de verde efectivo del grupo (s).

C = longitud del ciclo del semáforo (s).

$q = v$ = Demanda ajustada (ADE/h).

X = Grado de saturación.

2.5.4 Nivel de servicio vehicular en las intersecciones.

En base a los cálculos se procede a determinar el nivel de servicio de la intersección la cual ha sido diseñada e implementada por el HCM. Estos miden la seguridad, comodidad y la facilidad de maniobrar en una vía. Se dividen en 06 letras que va desde la letra A hasta la letra F, cada uno asociado a un requisito específico.

Nivel de Servicio A: Se asigna este nivel cuando X es bajo; ciclo corto. Los vehículos llegan durante el verde y viajan sin parar.

Nivel de Servicio B: Se asigna este nivel cuando X es bajo; ciclo corto. Más vehículos paran que en el nivel A.

Nivel de Servicio C: Se asigna este nivel cuando X es menor que 1; ciclo moderado. El número de vehículos que paran es significativo, aunque muchos todavía pasan sin parar.

Nivel de Servicio D: Se asigna este nivel cuando X es alta y menor que 1; ciclo largo. muchos vehículos se detienen y algunas fallas de ciclo individuales.

Nivel de Servicio E: Se asigna este nivel cuando X es alta y menor que 1; ciclo largo. fallas de ciclo individuales frecuentes.

Nivel de Servicio F: Se asigna este nivel cuando X es muy alta y mayor que 1; ciclo largo. La mayoría de los ciclos no pueden borrar la cola.

2.6 Peatones.

2.6.1 Flujo peatonal

Se considera infraestructura peatonal urbana a toda instalación destinada a la circulación de personas, tales como aceras, pasos peatonales, etc.

Las características de los flujos peatonales son factores muy importantes que se deben considerar en la planeación, diseño y evaluación de estas instalaciones, con el fin de

optimizar su operación y utilización. El flujo peatonal en aceras y pasos peatonales no son tan canalizados como los vehiculares ya que las personas tienen mayor libertad de maniobra y pueden moverse en diferentes direcciones. Sin embargo, cuando se presentan altos flujos, lo peatones tienden a comportarse de manera similar a los flujos vehiculares.

Los principios del flujo peatonal son análogos a lo estudiado para vehículos, así como las principales magnitudes que lo definen tales como:

- Volumen
- Velocidad
- Densidad
- Capacidad de servicio
- Nivel de servicio

Aparecen de este modo variables inexistentes en la circulación de vehículos, como la circulación contracorriente, la posibilidad de atravesar lateralmente una corriente peatonal ininterrumpida o la propiedad de poder efectuar cambios de dirección sin originar conflictos apreciables.

Además, según Luis Bañón (Manual de carreteras 1999) existe una serie de factores complementarios de entorno que influyen en la utilización de vías peatonales, como son:

- Comodidad
- Conveniencia.
- Seguridad vial
- Seguridad pública
- Economía

Estos factores forman en el peatón una idea general de la calidad ambiental existente en las vías peatonales, pudiendo condicionar el modo en que se realice sus desplazamientos.

2.6.2 Volumen peatonal.

El volumen peatonal es uno de los indicadores que nos permite determinar el nivel de servicio en intersecciones. En tal sentido, Jerez y Torres (2011) definen el volumen peatonal como el flujo de peatones por unidad de longitud (ancho de la instalación), el flujo peatonal promedio por unidad de ancho efectiva de la instalación, expresado en peatones por minuto por metro (peat/min/m).

Los aforos peatonales permiten cuantificar la cantidad de personas que se trasladan en una infraestructura vial en un determinado tiempo. Antes de realizar el aforo es necesario clasificar en diferentes grupos a los peatones.

a) Características de los peatones.

- **Peatones ancianos.** (Figura 5) Este tipo de peatón tiende a ser frágil en sus condiciones cognitivas, sensoriales por lo que es más vulnerable a los accidentes de tránsito. Por lo tanto, es necesario tener una infraestructura adecuada a sus condiciones físicas.

Figura N° 5: Peatones ancianos.

Fuente: Manual de diseño de infraestructura vial.

- **Peatones niños:** (Figura 6) Este tipo de peatón tiende a ser más confiado en su desplazamiento, tiene menor altura, el cual muchas veces no es visualizado por los conductores, y por lo general tienen acciones impulsivas e impredecibles.

Figura N° 6: Petones niños.

Fuente: Manual de diseño de infraestructura vial.

- **Peatones con movilidad restringida.** (Figura 7) Este tipo de peatón requiere el uso de prótesis, silla de ruedas, muletas, bastones, caminadores que faciliten su desplazamiento. Por lo tanto, es necesario contar con infraestructura adecuada a sus necesidades.

Figura N° 7: Peatones con movilidad restringida.

Fuente: Manual de diseño de infraestructura vial.

- **Peatones con impedimentos sensoriales.** (Figura 8) Son considerados todos los peatones con trastorno en la visión, considerada causa principal de la disminución de habilidad peatonal.

Figura N° 8: Peatones con impedimentos sensoriales.

Fuente: Manual de diseño de infraestructura vial.

2.6.3 Velocidad peatonal.

Según el Transport Research Board norteamericano, dentro de los distintos tipos de peatones, existe una amplia gama de velocidades que van desde los 40 – 50 m/min (aquellos peatones que van mirando escaparates) a los 80 m/min (peatones clasificados como estudiantes). Por lo que la velocidad de los peatones dependerá de las condiciones de circulación.

De acuerdo al Highway Capacity Manual, HCM 2010, la velocidad media de un peatón es de 70 m/min.

2.6.4 Densidad peatonal.

La densidad es uno de los factores más determinantes a la hora de analizar la velocidad peatonal. Para poder caminar normalmente es necesario tener el espacio suficiente sin obstáculos que impidan los movimientos. En tal sentido, Jerez y Torres (2011) definen la densidad peatonal como el número promedio de peatones por unidad de área dentro de una zona peatonal dada, expresado en peatones por metro cuadrado (peat/m²).

Por lo tanto, si se incrementa la densidad se reducirá el espacio disponible para caminar por lo que también se reduce la velocidad.

2.6.5 Metodología y procedimiento para la obtención del nivel de servicio en vías peatonales.

Los criterios para establecer los diferentes niveles de servicio en la circulación peatonal son:

a) Aforos peatonales.

Realizar aforos peatonales en periodos de 15 minutos. Debido a que los flujos peatonales rara vez son uniformes se debería considerar intervalos más cortos. Sin embargo, no es recomendable diseñar estructuras peatonales para satisfacer requerimientos de picos extremos que se presentan en intervalos muy pequeños.

b) Ancho de acera efectivo

De acuerdo al Highway Capacity Manual, HCM-2010, el ancho de calzada efectiva es la porción de la acera utilizada exclusivamente para el flujo de peatones. El ancho de calzada efectiva se calcula utilizando la siguiente ecuación.

$$W_e = W_t - W_o \quad \dots \text{Ecuación N}^\circ 25$$

Donde:

W_e = Ancho de acera efectiva (m.)

W_t = Ancho total de la acera (m.)

W_o = Suma de anchos de elementos urbanos en la vereda (m.)

Figura N° 9: Ancho efectivo del paso peatonal.

Fuente: HCM 2010.

El valor de los anchos urbanos (W_o) se encuentra en la Tabla N° 1 en el Highway Capacity Manual.

Tabla 1: Ancho de calzada efectivo.

Elementos Urbanos	Ancho Aproximado
Mobiliario Urbano	
Postes	0.80 - 1.10m
Postes de señales	0.90 - 1.20m
Hidrantes	0.80 - 0.90m
Postes de semáforos	0.60 - 0.80m
Buzones	1.00 - 1.10m
Cabinas telefonicas	1.20m
Cestas de basura	0.90m
Bancas	1.50m
Arboles	0.60 - 1.20m
Jardineras	1.50m
Usos comerciales	
Vitrinas	1.00m

Fuente: Adaptado del Highway Capacity Manual (HCM 2010).

c) Efectos de los pelotones de peatones.

Según TRB (2000), un pelotón es el número de peatones caminando juntos en un grupo involuntariamente, como resultado de un semáforo, el repentino estrechamiento de la vía peatonal u otros factores.

El nivel de servicio que ofrece la vía se ve reducido generalmente en un grado cuando se forman pelotones. Este aspecto debe tenerse en cuenta en aquellas zonas donde la formación de pelotones es frecuente, debiéndose adoptar el valor de su intensidad para el dimensionamiento de la vía peatonal (Bañón, 1999, p 242)

2.6.6 Nivel de servicio en pasos peatonales.

La principal función de las facilidades para el cruce de peatones a través de intersecciones es dar seguridad, reduciendo y previniendo los riesgos de accidentes, en particular de atropellos, y reduciendo las demoras peatonales que se experimentan al cruzar las calles.

Debido a la regulación semaforizada existente en los cruces se favorece la circulación en pelotón de los peatones, alterando la velocidad normal de marcha, que desciende hasta los 1.35 m/s.

Cada peatón necesitará utilizar un cierto espacio durante un periodo de tiempo, impidiendo el paso de otro peatón por el mismo lugar. Es por ello que es necesario determinar el nivel de servicio de un paso peatonal como lo detalla Luis Bañón en el libro Manual de Carreteras.

a) Datos iniciales:

- Anchura (Ap.) y longitud del paso peatonal (Lp).
- Reglaje peatonal del semáforo (Vp, Rp, C).
- Peatones que se incorporan al paso peatonal (Ie) en pt/ciclo.
- Peatones que salen del cruce en cuestión (Is) en pt/ciclo.

b) Cálculo del tiempo de circulación (tp):

$$t_p = \frac{L}{V} \quad \dots \text{Ecuación N}^\circ 26$$

Donde:

- t_p = tiempo de circulación (s.)
- V = velocidad del pelotón (m/s).
- L= longitud del paso peatonal (m).

c) Cálculo de la ocupación del cruce peatonal (Tp):

$$T_p = \frac{(Ie+Is)*t_p}{60} \quad \dots \text{Ecuación N}^\circ 27$$

Donde:

- Tp = tiempo ocupación del cruce peatonal (peat*min).
- A = ancho del paso peatonal (m).
- L= longitud del paso peatonal (m).

d) Obtención del tiempo – espacio disponible (TSp):

$$TS_p = \frac{A*L*V_p}{60} \quad \dots \text{Ecuación N}^\circ 28$$

Donde:

- TS_p = tiempo espacio (m^2*min).
- A = ancho del paso peatonal (m).
- L= longitud del paso peatonal (m).

e) Cálculo de la superficie peatonal (Ω_p):

$$\Omega_p = \frac{TS_p}{T_p} \quad \dots \text{Ecuación N° 29}$$

Donde:

- Ω_p = superficie peatonal (m^2/peat).
- TS_p = tiempo espacio ($m^2*\text{min}$).
- T_p = tiempo ocupación del cruce peatonal ($\text{peat}*\text{min}$).

f) Obtención de la oleada máxima ($Q_{\text{máx}}$):

$$Q_{\text{máx}} = \frac{(I_e + I_s) * (R_p + t_p)}{60} \quad \dots \text{Ecuación N° 30}$$

Donde:

- $Q_{\text{máx}}$ = oleada máxima (peat).
- I_e = Intensidad entrada (peat/ciclo).
- I_s = Intensidad salida (peat/ciclo).
- R_p = Tiempo de rojo peatonal (s).
- t_p = tiempo de circulación (s.)

g) Obtención del nivel de servicio (Ω_p):

$$\Omega_{\text{máx}} = \frac{L * A}{Q_{\text{máx}}} \quad \dots \text{Ecuación N° 31}$$

Donde:

- Ω_p = Ocupación media (m^2/peat)
- A = ancho del paso peatonal (m).
- L = longitud del paso peatonal (m).
- $Q_{\text{máx}}$ = oleada máxima (peat).

Luego de obtener la ocupación media se determina el nivel de servicio usando la Tabla 2 del Highway Capacity Manual.

Tabla 2: Nivel de servicio de la infraestructura peatonal.

Nivel de Servicio	Superficie peatonal S (m ² /peatón)	Intensidades o flujos y velocidades		
		Velocidad media V(m/min.)	Flujo peatonal (Peatones/min/m ²)	Relación q/c
A	≥11.70	≥78	≤7	≤0.08
B	≥3.60	≥75	≤23	≤0.28
C	≥2.16	≥72	≤33	≤0.40
D	≥1.35	≥68	≤49	≤0.60
E	≥0.54	≥45	≤82	≤1.0
F	<0.54	<45	Variable	

Fuente: HCM 2010.

Nivel de servicio A.

En los pasos peatonales, los peatones prácticamente caminan en la trayectoria que desean, sin verse obligados a modificarla por la presencia de otros peatones. Se elige libremente la velocidad de marcha, los conflictos entre peatones son poco frecuentes.

Nivel de servicio B

Se proporciona la superficie suficiente para permitir que los peatones elijan libremente la velocidad de marcha, se adelanten unos a otros y eviten los conflictos al entrecruzarse entre sí, en este nivel los peatones comienzan a acusar la presencia de otros, hecho que manifiestan en la elección de sus trayectorias.

Nivel de servicio C

Existe la superficie para seleccionar una velocidad normal de marcha y permitir el adelantamiento, principalmente en corrientes de un único sentido de circulación. En el caso de que también haya movimiento en el sentido contrario o incluso entrecruzado, se producirían ligeros conflictos esporádicos y las velocidades y el volumen serán un poco menores.

Nivel de servicio D.

Se restringe a libertad individual de elegir la velocidad de marcha y el adelantamiento. En caso de que haya movimientos de entrecruzado o en sentido contrario existe una alta

posibilidad de que se presenten conflictos, siendo precisos frecuentes cambios de velocidad y de posición para eludirlos. Este proporciona un flujo razonablemente fluido; no obstante, es probable que se produzca entre los peatones unas fricciones e interacciones notables.

Nivel de servicio E

En el prácticamente todos los peatones verán restringida su velocidad normal de marcha, lo que les exigirá con frecuencia modificar y ajustar su paso. En este movimiento hacia delante solo es posible mediante una forma de avance denominado “arrastre de pies”. No se dispone de la superficie suficiente para el adelantamiento de los peatones más lentos. Los movimientos en sentido contrario solo son posibles con extrema dificultad, se originan detenciones e interrupciones en el flujo.

Nivel de servicio F

Todas las velocidades de se ven frecuentemente restringidas y el avance sólo se puede realizar mediante el paso de arrastre de pies. Entre los peatones se producen frecuentes e inevitables contactos, y los movimientos en sentido contrario y entrecruzados son virtualmente imposibles de efectuar. El flujo es esporádico e inestable, y se producen frecuentes colas y aglomeraciones.

2.6.7 Nivel de servicio en esquinas.

Las esquinas son puntos donde concurren diversos flujos peatonales como los que circulan por cada una de las aceras, el proveniente del paso peatonal y la masa de peatones que espera por cruzar la calle. Luis Bañón en su libro Manual de Carreteras señala la existencia de dos zonas de distribución en la superficie de una acera.

- Zona de circulación: Aquella empleada para el tránsito normal de peatones, tanto para las que doblan la esquina como para los que se incorporan desde el cruce peatonal o para los que llegan a la cola de la fase roja de cruce.
- Zona de espera: es la necesaria para acomodar a aquellos peatones que se hallan en espera de cruzar la calle durante la fase roja peatonal.

Los datos necesarios para el análisis de esquinas son:

a) Datos iniciales:

- Anchura total de la acera AT1 y AT2 (m).
- Anchura de obstáculos en la calle Ao1 y Ao2 (m).

- Anchura útil de la acera en la calle $Au1$ y $Au2$ (m).
- Anchura de pasos peatonales $Ap1$ y $Ap2$ (m).
- Aforo peatonal de 15 min:
 - Intensidad peatonal de entrada $Ie1$ y $Ie2$ (peat/ciclo)
 - Intensidad peatonal de salida $Is1$ y $Is2$ (peat/ciclo)
 - Intensidad peatonal que circula en la esquina $I12$ (peat/ciclo)
- Reglaje del semáforo.
 - Ciclo (C seg.)
 - Verde y ámbar ($G1$ Y $G2$).
 - Rojo ($R1$ y $R2$).
- El radio de la esquina. (R).

Figura N° 10: Datos necesarios para el cálculo del nivel de servicio de esquinas.

Fuente: Revista Cimbra N° 53

b) Cálculo de la intensidad total de circulación (Ic):

$$Ic = Ie_1 + Is_1 + Ie_2 + Is_2 + I_{12} \quad \dots \text{Ecuación N}^\circ 32$$

Donde:

- Ic = Intensidad de circulación (peat/ciclo)
- Ie = Intensidad de entrada (peat/ciclo)
- Is = Intensidad de salida (peat/ciclo)
- I₁₂ = Intensidad de circulación en la esquina (peat/ciclo)

c) Cálculo del tiempo total de circulación (Tc):

$$Tc = \frac{Ic * 4}{60} \dots \text{Ecuación N}^\circ 33$$

Donde:

- Tc = Tiempo de circulación (peat*min)
- Ic = Intensidad de circulación (peat/ciclo)

d) Obtención de la superficie neta de la esquina (S):

$$S = Au_1 * Au_2 - 0.215 * r^2 \quad \dots \text{Ecuación N}^\circ 34$$

Donde:

- S = Superficie neta (m²).
- Au₁ = Ancho útil de la acera (m).
- r = radio de curvatura de la esquina (m).

e) Cálculo del tiempo de la superficie disponible (Ts):

$$Ts = \frac{S * C}{60} \dots \text{Ecuación N}^\circ 35$$

Donde:

- Ts = Tiempo de superficie disponible (m²-min).
- S = Superficie neta (m²).
- C = ciclo semafórico (s).

f) Cálculo del tiempo de espera en las zonas de espera (Te1 y Te2)

$$Te1 = \frac{Is1 * R1^2}{C * 120} \dots \text{Ecuación N° 36}$$

Donde:

- Te1 = Tiempo de espera (peat-min).
- Is = Intensidad de salida (peat/ciclo)
- R = Tiempo en rojo de la fase peatonal (s).
- C = ciclo semafórico (s).

g) Obtención del tiempo – superficie de la zona de espera (Tse):

$$Tse = 0.45 * (Te1 + Te2) \dots \text{Ecuación N° 37}$$

Donde:

- Tse = Tiempo superficie (m² - min).
- Te1 = Tiempo de espera (peat-min).

h) Obtención del tiempo – superficie de circulación (Tsc)

$$Tsc = Ts - Tse \dots \text{Ecuación N° 38}$$

Donde:

- Tsc = Tiempo superficie de circulación (m² - min).
- Ts = Tiempo de superficie disponible (m²-min).
- Tse = Tiempo superficie (m² - min).

i) Cálculo de la ocupación media (M):

$$M = \frac{Tsc}{Tc} \dots \dots \text{Ecuación N° 39}$$

Donde:

- M = Ocupación media (m²/peat)
- Tsc = Tiempo superficie de circulación (m² - min).
- Tc = Tiempo de circulación (peat*min)

Luego de obtener la ocupación media se determina el nivel de servicio usando la Tabla 3 del Highway Capacity Manual.

Tabla 3: Nivel de servicio de esquinas.

Nivel de servicio	A	B	C	D	E	F
M (m"/peat)	> 1.17	> 0.9	> 0.63	> 0.27	> 0.18	< 0.18
Descripción	Libre circulación sin causar molestia.	Circulación parcialmente restringida	Formación de colas, límite de la comodidad	Circulación en la cola restringida solo es posible el desplazamiento en grupo	En la parada el contacto físico resulta inevitable. Genera incomodidad	Contacto físico directo, densidad extremadamente incomoda.

Fuente: HCM 2010

2.7 NCHRP 562.

Con el desplazamiento hacia comunidades habitables, donde caminar y usar el transporte público son opciones atractivas de transporte, existe un deseo creciente de mejorar la seguridad de los peatones. Este deseo se extiende a áreas que normalmente se consideran amigables a los peatones, como vías más anchas que sirven como rutas de tránsito. (PROGRAM, 2006)

Por tanto, la metodología de análisis que plantea el NCHRP 562 es recomendar tratamientos de ingeniería seleccionados para mejorar la seguridad de los peatones que cruzan en vías, en particular las vías donde circulan vehículos en gran cantidad. Se hace un análisis siguiendo los lineamientos del HCM, donde integra criterios y recomendaciones para identificar una situación problemática en una intersección.

Se estima el tiempo de demora del peatón, teniendo en cuenta los siguientes factores:

- **Flujo peatonal:** Indica un número mínimo de peatones para encargar una acción de mejora, la cual se ve afectada por la demanda de uso de la vía.
- **Flujo vehicular:** Ocurrencia de brechas para que los peatones puedan cruzar la vía con mayor seguridad.

- **Número de carriles y ancho de vía:** Medidas que permiten conocer el ancho de la vía que cruzaran los peatones.
- **Velocidad de cruce:** Se utilizará 1.2 m/s para garantizar el cruce de personas en una intersección con movilidad reducida.

A partir de la demora calculada basada en la metodología se dará una calificación en un rango de tres colores.

- **Rojo:** Recomienda la colocación de un semáforo en la intersección.
- **Amarillo:** Incluye dispositivos para mejorar la visibilidad y ubicación del cruce, así como la geometría.
- **Verde:** Mejoras menores o para mantener la condición actual de la intersección.

2.8 Inspecciones de Seguridad Vial

Es un proceso de evaluación integral de la infraestructura de transporte, con el objetivo de identificar los riesgos de ocurrencia de accidentes. Estas se llevan a cabo por un equipo auditor en el que se recomienda que haya un miembro familiarizado con el diseño de infraestructura vial para peatones. (DEXTRE QUIJANDRIA, 2008)

Para que sea considerada como tal es necesario que sea solicitada por una autoridad competente capaz de promover la implementación de las recomendaciones emitidas por el equipo auditor. En caso contrario, se trata simplemente de una inspección de seguridad vial. A diferencia de las otras metodologías presentadas, la auditoria no representa una herramienta de comparación entre alternativas para un proyecto, sino una evaluación de las características específicas de la alternativa seleccionada para el proyecto. (Doig Godier, 2010)

La auditoría se puede llevar a cabo durante las distintas etapas del proyecto, aunque lo ideal es que se realice desde las primeras etapas lo que permite obtener un máximo beneficio a lo largo de todo el proceso. (DEXTRE QUIJANDRIA, 2008)

En el desarrollo formal de las auditorias el proceso termina cuando el cliente responde al informe realizado por el equipo auditor explicando las acciones tomadas con respecto a las observaciones.

En lo referente al tránsito peatonal, las ASV evalúan los siguientes temas:

- Características de la infraestructura peatonal
- Condición de la infraestructura.
- Continuidad y conectividad
- Iluminación
- Visibilidad

2.9 Nivel de servicio basado en el confort

Sarkar presento una metodología para evaluar y analizar la calidad del nivel de servicio en los espacios destinados al tránsito peatonal en la conferencia de la TRB del 2013, esta se lleva a cabo teniendo en cuenta las necesidades psicológicas, fisiológicas y físicas. El análisis se realiza en vías urbanas.

La evaluación del nivel de servicio se basa en dos etapas, el primero se analiza a nivel macro, se basa en minimizar el máximo esfuerzo físico (veredas libres de obstáculos, accesos, capacidad de caminar a gusto, conflictos con el modo vehicular) y el esfuerzo psicológico (que el peatón sea capaz de elegir y mantener una velocidad al caminar), se realiza haciendo una inspección visual de la vía y buscando estas características se colocan en una escala preestablecida donde también se consideran las actividades que se realiza en la vía. Por otro lado, la segunda evaluación considera cuatro aspectos que determinan la percepción de calidad. (Sarkar, 2003)

- Espacios para detenerse
- Protección
- Nivel de ruido
- Nivel de contaminación del aire

Figura N° 11: Esquema de análisis basado en el confort.

Fuente: Adaptado de Sarkar 2003

2.10 Inventario Vial según Normas peruanas

a) Derecho de Vía.

Según el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras se entiende por derecho de vía a la faja de terreno de ancho variable dentro del cual se encuentra comprendida: la carretera, sus obras complementarias, servicios, áreas previstas para futuras obras de ensanche o mejoramiento, y zonas de seguridad para el usuario. La faja del terreno que conforma el derecho de vía es un bien de dominio público inalienable e imprescriptible, cuyas definiciones y condiciones de uso se encuentran establecidas en el Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial, aprobado con Decreto Supremo N° 034-2008-Ministerio de Transporte y Comunicaciones.

En zonas urbanas estas se limitan a la acera, carril para bicicletas y la calzada, como se puede apreciar en la (Figura 11).

Figura N° 12: Derecho de vía.

Fuente: MTC

b) Ordenanzas Municipales.

Una Ordenanza es un acto normativo a través del cual se expresa el Concejo Municipal para el Gobierno de su respectiva sección de provincia en temas que revisten interés general y permanente para la población y cuya aplicación y cumplimiento es de carácter obligatorio desde su publicación.

- Ordenanza N° 341. Plano del Sistema Vial Metropolitano de Lima.

El jueves 6 de diciembre del 2000, en el diario El Peruano se publicó la Ordenanza N° 341 donde se aprueba la actualización del Plano del Sistema Vial Metropolitano de Lima. Este tipo de vías tienen como función llevar el tránsito desde un sector urbano, hacia las vías Arteriales y/o vías Expresas. Sirven por ello también a una buena proporción de tránsito de paso. Prestan además servicio a las propiedades adyacentes. El flujo de tránsito es interrumpido frecuentemente por las intersecciones semaforizadas en los cruces con vías Arteriales y otras vías Colectoras. En el caso que la vía sea autorizada para transporte Público, de pasajeros se deben establecer y diseñar paraderos especiales. El sistema de Vías Colectoras se diseña cubriendo el área de la Ciudad por una red con vías espaciadas entre 400 a 800 m.

c) Reglamento Nacional de Tránsito.

La regulación del tránsito en la vía pública debe efectuarse mediante señales verticales, marcas en la calzada, semáforos, señales luminosas, y dispositivos auxiliares. La

instalación, mantenimiento y renovación de los dispositivos de regulación del tránsito, es competencia de las Municipalidades Provinciales y Distritales, y se ejecutará conforme a lo establecido en el presente Reglamento y sus normas complementarias.

d) Señalización Vertical.

Son elementos destinados para informar, reglamentar y advertir en una determinada vía con anticipación ante cualquier circunstancia. Es una de las más importantes ya que es una conexión directa con el Conductor y Usuario circulante por la vía, y se clasifica en:

- Señales reguladoras o de reglamentación.

Este tipo de señal tiene como objetivo notificar limitaciones, restricciones y prohibiciones que regulan el uso de la vía. Se clasifican en señales relativas al derecho de paso, señales prohibitivas o restrictivas y señales de sentido de circulación. Las señales referentes al derecho de paso tienen las siguientes características:

- «PARE» de forma octogonal de color Rojo, con letras y marco de color blanco. Con dimensiones 0.75 m. x 0.75 m. (Ver Anexo 1).
- «CEDA EL PASO» de forma triangular equilátero con fondo blanco y franja perimetral roja y dimensiones de lado 0.90 m. (Ver Anexo 2).

- Señales de prevención.

Este tipo de señal sirve para indicar las condiciones que impliquen un peligro real o potencial y que se puede evitar tomando medidas o precauciones inmediatas. Estas tienen forma vertical cuadrada (Ver Anexo 3). El color de las señales preventivas tendrá fondo y borde amarillo de acuerdo al reglamento de tránsito. Los símbolos serán de letra y marco de color Negro. Las dimensiones de las señales en carreteras, avenidas y calles son de 0.60m. x 0.60m.

- Señales de información.

El fin de este tipo de señales es orientar al Conductor a través de una determinada ruta, además de identificar puntos notables como Ciudades y ríos, y brindar información que ayuden en el uso de la vía.

e) Derecho de paso peatonal.

Según el Artículo 63, el peatón tiene derecho de paso sobre cualquier vehículo en vías no semaforizadas y donde no exista la presencia de un policía dirigiendo el tránsito vehicular. Esta prioridad se reduce en vías semaforizadas donde el peatón tiene derecho de paso respecto a los vehículos que giren a la derecha o a la izquierda, con la luz verde como lo señala el Artículo 64 del reglamento. Esta prioridad se mantiene respecto a los vehículos que cruzan la acera para ingresar o salir de áreas de estacionamiento.

f) Límites máximos de velocidad vehicular.

Según el Artículo 162 y 163 del Reglamento Nacional de Tránsito, los límites máximos de velocidad son:

- En calles y jirones: 40 Km/h.
- En avenidas: 60 Km/h.
- En zonas comerciales: 35 Km/h.

g) Reglamento Nacional de Edificaciones.

El capítulo 2 Diseño de Vías del Reglamento Nacional de Edificaciones en el artículo 8 establece las medidas para las secciones de las vías locales y secundarias. En la siguiente tabla se especifica las medidas respectivas.

Tabla 4: Medidas de secciones principales y secundarias.

	TIPO DE HABILITACION					
	VIVIENDA			COMER- CIAL	INDUS- TRIAL	USOS ESPE- CIALES
VIAS LOCALES PRINCIPALES						
ACERAS O VEREDAS	1.80	2.40	3.00	3.00	2.40	3.00
ESTACIONAMIENTO	2.40	2.40	3.00	3.00 - 6.00	3.00	3.00-6.00
CALZADAS O PISTAS (modulo)	3.60 sin separador central	3.00 ó 3.30 con separador central		3.60	3.60	3.30-3.60
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
CALZADAS O PISTAS (modulo)	2.70			3.00	3.60	3.00

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones.

3 METODOLOGIA

3.1 Nivel de Investigación.

El nivel de investigación es explicativo y cuantitativo, debido a que se identifican las variables para conocer el problema y con los datos obtenidos se buscan generar relaciones causa-efecto para generar resultados que solucionen dicho problema.

3.2 Diseño de Investigación.

El presente estudio parte de una recopilación de datos en campo y el cálculo de las variables seleccionadas en la intersección, con el fin de encontrar el nivel de servicio peatonal. Se propone una solución basándose en los datos encontrados y se verifica la mejora en el nuevo escenario propuesto.

3.3 Procedimiento.

- a) Recolectar datos de campo para determinar las características geométricas de la intersección, señalización y tiempo de los semáforos existentes.
- b) Realizar aforos peatonales y vehiculares durante 14 horas, en 03 días de la semana. Tomando en consideración las diferentes tipologías de vehículos.
- c) Se identifica la hora punta donde transitan el mayor número de usuarios.
- d) Aplicando la metodología del HCM2010 se calcula los niveles de servicio peatonal y vehicular de la intersección para la situación actual.
- e) Aplicando la metodología del HCM2010 se calcula los niveles de servicio de los pasos peatonales y las esquinas para la situación actual.
- f) Considerando un escenario con cruce tipo “X”, se verifica la mejora en los niveles de servicio peatonales.
- g) Se elabora un plano de la intersección con la solución propuesta.
- h) Se redactan las conclusiones y recomendaciones.

4 CASO DE ESTUDIO

4.1 Descripción del Caso de Estudio.

Las Av. Inca Garcilaso de la Vega y Av. Bolivia, se encuentra en el centro histórico de la Ciudad de Lima, lo cual genera que por estas vías se desplacen un alto flujo de peatones y vehículos debido al importante movimiento comercial que se desarrolla en esta zona.

La Av. Inca Garcilaso de la Vega, principal vía del área de estudio, es una vía clasificada como COLECTORA, que opera actualmente con cuatro (04) carriles por sentido de circulación (Norte – Sur / Sur – Norte). El tránsito es de tipo mixto, es decir, por la misma vía circulan el transporte privado, como el transporte público.

La Av. Bolivia, es una vía COLECTORA, de tres carriles (03) en un solo sentido de circulación (oeste – este). El tránsito es fundamentalmente de tipo privado (automóviles).

La intersección de la Av. Inca Garcilaso de la Vega y Av. Bolivia está rodeada de edificios donde se desarrollan actividades comerciales (Centro comercial Real Plaza Centro Cívico, Oeschle, Plaza Vea, Wilson Plaza, Cyber Plaza, Compu Plaza), públicas (Clínica Internacional), políticas (Palacio de Justicia), educativos (Centro Pre Universitario de la Universidad Nacional de Ingeniería).

4.2 Ubicación de la intersección vial.

La intersección objeto de estudio Av. Inca Garcilaso de la Vega y Av. Bolivia se encuentra ubicada en el Cercado de Lima con coordenadas $12^{\circ} 03' 22,45''$ Sur y $77^{\circ} 02' 15,46''$ Oeste respectivamente, como se puede apreciar en la figura 1 y 2.

Figura N° 13: Imágenes de la zona de estudio.

Fuente: Google Earth.

Figura N° 14: Ubicación de la zona de estudio

Fuente: Google Earth.

4.3 Aspectos Socioeconómicos.

El cruce de las Av. Inca Garcilaso de la Vega y Av. Bolivia principal nudo comercial. A su alrededor se encuentran el centro comercial Real Plaza Centro Cívico, el cual acoge como tiendas por departamentos, bancos y patios de comida rápida.

a) Zonificación y uso del suelo.

La zonificación comprende, el conjunto de normas urbanísticas que regulan el uso de suelo en función de las demandas físicas, económicas y sociales de la población. Esto permite la localización compatible, equilibrada y armónica de sus actividades con fines de vivienda, producción, comercio, industria, equipamiento, servicios, recreación, turismo, cultura, protección ambiental y de defensa civil. Además, posibilita la rehabilitación, reurbanización y remodelación en edificaciones nuevas, restauraciones o de saneamiento en áreas no desarrolladas, incipientes, informales o degradadas, garantizando el uso más apropiado conveniente y oportuno del suelo urbano. (Ver Figura 3 y 4)

A través de la zonificación, se regula el ejercicio del derecho de uso de suelo de la propiedad inmueble.

b) Zonas residenciales.

Zonas destinadas a residencia o uso de vivienda y ubicaciones de actividades urbanas, la norma establece Zonas de baja densidad (RDB), Zonas de media densidad (RDM) y Zonas de alta densidad (RDA), Zonas Residenciales de Densidad muy Baja (RDMB) y Zonas Residenciales de Densidad muy Alta (RDMA).

- Zonas residenciales de Densidad baja – RDB

Tipo de uso unifamiliar o multifamiliar de baja densidad, de mayor extensión y ubicado en las vías locales.

- Zona Residencial de Densidad Media – RDM

Uso residencial unifamiliar o multifamiliar o de conjunto residencial de densidad media.

- Zona residencial de Densidad Alta – RDA

Se caracteriza por el uso de residencias multifamiliares de densidad alta.

c) Zonas comerciales

Son zonas destinadas a la ubicación y funcionamiento de establecimientos comerciales y de servicio, se clasifican Zonas de comercio local (CL), Zonas de comercio Vecinal (CV), y Zonas de comercio Zonal (CZ).

- Zona de Comercio Local (CM)

Establecimiento ubicado en zonas residenciales como zonas RDB, donde se expidan bienes de consumo diario como alimentos y artículos de primera necesidad.

- Zona de comercio Vecinal (CV)

Comercio de primera necesidad, presta servicios de mediana magnitud, se caracteriza por presencia de varios establecimientos. Este tipo de establecimientos se puede observar alrededor la intersección en estudio.

- Zona de comercio Zonal (CD)

Zonas en la que se puede ver establecimientos que sobrepasan el ámbito vecinal.

d) Zonas industriales

Áreas urbanas que han sido destinadas a la ubicación y funcionamiento de establecimientos de producción, y se clasifican en:

- Zona de Industria Pesada Básica (I-4).
- Zonas de Gran Industria (I-3).
- Zonas de Industria Liviana (I-2).

e) Zonas de equipamiento urbano

Edificaciones destinadas al uso público, las que proporcionan servicios de bienestar social y de apoyo a las actividades económicas, se zonifican en Zonas de recreación pública (ZRP), Otros Usos (OU), Educación (E) y Salud (H).

- Zonas de recreación pública (ZRP)

Espacios de uso público como parques, plazas, campos, centros deportivos y plazuelas, usadas únicamente para fines de recreación y servicios básicos complementarios.

- Otros usos (OU)

Para usos especiales como establecimientos administrativos del estado, culturales, ferroviarios, marítimos, aéreos institucionales representativos por el sector público o privados, nacional o extranjero.

- Educación (E)

Destinados a establecimientos de educación pública o privada como universidades, institutos, colegios y nidos.

Primario y Secundario (E1)

Equipamiento Educativo - Institutos (E2)

Equipamiento Educativo - Universidades (E3)

Equipamiento Educativo - Escuelas de Postgrado (E4)

- Salud (H)

Conforman centros asistenciales de Salud Pública o Privada.

Figura N° 15: Distribución de la zonificación en la intersección.

Fuente: Municipalidad de Lima Metropolitana.

Figura N° 16: Zonificación de la intersección.

Fuente: Municipalidad de Lima Metropolitana.

4.4 Levantamiento topográfico de la zona.

Este levantamiento topográfico se realizó con el fin de determinar la configuración de la Intersección en estudio formado por: Av. Inca Garcilaso de la Vega y Av. Bolivia. La intersección donde se realizó el levantamiento topográfico se puede apreciar en la Figura 17.

Figura N° 17: Plano de ubicación de la zona en estudio.

Fuente: Plano del centro histórico de Lima

Siendo la intersección objeto de estudio un sitio estratégico para la estructura vial de la ciudad, en especial por ser una zona netamente comercial; se consideró a la Av. Inca Garcilaso de la Vega en sentido Sur- Norte Y Norte- Sur, la Av. Bolivia en sentido Este – Oeste y Oeste – Este.

En la Figura 18 se puede apreciar las dimensiones de la intersección en estudio.

Figura N° 18: Dimensiones de la intersección en estudio.

Fuente: PROPIA

4.5 Elementos constitutivos de la zona.

Los elementos que definen las características geométricas de una vía, están íntimamente ligados a la forma en que los vehículos pueden utilizarla pudiendo influir de forma directa o indirecta en la capacidad de la vía y en nivel de servicio, estos elementos son: ancho de carril, veredas laterales, parte central, condiciones de la superficie de rodadura y las características de los alineamientos horizontales y verticales.

4.5.1 Secciones transversales típicas.

Se han realizado mediciones de secciones viales transversales en las vías que comprenden la intersección en estudio.

A continuación, las secciones representativas sobre cada una de estas vías.

Av. Inca Garcilaso de la Vega.

Clasificación	: Vía Colectora.
Sección tipo	: C – 135
Sección vial normativa	: 34
Nº de vías principales	: 2
Nº de carriles vías principales	: 4
Ancho promedio	: 3.91 metros

Figura N° 19: Sección de la Av. Bolivia.

Fuente: Propia.

Av. Bolivia.

Clasificación	: Vía Colectora.
Sección tipo	: C – 64
Sección vial normativa	: 25
Nº de vías principales	: 1
Nº de carriles vías principales	: 4
Ancho promedio	: 3.91 metros

Figura N° 20: Sección de la Av. Inca Garcilaso de la Vega.

Fuente: PROPIA

4.5.2 Líneas de flujo de tráfico.

El flujo de tráfico (Figura 21) consiste en el desarrollo de relaciones matemáticas entre los elementos primarios del flujo vehicular tales como flujo, densidad y velocidad. Estas relaciones ayudan al ingeniero de tránsito para la planificación, diseño y evaluación de la efectividad de la implementación de las medidas de ingeniería de tránsito en un sistema de carreteras. La teoría del flujo del tránsito, se usa en el diseño, para determinar las longitudes adecuadas de carril, para “almacenar” a los vehículos que dan vuelta a la izquierda en carriles separados para realizar esta maniobra, la demora promedio en las intersecciones o cruceros y las áreas de incorporación al tránsito mediante rampas en los viaductos, así como cambios en el nivel de comportamiento del viaducto, debido a la instalación de dispositivos de control vehicular mejorados en las rampas.

Figura N° 21: Líneas de flujo.

Fuente: PROPIA

5 ESTUDIO DE TRÁFICO.

5.1 Medidas de tráfico e importancia.

Los estudios en Transporte por general consisten en la realización de una serie de mediciones, con el objeto de caracterizar la operación actual de la red de transporte a estudiar. Tanto en carreteras urbanas como interurbanas, las mediciones de tráfico pueden generar grandes beneficios a la operación de la vía. Asimismo, intervenir en el tráfico a niveles puntuales, relacionados con el trayecto de toda la red, de forma colectiva o individual, teniendo como objetivo evitar o reducir la congestión. (Manual de carreteras 1999).

En ese sentido, es habitual desarrollar una serie de mediciones tales como encuestas, conteos de flujo vehicular y peatonal, así como encuestas de preferencia; con el fin de caracterizar la estructura de la demanda de viajes y las variables de decisión de los usuarios. Por otro lado, a fin de caracterizar la intersección vial, se han efectuado levantamientos topográficos y medición de los tiempos de los semáforos existentes.

Por lo tanto, el estudio de la medición de tráfico tanto peatonal y vehicular es de suma importancia, ya que permiten conocer diversos factores tales el nivel de servicio actual de la intersección en estudio, el cual involucra velocidades de peatones como de vehículos, dimensiones de los elementos de señalización, semáforos existentes, medidas de los carriles, bermas y cebras peatonales.

5.2 Ubicación de las estaciones de conteo.

Se procedió a definir los puntos de control para el levantamiento de datos, controlando ambos sentidos de circulación. Para lo cual se ha tenido en cuenta los accesos principales a la intersección, para el conteo vehicular se ha identificado 3 puntos de control, el punto (1) (Ver Figura 22) que representa el acceso de Sur a Norte en la Av. Inca Garcilaso de la Vega, este punto de control servirá para identificar los diferentes tipos de vehículos que transitan por la vía en dirección Sur a Norte como también el giro que realiza de Sur a Este el cual ingresa a la Av. Bolivia. El punto de control (2) (Ver Figura 2) representa el acceso de Norte a Sur en la Av. Inca Garcilaso de la Vega, este punto de control servirá para realizar el aforo de la vía que va en sentido recto sin tener giros ya que la vía tiene restricciones de giro en los sentidos derecha e izquierda, por último el punto (3) (Ver Figura 22) es el que se encuentra ubicado en el acceso Oeste a Este en la Av. Bolivia, este punto de control servirá para realizar el conteo vehicular que contempla los giros permitidos en ambos sentidos tanto derecha como izquierda y en la misma dirección del trayecto de los vehículos, así mismo estos puntos de control serán los encargados de clasificar en su conteo los tipos de vehículos que transitan por la vía.

Figura N° 22: Líneas de flujo vehicular.

Fuente: Propia

Por otro lado, del mismo modo que se ubicó los puntos para realizar el conteo vehicular se identificó los puntos para realizar el conteo peatonal, estos puntos de conteo han sido ubicados en 4 puntos específicos de tal forma que se realice el conteo adecuado y eficiente, para este proceso se clasificó a los peatones por edades. Los puntos de control (1) y (2) (Ver Figura 23) se encuentran ubicados en la parte central de la vía en la Av. Inca Garcilaso de la Vega, estos puntos se ubican en las bermas centrales para poder identificar a los peatones que se dirigen en ambos sentidos de forma transversal a la vía, los puntos (3) y (4) (Ver Figura 23) están ubicados en las esquinas de la Av. Bolivia con la Av. Inca Garcilaso de la Vega respectivamente, estos puntos servirán para realizar el conteo peatonal que transitan en ambos sentidos transversalmente a la Av. Bolivia.

Figura N° 23: Líneas de flujo peatonal.

Fuente: Propia.

5.3 Conteo de tráfico.

Para el conteo de tráfico, en el presente trabajo de investigación, se ha realizado un estudio de los flujos peatonales y vehiculares en la intersección de estudio, para corroborar dicho estudio se procede a realizar conteos a manuales y automáticos, con propósitos de conocer el volumen peatonal y vehicular que circula por la intersección en estudio.

Los tiempos establecidos para la toma de datos son generalmente cada 15 minutos que van hasta un año, el cual dependerá del uso que se le puede dar a dicha información registrada. Estos conteos se realizarán por lo menos 3 días en la semana, evitando días festivos debido a que los tráficos generados en estos días son considerados como irregulares a los días normales.

5.4 Conteo Manual.

Este tipo de conteo será el que se aplicara al procedimiento de la recolección de datos, lo que hace que se requiera de personal capacitado, para ello los personales contarán con

herramientas que les ayuden a facilitar el trabajo tales como cronometro que les servirá para medir los tiempos, contadores de mano para registrar números de manera eficiente.

5.5 Registro de conteos.

5.5.1 Registro del conteo manual.

- Fecha de ejecución: El conteo manual se realizó durante los días jueves 05, viernes 06 y miércoles 11 de setiembre del año 2019, desde las 7 h 00 hasta las 21 h 00 continuamente.
- Materiales: Al personal se le suministro de formularios, tableros, contadores manuales, además cada uno disponía de un cronometro.
- Personal: Se dispuso de 7 personas debidamente capacitadas, las cuales fueron ubicadas en cada estación ya sea de cruce o de giro, de los cuales 3 realizaron conteos vehiculares (ver ubicación figura 22) y otros 4 registraron los conteos peatonales (ver ubicación figura 23).

Metodología: Se utilizó el formulario que se indica en la figura 24, se registró el número de peatones y vehículos que pasan cada 15 minutos, clasificándolos en Autos particulares, Taxis, Microbús, Bus, Camión y Motocicletas. Para peatones niños de 0 a 12 años, jóvenes de 13 a 18 años, adultos 19 a 60 años y Tercera edad de 60 a más, los cuales fueron subclasificados de acuerdo a su sexo Varón y Mujer respectivamente (Ver figura 25).

Figura N° 24: Formato de foro vehicular.

ESTUDIO DE CLASIFICACIÓN VEHICULAR																								
DISTRITO: BOLIVIA/ GARCILASO		HORA FINAL: 07:00 a.m.				HORA FINAL: 09:00 p.m.																		
INTERSECCION: CERCADO DE LIMA		ENCUESTADOR:																						
HORA	AUTOS			TAXI			MICROBUS			BUS			CAMION			CAMIONETA			MINIVANS			MOTOCICLETA		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3			
07:00																								
07:15																								
07:30																								
07:45																								
08:00																								

Fuente: Propia.

Figura N° 25: Formato de aforo peatonal.

INTERSECCION: BOLIVIA/ GARCILASO																			
DISTRITO: CERCADO DE LIMA																			
FECHA: 2 DIA: JUEVES																			
HORA INICIAL: 07:00 HORA FINAL: 11:00																			
ENCUESTADOR:																			

HORA	NIÑOS				JOVENES				ADULTOS				TERCERA EDAD				TOTAL 1/4 HORA	SUMA HORARIA	
	0 - 12 años				13 - 18 años				19 - 60 años				60 a más						
	HOMBRE		MUJER		HOMBRE		MUJER		HOMBRE		MUJER		HOMBRE		MUJER				
	C	D	C	D	C	D	C	D	C	D	C	D	C	D	C	D			
07:00																			
07:15																			
07:15																			
07:30																			
07:30																			
07:45																			
07:45																			
08:00																			
08:00																			
08:15																			
08:15																			

Fuente: Propia.

5.6 Variación del tráfico y comentarios.

En este gráfico se puede apreciar que los días jueves y viernes tienen un comportamiento peatonal semejante desde las 11.00 de la mañana, teniendo como hora pico desde las 14.00 a 15.00 durante la tarde y 19.00 a 20.00 durante la noche (Ver figura 22).

Figura N° 26: Comparación del conteo manual de peatones.

Fuente: Propia.

5.7 Tráfico de la vía e intersección.

La intersección en estudio es una de las más transitadas de la ciudad de Lima ya que está constituida por dos avenidas principales como son: la Av. Inca Garcilaso de la Vega y la Av. Bolivia por la que circulan 60254 peat/día (Figura 23).

Figura N° 27: Tráfico peatonal de la intersección por sentido (peat/día).

Fuente: Propia.

6 ANÁLISIS Y PROCESAMIENTO DE DATOS.

6.1 Flujo Vehicular actual

El constante crecimiento del parque automotor en la ciudad de Lima se evidencia con los tráficos que se generan en las horas pico (horas punta) en las principales vías de la ciudad. En base al análisis de flujo vehicular se entenderá el comportamiento de tránsito, que comprende los requisitos más básicos para su análisis, a partir del análisis del flujo vehicular se identificarán las diferentes variables como el volumen, la densidad y el espaciamiento. Por tanto, se pasó a desarrollar el nivel de servicio de la intersección.

La intersección en análisis es un punto en el cual se observa el tránsito de vehículos de categoría liviano y pesado, así como también el transporte público, además de que esta intersección contempla en su estudio una alta densidad de peatones. En un artículo publicado en el diario Gestión (Consultado viernes 26 de agosto de 2016), el aumento del parque automotor creció en un 9.2% respecto al mes de abril del año 2015. En ese sentido, se puede ver que este aumento afecta directamente y en mayor escala al tráfico que se produce en las horas punta en todas las intersecciones de la ciudad, así como el punto en estudio.

De acuerdo al estudio de conteo vehicular, se deduce cualitativamente que esta intersección es un punto con alta incidencia de vehículos que transitan por los distintos accesos de la intersección, lo cual se ha verificado que en las horas punta se puede observar el caos vehicular que se genera.

6.1.1 Clasificación de las horas pico en la intersección

Para realizar la clasificación de las horas pico, nos hemos basado en los aforos de vehículos y peatones que transitan por la interacción. Para el presente análisis se ha identificado la hora pico establecida en un rango de 15 minutos, en base a ello se pudo identificar la hora con mayor cantidad de flujo vehicular en la intersección (Tabla 3). Hora pico (mañana) 7:45 - 8:45 a.m., así mismo se tiene el flujograma por cada hora pico identificado Figura 24 Flujograma (A.D.E) Hora pico mañana 7:45 a 8:45 A.M.

Tabla 5: Hora pico (mañana) 7:45-8:45 am

HORA	AUTOS			TAXI			MICROBUS			BUS			CAMION			MOTOCICLETA			TOT VEH MIXTO X 1/4 HORA	SUMA HORARIA
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3		
07:45	184	196	183	197	66	94	16	0	17	15	0	8	5	0	3	29	0	15	3018	3762
08:00	183	172	192	185	71	104	18	0	13	14	0	16	5	0	3	37	0	9	3022	3983
08:15	184	176	208	184	82	112	15	0	7	13	0	12	3	0	2	49	0	11	3058	4105
08:30	187	182	224	184	73	110	16	0	9	19	0	12	2	0	1	46	0	8	3073	4171
08:45																				

Fuente: Elaboración Propia

En la hora pico mañana se puede observar que la hora más cargada se encuentra en el rango de 7:45 a 8:45 A.M. medida en un intervalo de cada 15 minutos donde llega al pico máximo con un total de 4171 vehículos que circulan por la intersección.

Figura N° 28: Flujograma (A.D.E) Hora pico mañana 7:45 a 8:45 a.m.

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 6: Hora pico (tarde) 14:15 - 15:15

HORA	AUTOS			TAXI			MICROBUS			BUS			CAMION			MOTOCICLETA			TOT VEH MIXTO X 1/4 HORA	SUMA HORARIA
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3		
14:15	138	178	199	250	118	388	5	0	3	3	0	10	6	0	6	20	0	96	1048	3935
14:30	151	176	228	380	110	209	1	0	2	15	0	10	3	0	3	96	0	17	1129	4145
14:45	162	182	233	381	124	248	2	0	2	6	0	9	4	0	8	13	0	25	1189	4368
15:00	154	152	218	360	100	219	2	0	1	9	0	5	7	0	4	17	0	96	1063	4430
15:15																				

Fuente: Elaboración Propia

En la hora pico tarde se puede observar que la hora más cargada se encuentra en el rango de 14:15 a 15:15 observada en un intervalo de cada 15 minutos donde llega al pico máximo con un total de 4430 vehículos que circulan por la intersección.

Figura N° 29: Flujograma (A.D.E) Hora pico tarde 14:15 a 15:15

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 7: Hora pico (noche) 18:30-19:30

HORA	AUTOS			TAXI			MICROBUS			BUS			CAMION			MOTOCICLETA			TOT VEH MIXTO X 1/4 HORA	SUMA HORARIA
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3		
18:30	192	106	175	175	82	192	3	0	4	2	0	7	1	0	4	8	0	19	969	3649
18:45																				
18:45	196	110	193	159	77	203	5	0	3	7	0	5	3	0	6	12	0	17	996	3786
19:00																				
19:00	223	119	200	160	80	194	5	0	2	4	0	4	4	0	2	4	0	15	1015	3917
19:15																				
19:15	230	120	189	170	82	197	6	0	1	13	0	6	3	0	2	13	0	17	1048	4029
19:30																				

Fuente: Elaboración Propia

En la hora pico noche se puede observar que la hora más cargada se encuentra en el rango de 18:30 a 19:30 medida en un intervalo de cada 15 minutos donde llega al pico máximo con un total de 4029 vehículos que circulan por la intersección.

Figura N° 30: Flujograma (A.D.E) Hora pico noche 18:30 a 19:30

Fuente: Elaboración Propia

6.1.2 Volumen horario de máxima demanda (VHMD) y Factor horario de máxima demanda (FHMD) o Factor de hora pico (PHF)

Medidas que consideran la demanda en función de la cantidad de tráfico que transcurre por un punto, carril o calzada en un lapso determinado. Del mismo modo, el volumen es el

número de vehículos que transitan por un punto en estudio, el cual es expresado en términos anuales, mensuales, semanales, diarios, horarios o menores a una hora. El flujo se mide en un punto dado lo cual representa una tasa equivalente de vehículos por hora, que generalmente se mide cada 15 minutos.

La congestión vehicular influye en gran medida en la demanda, se puede ver a menudo en el área de estudio como también en las diversas intersecciones aledañas. Por otro lado, la velocidad de flujo representa el número de vehículos que pasan por un punto durante un intervalo de tiempo inferior a una hora, pero expresado en una hora equivalente.

Para realizar el análisis del VHMD en base al aforo realizado se toman como datos representativos 4 intervalos de 15 minutos, por lo cual será la representación del Volumen Horario de Máxima Demanda (VHMD).

6.1.3 Factor horario de máxima demanda (FHMD) o Facto de hora pico (PHF)

Por otro lado, el factor horario de máxima demanda es la relación del VHMD. La cantidad de intervalos N será igual a 4.

$$FHMD = \frac{VHMD}{Q_{max} * 4} \quad \dots \text{Ecuación N}^\circ 40$$

- HORA PICO MAÑANA 7:45 – 8:45 A.M.

Tabla 8: Tabla con identificación de VHMD Y FHMD 7:45-8:45 AM

PARAMETROS	TOTAL	
VHMD	4171	veh mixtos/ hora
N	4	periodos
Q max	1073	veh mixtos/15min
FHMD	0,972	

Fuente: Elaboración Propia

- HORA PICO TARDE 14:15 – 15:15

Tabla 9: Tabla con identificación de VHMD Y FHMD 14:15 – 15:15

PARAMETROS	TOTAL	
VHMD	4430	veh mixtos/ hora
N	4	periodos
Q max	1189	veh mixtos/15min
FHMD	0,931	

Fuente: Elaboración Propia

- HORA PICO NOCHE 18:30 – 19:30

Tabla 10: Tabla con identificación de VHMD Y FHMD 18:30 – 19:30

PARAMETROS	TOTAL	
VHMD	4029	veh mixtos/ hora
N	4	periodos
Q max	1048	veh mixtos/15min
FHMD	0,961	

Fuente: Elaboración Propia

En caso no se tenga mediciones de campo para calcular el VHMD y de esa forma calcular el factor de hora pico (PHF), el Highway Capacity Manual otorga unas aproximaciones que pueden ser utilizadas aplicando el siguiente criterio. Para las condiciones de congestión, 0,92 es una aproximación razonable para PHF. Para las condiciones en las cuales hay flujo bastante uniforme a lo largo de la hora pico, 0,88 es una estimación razonable para PHF.

6.1.4 Cálculo de la Demanda

La demanda de tránsito sobre la red vial analizada en esta etapa del estudio está determinada por los aforos y levantamiento topográfico realizado en los trabajos de campo. El objetivo de estos análisis es obtener una visión de las implicaciones en el sistema de transporte peatonal y vehicular del desarrollo en cuestión y la determinación de las mejoras viales necesarias para asegurar condiciones de operación del tránsito los cuales sean aceptables.

De las evaluaciones realizadas en el área de estudio se ingresaron los flujos vehiculares registrados en la hora punta mañana, tarde y noche durante del día (07:45 y 08:45, 14:15 y 15:15 y 18:30 – 19:30 Horas respectivamente), para tales efectos los flujos vehiculares han sido convertidos a vehículos equivalentes (UCP) utilizando los factores de equivalencia recomendados por Internet y utilizados en todos los estudios de tráfico de Lima Metropolitana.

Tabla 11: Tabla de cálculo de demanda de la Intersección.

DEMANDA									
ACCESO	MOV		VHMD	FHMD	Fhv	q _M	N	q _{GP}	q _{ACC}
NORTE	F	1.4	376	0.928	1.00	405	2	1029	1730
	F	1.3	579	0.928	1.00	624			
	F	1.2	485	0.928	0.94	557	2	701	
	F	1.1	125	0.928	0.94	144			
SUR	F	2.1	863	0.884	1.00	977	2	1694	2264
	F	2.2	634	0.884	1.00	717			
	F	2.3	159	0.884	0.95	189	2	570	
	D	2.4	145	0.884	0.95	173			
	F	2.5	106	0.884	0.95	126			
	D	2.6	68	0.884	0.95	81			
OESTE	I	3.8	112	0.945	0.97	123	4	675	1426
	F	3.7	60	0.945	0.97	66			
	I	3.6	81	0.945	0.97	89			
	F	3.5	363	0.945	0.97	398			
	F	3.4	493	0.945	0.97	540		751	
	D	3.3	39	0.945	0.97	43			
	F	3.2	91	0.945	0.97	100			
	D	3.1	63	0.945	0.97	69			

Fuente: Elaboración Propia.

6.1.5 Cálculo de la oferta

La oferta representa la cantidad máxima de vehículos que pueden transitar en un espacio físico, se caracteriza por la cantidad de carriles de la vía, las velocidades con las que transitan los vehículos. La relación entre la demanda y la oferta es que, si la demanda vehicular es menor que la oferta no habrá problema en el tránsito vehicular, si sucede lo contrario se reflejaran problemas, en el presente estudio se refleja lo segundo donde la oferta es menor que la demanda tal como su puede ver en la tabla 15, lo cual indica que existe un nivel de servicio pésimo por ende requiere intervención inmediata para optimizar el tránsito vehicular.

El cálculo de la oferta vehicular incluye los factores por ajuste, y es representada por el flujo de saturación en función de la capacidad del carril o grupo de carriles. Los factores de equivalencia están basados directamente en las características de la infraestructura lo cual hace que los datos obtenidos tengan valor, por ende, mayor confiabilidad, además de ello para el análisis se ha tomado en cuenta el tiempo de los semáforos que regulan el tránsito vehicular en la zona de estudio.

Tabla 12: Tabla de datos usados para el cálculo de la oferta.

ACCESO NORTE				ACCESO SUR				ACCESO OESTE			
W (m)	3.15			W (m)	3.05			W (m)	3.2		
	Nº	%	equivalente		Nº	%	equivalente		Nº	%	equivalente
AUTOS	562	42%	-	AUTOS	920	49%	-	AUTOS	688	55%	-
TAXI	643	48%	1	TAXI	835	44%	1	TAXI	528	42%	1
MICROBUS	10	1%	2	MICROBUS	7	0%	2	MICROBUS	2	0%	2
BUS	33	2%	3.00	BUS	33	2%	3.00	BUS	8	1%	3.00
CAMIONES	15	1%	2.50	CAMIONES	22	1%	2.50	CAMIONES	19	2%	2.50
MOTOCICLETA	66	5%	0.75	MOTOCICLETA	66	4%	0.75	MOTOCICLETA	14	1%	0.75
%G (%)	1			%G (%)	-1.6			%G (%)	0.7		
Nb	23	Nm	0	Nb	21	Nm	0	Nb	15		
Fa	0.9	Centro de la ciudad		Fa	0.9	Centro de la ciudad		Fa	0.9	Centro de la ciudad	
Vg (veh)	1565			Vg (veh)	1975			Vg (veh)	1302		
Vg1 (veh)	579			Vg1 (veh)	863			Vg1 (veh)	686		
Plt	1.000			Plt	1.000			Plt	0.148		
Prt	1.000			Prt	0.108			Prt	0.078		

Fuente: Elaboración Propia.

Figura N° 31: Tiempo de semáforos rojo, verde y ámbar de la intersección.

				TR
W	FASE A	V	A	R
		69	3	56
N - S	FASE B	R	V	A
	tiempo (s)	72	51	3
				2

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 13: Tabla de Cálculo de la Oferta.

OFERTA														
ACCESO	N	Sb	fw	fhw	fg	fp	fbw	fa	f _w	f _{lv}	f _{lt}	f _{lv}	f _{lv}	Sr
NORTE	2	1900	1.000	1.000	0.995	1.000	1.000	0.900	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	3403
	2	1900	1.000	0.938	0.995	1.000	0.954	0.900	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	3044
SUR	2	1900	1.000	1.000	1.008	1.000	1.000	0.900	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	3447
	2	1900	1.000	0.950	1.008	1.000	0.958	0.900	1.000	1.000	0.752	1.000	0.563	1327
OESTE	4	1900	1.000	0.974	0.997	0.956	1.000	0.900	1.000	0.917	0.752	0.631	0.655	1810

FASES	yi (fase)	AMBAR	ROJO	VERDE	Ciclo	vi=v/c	oferta (Q)	Xi	X _{INT}
A	0.394	3	74	51	128	0.492	1675	0.614	0.583
							1498	0.468	
							1697	0.998	
							653	0.872	
B	0.171	3	56	69		0.508	919	1.552	

Fuente: Elaboración Propia.

6.1.6 Módulo de tasa del flujo de Saturación

El flujo de saturación es un regulador para dicho cálculo, ya que indica que es la máxima cantidad de vehículos que pueden pasar por una sección de la vía en hora de verde continuo, este flujo de saturación que se considera es de 1900 veh/h/carril, este valor está dispuesto en el HCM 2010.

Los factores involucrados en el flujo de saturación son el número de carriles de la vía, el ancho de la vía, así como de cada carril, el tránsito de vehículos que pasan por la zona de estudio, la pendiente de las vías donde disminuye la aceleración del vehículo cuando hay una pendiente en subido, y pasa lo contrario en bajada, aumentando el flujo de saturación, por otro lado está el factor por estacionamiento que depende mucho de las maniobras que realizan los conductores, los paraderos de buses, el tipo de área y los giros son otros factores que influyen bastante en la medición del flujo de saturación real. Se puede observar el flujo de saturación para cada acceso en la tabla 16, por el acceso Norte es de 3403 y 3044 veh/h/carril, por el acceso Sur 3447 y 1327 veh/h/carril y por otro lado el acceso Oeste con 1810 veh/h/carril, siendo el acceso Sur y Oeste con flujo de saturación más bajos.

Tabla 14: Flujo de saturación por acceso.

ACCESO	Sr
NORTE	6447
SUR	4774
OESTE	1810

Fuente: Elaboración Propia.

6.1.7 Modulo del Nivel de Servicio

El nivel de servicio es la interacción de los módulos de volumen ajustado, flujo de saturación y análisis de capacidad para encontrar el control promedio de demora de vehículos en cada acceso. El nivel de servicio se relaciona con las demoras de cada acceso, donde están involucradas el grado de saturación el ciclo óptimo de los semáforos en función de los tiempos semaforicos de cada fase.

Se verifica en base a la tabla 17 (Tabla de valores de Nivel de servicio) el nivel de servicio A es el más óptimo, y el nivel de servicio más deficiente F, la tabla que se muestra basado

en el HCM 2010 se identifica el nivel de servicio en la intersección en función de las demoras.

Tabla 15: Valores de nivel de servicio.

Demora de control (Seg/veh)	Nivel de servicio para $X_i \leq 1,0$	Nivel de servicio para $X_i > 1,0$
[0;10]	A	F
<10;20]	B	F
<20;35]	C	F
<35;55]	D	F
<55;80]	E	F
<80;+∞>	F	F

Fuente: HCM 2010.

Tabla V-20. Tabla de determinación de nivel de servicio de la intersección.

Tabla 16: Determinación de nivel de servicio de la intersección.

Acceso	C	v/C	xi	x _A	d1	d2	d3	d _T	NS _G	d _{INT}	NS _{ACC}	d _{INT}	NS _{INT}
Norte	128	0.49	0.614	0.541	24	1	0	25	C	24	C	43	D
	128	0.49	0.468	0.541	21	1	0	23	C				
Sur	128	0.49	0.998	0.935	32	11	0	44	D	46	D		
	128	0.49	0.872	0.935	29	23	0	51	D				
Oeste	128	0.51	1.552	1.000	32	30	0	61	F	61	F		

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 16 mostrada se puede verificar que los niveles de servicio para el acceso Norte, Sur y Oeste en base a las demoras d1 y d2 se encuentran en un nivel de servicio C, D y F respectivamente, la demora total es de 43 segundos, implica un nivel de servicio D para toda la intersección. Si bien la intersección no se encuentra en condiciones deficientes para tránsito vehicular existen problemas en el acceso Oeste donde los factores de ajuste vinculados a peatones son bajos.

6.2 Flujo peatonal.

6.2.1 Volumen peatonal actual.

Se realizó el aforo para cuantificar la cantidad de peatones que cruzan la intersección. Este aforo se realizó los mismos días que el de vehículos. A continuación, se presenta el cuadro

de las horas de mayor afluencia de peatones en la intersección con sus respectivos desplazamientos. Por la mañana la hora pico se da entre las 7:45 – 8:45 a.m. donde se desplazan 2864 peatones por hora, por la tarde entre las 14:30 – 15:30 se desplazan 5488 peatones por hora y en la noche desde las 18:15 – 19:15 transitan en dicha intersección 5679 peatones. Además, se puede apreciar que el número de peatones se duplica al medio día. (Figura 36).

Figura N° 32: Volumen peatonal en horas pico.

HORA	VOLUMEN PEATONAL ACTUAL EN HORAS PICO									
	TOTAL								TOTAL	SUMA
	A	B	C	D	E	F	G	H	1/4 HORA	HORARIA
07:45	79	68	104	64	160	54	93	92	714	2657
08:00										
08:00	85	80	123	76	140	35	102	118	759	2808
08:15										
08:15	64	71	132	76	105	54	95	98	695	2846
08:30										
08:30	61	47	108	90	135	50	104	101	696	2864
08:45										
14:30	149	157	69	129	192	163	188	239	1286	3436
14:45										
14:45	149	168	86	113	188	146	195	300	1345	4022
15:00										
15:00	142	153	68	130	180	160	178	260	1271	4598
15:15										
15:15	129	121	69	162	207	263	135	100	1186	5088
15:30										
18:15	140	145	98	186	296	216	147	210	1438	5240
18:30										
18:30	149	164	119	154	245	160	148	213	1352	5247
18:45										
18:45	145	188	125	194	274	136	148	233	1443	5419
19:00										
19:00	160	196	93	153	313	182	133	216	1446	5679
19:15										

Fuente: Elaboración Propia.

Figura N° 33: Aforo peatonal (hora pico).

Fuente: Elaboración Propia.

6.2.2 Volumen peatonal dentro de 5 años.

En los últimos años el crecimiento demográfico en el Perú se ha desarrollado de forma exponencial. En ese sentido para analizar las condiciones futuras del volumen peatonal que existe en la intersección en estudio, se usaran los datos estadísticos de crecimiento poblacional basado en los censos de población obtenidos del INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática).

Además, según la Ley N° 13248 “Ley orgánica de los censos en el Perú” los censos nacionales de población y vivienda deberán levantarse cada 10 años. En tal sentido la proyección a realizar será hasta el año 2027 fecha del próximo censo.

Las tasas de crecimiento poblacional han ido cambiando por cada censo realizado. En 1940 la tasa de crecimiento fue de 1.9%, en el censo registrado en 1972 tuvo una tasa de crecimiento anual de 2,8%, en el año 1981 la tasa de crecimiento anual que se registro fue de 2,6%, en 1993 y 2007 se registró tasas de crecimiento anual que decrecían respecto a los años anteriores de 2.0% y 1,6% respectivamente. Es necesario indicar que las tasas de crecimiento estimadas del año 2010 y 2015 también se tomaron en cuenta para tener valores más exactos y adecuados a la situación actual, estas tasas de crecimiento anual son 1.50% y 1.30% respectivamente. Para el último censo realizado en el año 2017 la tasa de crecimiento fue de 1,2%. Para el cálculo de proyección futura se usó el valor promedio de todas las tasas

de crecimiento anual registrado en los últimos censos realizados por el INEI, este valor promedio de la tasa de crecimiento anual es de 1.86% el cual será usado para una proyección a 5 años.

La proyección a futuro dentro de 5 años se puede calcular con la ecuación 41 y los datos obtenidos se presentan en la tabla 21.

$$P_{i+n} = P_i * (1 + Tc)^n \quad \dots \text{Ecuación N}^\circ 41$$

Figura N° 34: Volumen peatonal registrado al año 2024

HORA	VOLUMEN PEATONAL FUTURA (5 años) EN HORAS PICO									
	TOTAL								TOTAL	SUMA
	A	B	C	D	E	F	G	H	1/4 HORA	HORARIA
07:45	87	75	115	71	176	59	102	101	787	2657
08:00										
08:00	94	88	136	84	154	39	112	130	836	2808
08:15										
08:15	71	78	145	84	116	59	105	108	766	2846
08:30										
08:30	67	52	119	99	149	55	115	111	767	2864
08:45										
14:30	164	173	76	142	212	180	207	263	1417	3786
14:45										
14:45	164	185	95	124	207	161	215	331	1482	4431
15:00										
15:00	156	169	75	143	198	176	196	286	1400	5066
15:15										
15:15	142	133	76	178	228	180	149	110	1197	5496
15:30										
18:15	154	160	108	205	326	238	162	231	1584	5663
18:30										
18:30	164	181	131	170	270	176	163	235	1490	5671
18:45										
18:45	160	207	138	214	302	150	163	257	1590	5860
19:00										
19:00	176	216	102	169	345	201	147	238	1593	6257
19:15										

Fuente: Elaboración Propia.

6.2.3 Clasificación de peatones que cruzan la intersección.

Con los conceptos desarrollados en el capítulo 2 sobre las diferentes características de los diferentes tipos de peatones y luego de realizar el aforó peatonal se logró clasificar el porcentaje de peatones que cruzan en dicha intersección como se puede observar en la tabla 19 y la figura 36.

Tabla 17: Porcentaje de peatones según categoría.

Categoría	Porcentaje
Niño	4.1%
Niña	3.1%
Joven hombre	15.8%
Joven mujer	14.6%
Adulto hombre	31.4%
Adulto mujer	26.5%
Anciano hombre	2.5%
Anciana mujer	2.45%

Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 35: Porcentaje de peatones, según categoría.

Fuente: Elaboración propia.

a) Encuestas origen destino.

Para resolver el problema identificado en el capítulo I, es necesario obtener información que permita conocer las características de movilidad, motivo de

viaje, duración, medios de transporte y sentido de caminata de los peatones en la zona de estudio. Dicha información se pudo obtener al realizar encuestas de origen - destino. La cantidad de peatones a tomar en cuenta se calculó usando la siguiente fórmula.

$$n = \frac{N \cdot Z^2 \cdot p \cdot (1-p)}{(N-1) \cdot e^2 + Z^2 \cdot p \cdot (1-p)} \dots \text{Ecuación N° 42}$$

Donde:

n = El tamaño de la muestra que queremos calcular.

N = Tamaño del universo.

Z = Es la desviación del valor medio que aceptamos para lograr el nivel de confianza deseado. En función del nivel de confianza que buscamos, se usará un valor determinado que viene dado por la forma que tiene la distribución de Gauss. Por tanto, los valores más frecuentes son:

Nivel de confianza 90% -> $Z=1,645$

Nivel de confianza 95% -> $Z=1,96$

Nivel de confianza 99% -> $Z=2,575$

e = Es el margen de error máximo que se admite.

p = Es la proporción que esperamos encontrar. Este parámetro suele confundir bastante a primera vista. Como regla general, usaremos $p=50\%$ si no se tiene ninguna información sobre el valor que se espera encontrar.

El máximo volumen de peatones registrado durante un día es de 60254, se pretende obtener un nivel de confianza de 99% y un margen de error de 5%.

Se procede a calcular la cantidad de personas que serán encuestadas.

Tabla 18: Cantidad de peatones a ser encuestadas.

$$n = \frac{N \cdot Z^2 \cdot p \cdot (1-p)}{(N-1) \cdot e^2 + Z^2 \cdot p \cdot (1-p)}$$

n= 656 peatones encuestados

Fuente: Elaboración Propia.

Entonces con un nivel de confianza de 99% se tiene que la cantidad de encuestados serán 656 peatones que circulan por la intersección en estudio. Para realizar la encuesta y distribuir a los encuestadores se ha sectorizado la zona en cuatro zonas identificando los principales lugares de destino, origen y tránsito (Figura 36).

Figura N° 36: Sectorización de la zona según puntos de influencia.

Fuente: Elaboración Propia.

Figura N° 37: Principales lugares de influencia.

Sector 1 <ul style="list-style-type: none"> * Universidad Villareal * Academia precadete * Restaurant * Galerías de Computo * Paradero * Instituto Cimas * Zonas o viviendas aledañas * Trabajo 	Sector2 <ul style="list-style-type: none"> * Banco * Galeria Wilson Plaza * Universidad * Cochera * Librería * Iglesia la Recoleta * Trabajo * Plaza San Martin
Sector 3 <ul style="list-style-type: none"> * Oeshle * Cine * Reniec * Parque de la Exposicion * Etacion Central Metropolitano * Poder Judicial * Centro comercial Polvos Azules * Clinica Maison de Sante 	Sector 4 <ul style="list-style-type: none"> * Oficina del Gobierno Regional de Lima * Academia Pitagoras * Sunat * Clinica Internacional * Sunarp * Cyber plaza

Fuente: Elaboración Propia.

6.2.4 Estudio de la densidad peatonal.

En este caso las medidas consideradas para cada esquina de la intersección fueron un área de 18.00 m² para la esquina donde inicia los desplazamientos A y D, 12.8 m² en la esquina de los desplazamientos C y F, 19.94 m² en la esquina del desplazamiento B y G, 13.71 m² en la esquina donde se inicia los desplazamientos E y H.

Tabla 19: Densidad peatonal (peat/m²) en las horas de mayor afluencia peatonal.

HORA	DENSIDAD PEATONAL (peat/m ²)							
	A	B	C	D	E	F	G	H
7:45-8:45	0.29	0.23	0.54	0.24	0.78	0.28	0.31	0.45
	0.31	0.27	0.64	0.28	0.68	0.18	0.34	0.57
	0.24	0.24	0.69	0.28	0.51	0.28	0.32	0.48
	0.23	0.16	0.56	0.33	0.66	0.26	0.35	0.49
14:30-15:30	0.55	0.52	0.36	0.48	0.93	0.85	0.63	1.16
	0.55	0.56	0.45	0.42	0.91	0.76	0.65	1.46
	0.53	0.51	0.35	0.48	0.88	0.83	0.60	1.26
	0.48	0.40	0.36	0.60	1.01	3.45	0.45	0.49
18:15-19:15	0.52	0.48	0.51	0.69	1.44	1.13	0.49	1.02
	0.55	0.55	0.62	0.57	1.19	0.83	0.49	1.04
	0.54	0.63	0.65	0.72	1.33	0.71	0.49	1.13
	0.59	0.66	0.48	0.57	1.52	0.95	0.44	1.05

Fuente: Elaboración Propia.

6.2.5 Estudio de la velocidad actual de marcha.

En las horas pico de la mañana, las personas suelen caminar más rápido, esto debido a la hora de entrada a sus lugares de trabajo y/o estudio. Los principales generadores de tránsito peatonal en la zona son los centros comerciales como el Real Plaza Centro Cívico, Compu Plaza y Wilson Plaza. Además, en los alrededores de la intersección existen centros de estudios como el centro preuniversitario de la Universidad Villareal y el instituto Cesca, así como también el edificio empresarial Centro Cívico.

Justo quince minutos antes de las ocho de la mañana y quince minutos antes de las nueve de la mañana las personas registran velocidades de caminata superiores al promedio. Por el contrario, en la noche al salir de trabajar, los peatones registran velocidades de caminata menores al promedio ya que no tienen ningún apuro por llegar a un determinado lugar. Por este motivo, se justifica la necesidad de conocer la velocidad promedio de caminata de los peatones en las horas de mayor afluencia. En tal sentido, Jerez y Torres (2011) definen la velocidad peatonal como el promedio de velocidad de caminata, el cual generalmente se expresa en metros por minuto (m/s).

Se presentan los datos que se tomaron el mismo día que se realizó el aforo peatonal y vehicular. La observación se realizó en una longitud fija predeterminada y se anota el tiempo que demora el pelotón en desplazarse. En las horas pico, el pelotón está conformado por 16 a 25 personas aproximadamente.

Al realizar el análisis se determinó que la velocidad de caminata de los peatones que cruzan la avenida Bolivia, que tiene 12.8 metros de longitud, de sur a norte y viceversa es de 0.807 m/s como se puede apreciar en la tabla 23.

Tabla 20: Análisis de la velocidad peatonal Av. Bolivia (m/s).

Análisis de velocidad peatonal (m/s)	
mediana	0.794
moda	0.738
desv. Est.	0.226
varianza	0.006
minimo	0.678
maximo	1.036
velocidad	0.807

Fuente: Elaboración Propia.

La velocidad de caminata de los peatones que cruzan la avenida Inca Garcilaso de la Vega de 27 metros de longitud de sentido oeste a este y viceversa es de 1.056 m/s como se puede apreciar en la tabla 24.

Tabla 21: Análisis de la velocidad peatonal Av. Inca Garcilaso de la Vega (m/s).

Análisis de velocidad peatonal (m/s)	
mediana	1.058
moda	1.026
desv. Est.	0.510
varianza	0.013
minimo	0.730
maximo	1.272
velocidad	1.056

Fuente: Elaboración Propia.

Según Luis Bañón (1999), debido a la regulación semaforizada existente en los cruces se favorece la circulación en pelotón de los peatones, alterando la velocidad normal de marcha, que desciende hasta los 1.35 m/s. Se puede apreciar que, en comparación con nuestro análisis realizado en la intersección, la velocidad de desplazamiento es mucho más lenta de lo que especifica Luis Bañón al momento de determinar el nivel de servicio de pasos peatonales.

6.2.6 Cálculo de la curva velocidad – densidad.

A medida que aumenta la densidad peatonal, la velocidad va disminuyendo debido a la limitación de espacio y capacidad de movimiento, de esta forma, cuando se tienen velocidades bajas, se realizan caminatas a flujo libre, y cuando la densidad alcanza valores muy altos, puede llegarse a un estado de velocidad cero.

Estos datos se tomaron en dos horarios diferentes, por la mañana de 7:45 a 8:45 y por la tarde desde las 14:30 – 15:30. Consideramos esta diferencia de horarios, para la toma de datos, debido al aumento del flujo vehicular al doble. (Ver Figura 42).

Figura N° 38: Curva velocidad - densidad.

Fuente: Elaboración Propia.

6.2.7 Nivel de servicio en los pasos peatonales según HCM.

Para realizar el cálculo del nivel de servicio en los pasos peatonales se siguió los procedimientos detallados en el capítulo 2, sección 2.7.2.1. Además, se utilizó la plantilla formulada en el anexo 7.

A continuación, se muestra el cálculo del nivel de servicio en las 3 horas pico de acuerdo a los desplazamientos descritos en la figura 43. Se puede observar que los desplazamientos A, B, E y F tienen un nivel de servicio B solo en el horario de la mañana. Por lo contrario, los demás desplazamientos tienen nivel de servicio C, D y E en toda hora.

Figura N° 39: Nivel de servicio de pasos peatonales según movimiento.

Fuente: Elaboración Propia.

6.2.8 Análisis de esquinas según HCM.

La concentración de movimientos de peatones en esquinas y pasos para peatones convierte en sectores de tráfico críticos a las esquinas.

El análisis de esquinas es más complejo que el análisis de aceras, esto se debe a que en las esquinas influye el flujo de cada acera confluyente y las diferentes combinaciones de movimientos posibles. Cada uno de los movimientos que llegan a la esquina pueden bien seguir recto, bien girar a la izquierda, o bien girar a la derecha.

Las esquinas funcionan como una zona “tiempo espacio” con unos peatones esperando que precisen de poco espacio, pero ocupan la esquina durante periodos cortos de tiempo más largos, y otros que por estar circulando necesitan más espacio pero que sólo ocupan la esquina unos segundos.

Para el análisis de esquinas se utilizó los procedimientos detallados en el capítulo 2 sección 2.6.7. además de la plantilla formulada en el anexo 8 y la tabla propuesta por el HCM 2010 que se encuentra en el anexo 9.

A continuación, se muestra los diferentes niveles de servicio obtenidos en la intersección estudiada.

Figura N° 40: Nivel de servicio de pasos peatonales según movimiento.

Fuente: Elaboración Propia.

Este nivel de servicio demuestra que en las esquinas estudiadas son posibles la parada y la libre circulación a través de la zona de espera sin causar molestias a los integrantes de la cola.

Usando la misma metodología, se procedió a calcular el nivel de servicio para un crecimiento poblacional de 5 años obteniéndose valores similares a los hallados anteriormente.

6.2.9 Evaluación de cruces peatonales según NCHRP 562.

El análisis planteado por el reporte 562 del NCHRP tiene como finalidad recomendar que se adapten a las necesidades peatonales en intersecciones. Para esto hace un análisis de las condiciones del cruce siguiendo los lineamientos del HCM. La diferencia radica en los criterios que usa para identificar una situación problemática.

Los factores que analiza con la finalidad de estimar la demora total del cruce son:

- El flujo peatonal: el procedimiento se ve afectado significativamente por la demanda de uso, por otro lado, establece un número mínimo de peatones para recomendar alguna acción.
- El flujo vehicular: la ocurrencia de brechas que permiten a los peatones cruzar es una función del flujo vehicular.
- El número de carriles y el ancho de la vía: son medidas que permitirán establecer el ancho de la vía que los peatones habrán de cruzar.
- La velocidad de cruce: se utiliza el percentil 15 a fin de garantizar el cruce de las personas con movilidad reducida, usualmente 1.2m/s.

Con los parámetros ya definidos se pasó a calcular la demora peatonal en la intersección en estudio, como se puede apreciar en las siguientes figuras.

Figura N° 41: Nivel de servicio de pasos peatonales según movimiento hora pico noche 7:45-8:45

UNIVERSIDAD PERUANA DE CIENCIAS APLICADAS Laureate International Universities®	EVALUACION DE CRUCES PEATONALES NCHRP 562 HOJADE TRABAJO 1: PICO-HORA, 35 MPH (55 KM/H) O MENOS				
	Analista e información del sitio				
Analista:	Calle Principal: Av. Wilson				
Fecha de análisis:	Calle Secundario: Av.Bolívia				
Fecha de recopilación de datos:	Hora pico, la hora principal: 07:45 - 08:45 A.M.				
Código	A - B	E - F	C - D	G - H	
Paso 1: Seleccione la hoja de cálculo (la velocidad refleja el límite de velocidad publicado o la velocidad del percentil 85 en la calle principal): a) Hoja de trabajo 1 - 35 mph (55 km / h) o menos b) Hoja de trabajo 2: supera las 35 mph (55 km / h), comunidades con menos de 10.000 hab o donde existe una importante parada de tránsito Paso 2: ¿El cruce cumple con los volúmenes mínimos de peatones para ser considerado para un tipo de tratamiento TCD?					
Volumen de peatones en horas pico (ped / h), Vp	2a	555.00	733.00	773.00	803.00
Si $2a \geq 20$ pea / h, vaya al paso 3.					
Si $2a < 20$ pea / h, considere las islas de refugio, las extensiones de las aceras.					
Paso 3: ¿El cruce cumple con la garantía de volumen peatonal para una señal de tráfico?					
Volumen vehicular, total de ambas direcciones durante la hora pico (veh / h), Vmaj-s	3a	1353.00	1533.00	1488.00	1488.00
Volumen mínimo de flujo peatonal que requiere un semáforo para la hora punta (uso 3a para Vmaj-s), SC $SC = (0.00021 (Vmaj-s)^2 - 0.74072 (Vmaj-s) + 734.125) / 0.75$ OR $[(0.00021 (3a)^2 - 0.74072 (3a) + 734.125) / 0.75]$	3b	155.14	122.83	129.21	129.21
Si $3b < 133$, colocar 133. Si $3b > 133$, entonces colocar 3b	3c	155.14	133.00	133.00	133.00
Si $2a \geq 3b$, se ha cumplido la orden y se debe considerar una señal de tráfico si no está dentro de los 300 pies (91 m) de distancia, otra señal de tráfico. De lo contrario, la orden no se ha cumplido. Ir al paso 4.					
Paso 4: Estime la demora peatonal.					
Distancia de cruce de peatones, de acera a acera (m), L	4a	12.20	12.50	11.10	12.80
Velocidad de marcha peatonal (m / s), Sp	4b	1.20	1.20	1.20	1.20
Tiempo de reacción y toma de decisión (s), ts	4c	3.00	3.00	3.00	3.00
Brecha crítica para el cruce de un peatón, tc (s), $tc = [(4a / 4b) + 4c]$	4d	13.17	13.42	12.25	13.67
Flujo vehicular de la calle principal (considerar ambas direcciones durante una hora), si hay un refugio o isla peatonal solo considerar el flujo en la dirección con más vehículos (Veh/h), Vmaj	4e	1533.00	1533.00	1488.00	1488.00
Tasa de flujo vehicular (veh/s), v = $[4e / 3600]$	4f	0.43	0.43	0.41	0.41
Demora peatonal promedio, dp (s), $dp = [(e^{4d \times 4e} - 4f \times 4d - 1) / 4f]$	4g	623.87	695.45	367.87	670.95
Demora peatonal total (h), Dp = $[(4g \times 2a) / 3600]$	4h	96.18	141.60	78.99	149.66
Paso 5: Selección del tratamiento					
Categoría del tratamiento ROJO si $4h > 5.3$ h AMARILLO si $4h > 1.3$ h VERDE si $4h < 1.3$ h		ROJO	ROJO	ROJO	ROJO

Fuente: Elaboración Propia.

Interpretación de resultados:

De acuerdo al análisis realizado con la metodología del NCHRP 562, el cual evalúa las características y recomienda tratamientos de mejora.

Para la intersección analizada en la hora pico mañana 07:45 – 08:45 A.M., se tiene semáforos, sin embargo, no son suficientes para mejorar el nivel de servicio peatonal actual de la intersección, por lo cual es necesario implementar señales y marcas de tránsito horizontal y vertical que alerten a los conductores de una intersección con alta densidad peatonal.

Figura N° 42: Nivel de servicio de pasos peatonales según movimiento hora pico tarde 14:30-15:30

UNIVERSIDAD PERUANA DE CIENCIAS APLICADAS Laureate International Universities®		EVALUACION DE CRUCES PEATONALES NCHRP 562 HOJA DE TRABAJO 1: PICO-HORA, 35 MPH (55 KM / H) O MENOS			
		Analista e información del sitio			
Analista:		Calle Principal: Av. Wilson			
Fecha de análisis:		Calle Secundario: Av Bolivia			
Fecha de recopilación de datos:		Hora pico, la hora principal: 14:30 - 15:30 P.M.			
Código		A - B	E - F	C - D	G - H
Paso 1: Seleccione la hoja de cálculo (la velocidad refleja el límite de velocidad publicado o la velocidad del percentil 85 en la calle principal):					
a) Hoja de trabajo 1 - 35 mph (55 km / h) o menos					
b) Hoja de trabajo 2: supera las 35 mph (55 km / h), comunidades con menos de 10.000 hab o donde existe una importante parada de tránsito					
Paso 2: ¿El cruce cumple con los volúmenes mínimos de peatones para ser considerado para un tipo de tratamiento TCD?					
Volumen de peatones en horas pico (ped / h), Vp	2a	1168.00	1399.00	826.00	1595.00
Si 2a ≥ 20 pea / h, vaya al paso 3.					
Si 2a < 20 pea / h, considere las islas de refugio, las extensiones de las aceras.		Paso 3	Paso 3	Paso 3	Paso 3
Paso 3: ¿El cruce cumple con la garantía de volumen peatonal para una señal de tráfico?					
Volumen vehicular, total de ambas direcciones durante la hora pico (veh / h), Vmaj-s	3a	1946.00	1342.00	1183.00	1183.00
Volumen mínimo de flujo peatonal que requiere un semáforo para la hora punta (uso 3a para Vmaj-s), SC	3b	117.25	157.71	202.33	202.33
SC = $(0.00021 (Vmaj-s)^2 - 0.74072 (Vmaj-s) + 734.125) / 0.75$ OR $[(0.00021 (3a)^2 - 0.74072 (3a) + 734.125) / 0.75]$					
Si 3b < 133, colocar 133. Si 3b > 133, entonces colocar 3b	3c	133.00	157.71	202.33	202.33
Si 2a ≥ 3b, se ha cumplido la orden y se debe considerar una señal de tráfico si no está dentro de los 300 pies (91 m) de distancia. otra señal de tráfico. De lo contrario, la orden no se ha cumplido. Ir al paso 4.		Paso 4	Paso 4	Paso 4	Paso 4
Paso 4: Estime la demora peatonal.					
Distancia de cruce de peatones, de acera a acera (m), L	4a	12.20	12.50	11.10	12.80
Velocidad de marcha peatonal (m / s), Sp	4b	1.20	1.20	1.20	1.20
Tiempo de reacción y toma de decisión (s), ts	4c	3.00	3.00	3.00	3.00
Brecha crítica para el cruce de un peatón, tc (s), tc = $[(4a / 4b) + 4c]$	4d	13.17	13.42	12.25	13.67
Flujo vehicular de la calle principal (considerar ambas direcciones durante una hora), si hay un refugio o isla peatonal solo considerar el flujo en la dirección con más vehículos (Vehh), Vmaj	4e	1342.00	1342.00	1183.00	1183.00
Tasa de flujo vehicular (veh/s), v = $[4e / 3600]$	4f	0.37	0.37	0.33	0.33
Demora peatonal promedio, dp (s), dp = $[(e^{4d \times 4d} - 4f \times 4d - 1) / 4f]$	4g	347.37	382.60	155.14	254.77
Demora peatonal total (h), Dp = $[(4g \times 2a) / 3600]$	4h	112.70	148.68	35.60	112.88
Paso 5: Selección del tratamiento					
Categoría del tratamiento ROJO si 4h > 5.3 h AMARILLO si 4h > 1.3 h VERDE si 4h < 1.3 h		ROJO	ROJO	ROJO	ROJO

Fuente: Elaboración Propia.

Interpretación de resultados:

De acuerdo al análisis realizado para la intersección en la hora pico medio tarde 14:30 – 15:30, se observa que el análisis se encuentra en un nivel de servicio rojo lo cual nos recomienda implementar señales que alerten activamente a los conductores que hay presencia de peatones en la intersección o señales de pare obligatorio.

Figura N° 43: Nivel de servicio de pasos peatonales según movimiento hora pico noche 18:15 - 19:15

UNIVERSIDAD PERUANA DE CIENCIAS APLICADAS Laureate International Universities®	EVALUACION DE CRUCES PEATONALES NCHRP 562 HOJA DE TRABAJO 1: PICO-HORA, 35 MPH (55 KM / H) O MENOS				
	Analista e información del sitio				
Analista:		Calle Principal: Av. Wilson			
Fecha de análisis:		Calle Secundario: Av Bolivia			
Fecha de recopilación de datos:		Hora pico, la hora principal: 18:15 - 19:15 P.M.			
Código		A - B	E - F	C - D	G - H
Paso 1: Seleccione la hoja de cálculo (la velocidad refleja el límite de velocidad publicado o la velocidad del percentil 85 en la calle principal):					
a) Hoja de trabajo 1 - 35 mph (55 km / h) o menos					
b) Hoja de trabajo 2: supera las 35 mph (55 km / h), comunidades con menos de 10.000 hab o donde existe una importante parada de tránsito					
Paso 2: ¿El cruce cumple con los volúmenes mínimos de peatones para ser considerado para un tipo de tratamiento TCD?					
Volumen de peatones en horas pico (ped / h), Vp	2a	1287.00	1822.00	1122.00	1448.00
Si 2a ≥ 20 pea / h, vaya al paso 3.					
Si 2a < 20 pea / h, considere las islas de refugio, las extensiones de las aceras.					
Paso 3: ¿El cruce cumple con la garantía de volumen peatonal para una señal de tráfico?		Paso 3	Paso 3	Paso 3	Paso 3
Paso 3: ¿El cruce cumple con la garantía de volumen peatonal para una señal de tráfico?					
Volumen vehicular, total de ambas direcciones durante la hora pico (veh / h), Vmaj-s	3a	1706.00	1314.00	1051.00	1051.00
Volumen mínimo de flujo peatonal que requiere un semáforo para la hora punta (uso 3a para Vmaj-s), SC	3b	108.86	164.54	250.13	250.13
SC = (0.00021 (Vmaj-s) ² - 0.74072 (Vmaj-s) + 734.125) / 0.75 OR [(0.00021 (3a) ² - 0.74072 (3a) + 734.125) / 0.75]					
Si 3b < 133, colocar 133. Si 3b > 133, entonces colocar 3b	3c	133.00	164.54	250.13	250.13
Si 2a ≥ 3b, se ha cumplido la orden y se debe considerar una señal de tráfico si no está dentro de los 300 pies (91 m) de distancia, otra señal de tráfico. De lo contrario, la orden no se ha cumplido. Ir al paso 4.					
Paso 4: Estime la demora peatonal.		Paso 4	Paso 4	Paso 4	Paso 4
Paso 4: Estime la demora peatonal.					
Distancia de cruce de peatones, de acera a acera (m), L	4a	12.20	12.50	11.10	12.80
Velocidad de marcha peatonal (m / s), Sp	4b	1.20	1.20	1.20	1.20
Tiempo de reacción y toma de decisión (s), ts	4c	3.00	3.00	3.00	3.00
Brecha crítica para el cruce de un peatón, tc (s), tc = [(4a / 4b) + 4c]	4d	13.17	13.42	12.25	13.67
Flujo vehicular de la calle principal (considerar ambas direcciones durante una hora), si hay un refugio o isla peatonal solo considerar el flujo en la dirección con más vehículos (Veh/h), Vmaj	4e	1314.00	1314.00	1051.00	1051.00
Tasa de flujo vehicular (veh/s), v = [4e/3600]	4f	0.37	0.37	0.29	0.29
Demora peatonal promedio, dp (s), dp = [(e ^{-4f x 4d} - 4f x 4d - 1) / 4f]	4g	318.95	350.69	106.75	168.05
Demora peatonal total (h), Dp = [(4g x 2a) / 3600]	4h	114.02	177.49	33.27	67.59
Paso 5: Selección del tratamiento					
Categoría del tratamiento		ROJO	ROJO	ROJO	ROJO
ROJO si 4h > 5.3 h					
AMARILLO si 4h > 1.3 h					
VERDE si 4h < 1.3 h					

Fuente: Elaboración Propia.

Interpretación de resultados:

Para el análisis realizado en la intersección en la hora pico noche 18:15 – 19:15, se observa que se tiene un nivel de servicio en rojo, por lo cual es recomendable colocar señales de tránsito tal como indica el NCHRP 562, estas señales advertirán a los conductores que hay gran presencia de peatones, además de iluminación en la intersección, para de esta manera brindar mayor visibilidad a los conductores en dicha hora pico.

A diferencia del análisis del HCM 2010, El NCHRP 562 evalúa las características del cruce y genera una recomendación para mejorarlo si es que cumple con las condiciones.

En este caso el reporte 562 nos recomienda utilizar una fase especial para el cruce de los peatones que se desplazan por dicha intersección.

6.2.10 Nivel y Calidad de servicio basado en el confort

El análisis que se realiza es de forma cualitativa, se mide el nivel de servicio evaluando las características de la intersección que rodea al peatón, para lo cual se realiza una inspección teniendo en cuenta los siguientes parámetros (Ver Tabla 24).

Tabla 22: Nivel de servicio Confort peatonal Av. Inca Garcilaso de la Vega / Av. Bolivia.

TABLA 1-Nivel de Servicio A-F para el Confort Peatonal: Componentes Físicos y Psicológicos			
Nivel de Servicio	Minimizar el esfuerzo físico	Minimizar el esfuerzo físico para peatones con movilidad reducida	Actividades peatonales acomodadas
A	¿El diseño de la vía permite que los peatones elijan y mantengan la velocidad con facilidad? ¿Se han agregado atajos o se ha minimizado los conflictos con otros modos y elementos del viario?	¿PMR poseen espacios para poder moverse que son más que adecuados?	¿Actividades peatonales diversas se acomodan?
B	¿Hay capacidad de elegir y mantener la velocidad deseada? (menor calidad que en el N1)	¿PMR poseen espacios para poder moverse que son más que adecuados?	¿Actividades peatonales diversas se acomodan?
C	¿Los peatones deben adaptarse o maniobrar para usar la vía debido a elementos del viario mal ubicados? ¿El ancho y la configuración de la vía son adecuados para un alto volumen peatonal?	¿PMR encuentran dificultades para moverse?	¿La interacción de diferentes flujos peatonales requiere de maniobras y cooperación?
D	¿Los peatones encuentran obstáculos que incrementan su esfuerzo físico? ¿Hay vehículos estacionados ilegalmente, señales u otros objetos que sean incompatibles con los peatones? ¿Los salidas de vehículos interrumpen las veredas?	¿PMR no pueden utilizar las veredas por falta de espacio o de rampas?	¿Las veredas son incapaces de manejar el volumen normal de peatones? Los peatones caminan en fila o por la pista
F	¿Los caminos peatonales inutilizados debido a una superficie pobre? ¿No hay veredas, los peatones usan la pista?	¿PMR utilizan la pista y están expuestos al tránsito vehicular?	¿Las veredas no existentes son no utilizables?

Fuente: Elaboración Propia.

De acuerdo al análisis realizado se determina que el nivel de servicio de la intersección se encuentra en “C”, ya que los peatones para llegar a su destino tienen que adaptarse y

maniobrar al cruzar la vía, además de elementos mal ubicados que impiden el libre tránsito del peatón, por el lado de los peatones con movilidad reducida tienen que realizar grandes esfuerzos o necesitar de la ayuda de otras personas para poder cruzar la vía, ya que la intersección no cuenta con espacios adecuados y por último se determina hasta un nivel de servicio “D” en cuanto a las veredas ya que no están dimensionadas con capacidad para recibir peatones con alta densidad.

Lugares de reposo:

El análisis realizado se de forma cualitativa, a partir del cual se determinará el nivel de servicio de la intersección.

Tabla 23: Nivel de calidad lugares de reposo Av. Inca Garcilaso de la Vega / Av. Bolivia.

TABLA 2 - Nivel de Calidad: A - F para Lugares de Reposo								
	LUGARES PARA DETENERSE						PARA SENTARSE	ELEMENTOS SECUNDARIOS PARA SENTARSE	
	Dimensiones	Uso confortable	Separación del ruido y de los vehículos	Protección climática	Separación de la vía peatonal	Número de lugares para detenerse	Bancas	Elementos del viario	Otros
A	Espacioso	Muy confortable	Completa	Buena protección	Más que adecuado	Al menos uno	Si	Especialmente diseñados	Muros bajos, áreas verdes
B	Espacioso	Confortable	Adecuada	Adecuada	Si	Si	Muy buenas	Muros bajos, grandes	-
C	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Buenas	Algunos elementos se usan para sentarse	Muros bajos, gradadas (opcional)
D	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Promedio	Ninguno puede usarse para sentarse	Muros bajos, gradadas
F	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Ninguno	No existen	Ninguno	Ninguno

Fuente: Elaboración Propia.

En la intersección se observan 2 paraderos principales que llegan del Norte y sur por la Av. Wilson, por lo cual al ser paraderos concurridos deberían de contar con lugares de reposo para peatones ya que se tiene concurrencia de peatones de diferentes edades quienes requieren de confort, protección del sol, bancas para sentarse, etc. Por ende, en base al análisis realizado según la tabla se determina un nivel de servicio “F”.

Ruidos en vías peatonales

Tabla 24: Nivel de calidad ruido en vías peatonales Av. Inca Garcilaso de la Vega / Av. Bolivia.

TABLA 3 - Nivel de Calidad: A - F Ruido en vías Peatonales				
Nivel de Calidad	Nivel de ruido	Reducción del ruido / Razón de la inadecuada reducción del ruido	Conversación social a distancia (1 - 1.5 m)	Actividades peatonales
A	Muy bajo de día y noche	Vías totalmente peatonales	Posible	Muy alta: peatones sentados mirando
B	Bajo de día y noche	Regulación del tráfico vehicular. Diseño de veredas con bermas y jardines. Diseño de áreas semi aisladas	Posible	Alta
C	Ruido Moderado en el día y Bajo durante la noche	Los niveles de ruido se han reducido parcialmente con los siguientes métodos: (a) Se ha controlado el tráfico convirtiendo las vías en (i) calles de una vía con un carril y tráfico calmado (ii) vías de dos sentidos con un carril cada una y parqueos (b) Se ha restringido la velocidad de circulación a menos de 50km/h	Fácil elevando la voz	Moderada
D	Moderado a ruidoso día Moderado en la noche	Los niveles de ruido no se han reducido debido a las siguientes razones (todas) (a) Vías con múltiples carriles para uno o dos sentidos. (b) No hay separación entre la pista y la vereda (c) Se observan velocidades mayores a 50km/h	Difícil	Baja: muy pocos usuarios
F	Moderado a ruidoso día y noche	Los niveles de ruido no se han reducido debido a las siguientes razones (alguna) (a) Vías con múltiples carriles para uno o dos sentidos. (b) No hay separación entre la pista y la vereda (c) Se observan velocidades mayores a 50km/h (d) Elevada cantidad de vehículos pesados (e) Los vehículos hacen uso de las bocinas	Imposible	Ninguno

Fuente: Elaboración Propia.

De acuerdo al análisis se concluye que la intersección se encuentra en un nivel “D” se considera que es una intersección con alta contaminación de ruido debido a que no hay dispositivos de disipación o absorción de ruidos, vehículos que transitan por la zona hacen uso excesivo de claxon y la existencia de locales comerciales, no hay disminución de ruido ya que hay conductores que transitan a velocidades que no están permitidas en las vías, así como la gran cantidad de peatones que concurren quienes tienen la necesidad de comunicarse generan ruido e incomodidad para los demás.

6.3 Factores que afectan el nivel de servicio peatonal.

Después de haber analizado los niveles de servicio actuales de la intersección en estudio se procedió a identificar los principales factores que afectan el nivel de servicio peatonal el cuál se pasará a describir a continuación:

6.3.1 Comercio Ambulatorio.

Las cuatro esquinas de la intersección se encuentran invadidas de vendedores que dificultan el desplazamiento de los peatones. Restringir el comercio ambulante en la zona permitiría usar el 100% de las veredas para el uso y movilización peatonal. Esto se puede apreciar en las siguientes figuras.

Figura N° 44: Comercio ambulante en la esquina del centro comercial Oeschle

Fuente: Elaboración Propia.

Figura N° 45: Comercio ambulante en esquina centro comercial Compu Plaza

Fuente: Elaboración Propia.

Figura N° 46: Comercio ambulatorio en la esquina de la panadería

Fuente: Elaboración Propia.

Figura N° 47: Comercio ambulatorio en las esquinas de las avenidas Bolivia e Inca Garcilaso

Fuente: Elaboración Propia.

6.3.2 Ausencia de fase verde peatonal.

no existir una fase exclusiva de verde para peatones, se generan interferencias de desplazamiento entre peatones y vehículos poniendo en peligro la seguridad del peatón. Esto se produce en dos puntos en dicha intersección. La primera es un giro a la derecha en sentido a la avenida Bolivia.

Figura N° 48: Giro a la derecha en sentido a la avenida Bolivia.

Fuente: Elaboración Propia.

De la misma forma los vehículos giran a la izquierda en sentido a la avenida Inca Garcilaso de la Vega.

Figura N° 49: Giro a la derecha en sentido a la avenida Inca Garcilaso de la Vega.

Fuente: Elaboración Propia.

6.3.3 Mala señalización

Durante el registro de datos se pudo observar que en la intersección en estudio las señales existentes se encuentran sin mantenimiento.

6.3.4 Mala calibración de los ciclos semafóricos.

Se pudo observar que no existe una buena sincronización de los ciclos peatonales, ya que no se le da al peatón el tiempo necesario para poder cruzar de forma segura. Esto se debe a que la programación semafórica se realizó teniendo en cuenta tan solo el flujo vehicular.

6.4 Posibles soluciones para mejorar la circulación.

Como medidas complementarias a las planteadas en los resultados del análisis de la intersección en estudio se plantea las posibles soluciones que ayudarán a mejorar el nivel de servicio peatonal en la intersección.

6.4.1 Reducir la velocidad de los vehículos motorizados.

Para mejorar la seguridad de los peatones se buscó establecer condiciones del entorno que reduzcan la velocidad de los vehículos motorizados que transiten por la intersección en estudio.

a) Reducción del ancho de calzada.

Una de las medidas planteadas es la reducción del ancho de calzada en la avenida Inca Garcilaso de la Vega. Actualmente esta avenida cuenta con dos vías de 12.20 metros dividida en cuatro carriles. Lo que se plantea es reducir cada carril al ancho mínimo de 3.00 metros estipulado en el Reglamento de Edificaciones. Con esta medida se ganaría 20.0 centímetros por lado que serviría para la ampliación de la isla de refugio peatonal.

b) Elevación de la rasante de los vehículos.

Se plantea implementar pasos peatonales sobreelevados en la intersección de la avenida Inca Garcilaso de la Vega y Bolivia, que se construirá a la misma altura de la acera. Con esto los vehículos se ven obligados a superar una rampa de acceso para continuar su trayectoria. Esta medida facilita la circulación peatonal, disminuye la velocidad de los vehículos y mejora la visibilidad mutua entre peatones y conductores.

6.4.2 Disminución de la trayectoria peatonal.

Partiendo del concepto de desplazar los cruceros peatonales hacia la trayectoria natural de los viandantes, evitándoles rodeos se plantea implementar un crucero peatonal en forma de “X”. Esto permitirá a los peatones desplazarse en distintas direcciones de forma segura. Existirían tres fases semafóricas.

- Fase 1: Norte - Sur
- Fase 2: Oeste – Este
- Fase 3: Solo peatones para permitir desplazamiento de peatones.

Figura N° 50: Planteamiento de cruce peatonal en forma "X" en la intersección.

Fuente: Propia.

6.4.3 Giros indirectos a la izquierda.

El giro a la izquierda en la avenida Bolivia provoca conflictos como la generación de colas, la reducción de la capacidad y operatividad de la vía, conflictos vehículo – peatón y vehículo – vehículo. Esta propuesta consiste en restringir el giro a la izquierda en la avenida Bolivia, con esto se logrará redirigir a los vehículos para que sigan un recorrido eficiente en términos de tráfico.

Figura N° 51: Giro a la izquierda en sentido a la avenida Inca Garcilaso de la Vega.

Fuente: Google Maps.

Figura N° 52: Propuesta de giro indirecto a la izquierda.

Fuente: Google Maps.

6.4.4 Fase de verde exclusivo para peatones.

Se pasó a calcular el nuevo tiempo en verde para esta nueva fase en base a las velocidades de los peatones y siguiendo lo estipulado por el HCM 2010.

El verde optimó para la fase en diagonal es de 34 segundos y un todo rojo de 24 segundos en los semáforos de las avenidas Inca Garcilaso de la Vega y Bolivia.

Figura N° 53: Nueva fase peatonal en diagonal.

Fuente: Elaboración Propia.

A continuación, se procedió a calcular el ancho necesario de los pasos peatonales para llegar a un nivel de servicio B. Teniendo como datos de entrada el tiempo de duración del ciclo semafórico y el aforo peatonal practicado en los 15 minutos más críticos del día.

Entonces para obtener un nivel de servicio B en el paso peatonal es necesario tener un ancho de cebr de 6.26 metros como mínimo, pero por métodos ingenieriles y constructivos se optó por un ancho de 7 metros.

Con los nuevos tiempos de semáforo el Nivel de servicio vehicular también mejora

Tabla 25: Nivel de Servicio Vehicular escenario propuesto.

yi	FASES	yi (fase)	AMBAR	ROJO	VERDE	Ciclo	vi=v/c	oferta (Q)	Xi	X _{INT}
0.251	A	0.394	3	73	44	117	0.462	1571	0.640	0.607
0.161								1405	0.488	
0.394								1591	0.990	
0.126								1088	0.487	
0.171	B	0.171	3	85	32		0.316	1448	0.980	

Acceso	C	v/C	xi	x _A	d1	d2	d3	d _T	NS _G	d _{INT}	NS _{ACC}	d _{INT}	NS _{INT}
Norte	117	0.46	0.640	0.564	24	1	0	26	C	25	C	37	D
	117	0.46	0.488	0.564	22	2	0	24	C				
Sur	117	0.46	0.990	0.739	31	3	0	34	C	32	C		
	117	0.46	0.487	0.739	22	5	0	26	C				
Oeste	117	0.32	0.980	0.980	40	19	0	59	E	59	E		

Fuente: Elaboración Propia.

6.4.5 Legibilidad de la señalización en la intersección.

Proveer advertencias multisensoriales para usuarios con discapacidad auditiva, visual y de movilidad, esto se realizará pintando la zona con colores que permitan identificar rápidamente a los peatones que aquejan de alguna discapacidad.

Figura N° 54: Advertencias sensoriales para personas discapacitadas.

Fuente: Guía de Diseño de Calles e intersecciones para Buenos Aires.

Colocar señales de advertencia en zonas de convivencia, centros comerciales, centros de la ciudad, instituciones, los automovilistas deben ceder el paso a todos los peatones y ciclistas en cualquier momento.

Figura N° 55: Señales de advertencia para dar prioridad al peatón.

Fuente: Manual dispositivo de Seguridad Vial.

6.4.6 Sugerencias.

- En el nivel de servicio de una intersección es una técnica cuantitativa para representar la percepción del usuario en cuanto al funcionamiento de los pasos peatonales, ancho de calzada. Por lo tanto, en estudios futuros se debe tener en cuenta las medidas cualitativas en función del peatón para el cálculo.

- Análisis de las características del entorno a nivel macro, es decir considerando la influencia de las demás calles, intersecciones, puntos de influencia, por ende, este análisis deberá de ser considerado en un radio no mayor a los 200 metros, el cual influye directamente al punto de estudio.

6.4.7 Investigaciones futuras.

- Se debe realizar investigaciones sobre la posibilidad del desarrollo de estacionamientos subterráneos en la periferia de zonas de concentración y atracción de viajes con la finalidad de reducir el tránsito vehicular en estos sectores.
- Evaluar la factibilidad de construir obras de mejoramiento peatonal y la recuperación de espacios públicos para la creación de nuevas zonas y ejes peatonales alrededor del lugar de estudio de la presente tesis.
- Realizar una investigación donde se priorice una red de ciclovías y de sistema de bicicleta pública.

7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 Conclusiones.

- A partir de la información recopilada en base al levantamiento topográfico en la zona de estudio se verificó que no existe una señalización vial las cuales garanticen el desplazamiento óptimo de vehículos y peatones en la intersección, tales como ceda el paso, pare, giro restringido, señalización de velocidad máxima además de ello las bermas y rebajes no son adecuadas ya que no cuentan con pendientes adecuadas para los peatones, quienes requieren de estas medidas para desplazarse con mayor seguridad, además en la berma central se observó que la apertura es de 1.20 m. para el desplazamiento peatonal lo cual no coincide con la cebra peatonal de 5 m., en ese sentido es una interferencia para los peatones ya que estos tienen que bajar y subir por la berma haciendo que tomen más tiempo para llegar a su destino final.
- Es necesario quitar a los ambulantes de la zona lo que hacen que el desplazamiento peatonal sea complicado en las horas pico debido a la interacción de peatón ambulante, lo cual hace que los peatones tengan retrasos y como consecuencia conflictos entre vehículo peatón en los cruces peatonales.
- Se identificó peatones de distintas características, en base a los aforos considerando entre varones y mujeres, los cuales fueron distinguidos por edades, además peatones que transitan en silla de ruedas y muletas, peatones que caminan con los audífonos puestos escuchando música, personas atentas a los celulares, peatones empujando carritos con carga, peatones con hijos tomados de la mano o en coches para niños, estas características identificadas ayudaron a verificar el motivo de los conflictos entre vehículo – peatón en las cebras peatonales. En ese sentido para regular el conflicto producido entre vehículo – peatón se basará en el HCM 2010 y el NCHR 562, bibliografías que nos ayudarán a estudiar más a detalle qué medidas se tomarán para brindar mayor seguridad ante los conflictos observados en base a las características analizadas sobre peatones.
- El nivel de servicio vehicular se verificó en base a los aforos realizados con la identificación de las horas pico, donde se obtuvo que el nivel de servicio actual de la intersección se encuentra en nivel D, donde la demanda es menor a la oferta. Por otro lado, el nivel de servicio peatonal en cebras de acuerdo a los sentidos de desplazamiento en base a las horas picos se encuentran en niveles C, D y E, y en base al análisis de esquinas se verificó que el nivel de servicio para las horas pico identificadas entre 7:45

- 8:45 AM, 14:30 - 15:30 PM y 18:15 – 19:15 PM se encuentran entre B, y F respectivamente. Por tanto en base a este análisis se deduce que el punto más crítico y los que generan mayor problema en la intersección son las cebras peatonales los cuales no son los más adecuados debido a los conflictos que se dan entre vehículo - peatón.
- Se identificó que, para brindar mayor seguridad a los peatones, se deberá de implementar rebajes con pendientes adecuadas eliminando bermas con gradas, implementar postes de concreto de una altura de 0.50 m. para brindar mayor protección a los peatones, implementar señalización vertical y horizontal orientados a los vehículos y peatones, pintar las cebras y bermas con colores más resaltantes de tal forma que tanto conductores y peatones tengan mayor visibilidad y respeten las señales de tránsito.
- Implementar como medida solución principal el cruce peatonal en forma X en la intersección que contará con medidas de ancho 7.00 m. y 33.00 m. de largo, lo cual nos permitirá llegar al nivel de servicio B en pasos peatonales. Se llegó a esta conclusión después de haber calculado que el ancho necesario óptimo de la cebra debería ser de 6.26 m, para métodos ingenieriles y constructivos se determinó un ancho de 7 metros, ya que garantizará la eficiencia a mediano y largo plazo.
- Incluir una fase semafórica la cual sea específicamente para el paso peatonal en diagonal, con tiempos 31 segundos verde, 86 segundos rojo y 3 segundos ámbar, estos tiempos se han calculado teniendo en cuenta la longitud de una esquina a otra, la velocidad promedio de 1.05 m/s, además del ciclo óptimo para las fases vehiculares, esto mejorará en gran medida el problema actual del flujo peatonal en las horas críticas, si bien esto perjudicará el tráfico vehicular, esta medida se sugiere que funcione en las horas del día, por tanto, no será perjudicial en la mayor parte del día para el tráfico vehicular.

7.2 Recomendaciones.

- Toda recolección de información debe ser autorizado por la entidad pertinente, en este caso emitido por la Gerencia de Transporte Urbano de la Municipalidad Metropolitana de Lima.
- Es necesario contrastar con estudios pasados la información recopilada en campo con el fin de validar los datos obtenidos.
- Se sugiere realizar conteos en años futuros en forma periódica con el fin verificar la sostenibilidad de las soluciones planteadas, o si fuera necesario plantear medidas correctivas.

- Es recomendable realizar los aforos peatonales y vehiculares en días laborables y fines de semana con 16 horas por día, con la finalidad de tener una muestra representativa.
- Realizar campañas de información con el fin de comunicar las medidas implantadas en la zona de estudio.
- Hacer cumplir las normas de tránsito con mayor rigurosidad para que las medidas implantadas tengan un efecto positivo en la zona de estudio.
- Fomentar la educación vial por medios escritos, radio y televisión para mejorar la coexistencia de vehículos y peatones en forma ordenada y segura.

8 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALFARO BORDA Rúben (2016). Estudio empírico de comportamiento peatonal en los alrededores del Hospital del Niño, en Lima. (Tesis de Grado). Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- ARIAS, P & VALDIVIESO, V. (2014). Estudio de impacto vial para escuelas en zonas urbanas de Lima Metropolitana. Lima: UPC.

- BAÑON BLAZQUEZ Luis. (1999). Infraestructura peatonal. En Manual de carreteras Volumen I (1-20). Alicante, España: Universidad de Alicante.
- BONETT PEÑA Palmira y YATTO GRADOS Eiko (2017). Análisis de la capacidad vial y nivel de servicio de las intersecciones semaforizadas: Av28 de julio – 3er paradero Tito, Av. La cultura – Manuel Prado, Prolongación Av. La Cultura – Universidad Andina del Cusco; en comparación con una intersección a desnivel aplicando la metodología del HCM 2010 y software de simulación. (Tesis de Grado). Cusco: Universidad Andina del Cusco.
- CANTILLO Víctor, MOURA José Luis y PEÑABAENA NIEBLES Rita. (2014). Semaforización en el costo social basado en la demora, consumo de combustibles y emisiones de gases. Ponencia presentada en el Onceavo Congreso de Ingeniería del Transporte. Santander – Cantabria, España.
- CACHAY DÍAZ, Rubén y RIVERA CRUZ, Alejandra. Evaluación de los impactos generados por los proyectos de peatonalización: Estudio de un caso en la ciudad de Lima. (tesis de título de Ingeniería Civil). Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- DIARIO EL PERUANO. (2001). Ordenanza N° 341. Aprueban el Plano del Sistema Vial Metropolitano de Lima, 213502.
- DÍAZ CORONADO, Manuel (2014). Evaluación del nivel de servicio peatonal en la avenida Chachapoyas distrito de Bagua Grande, Utcubamba, Amazonas. (Tesis Grado). Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca.
- DOIG, J. (2010). Análisis del nivel de servicio peatonal en la ciudad de Lima. Lima: PUCP.
- FERNÁNDEZ PERNETT, Stephanie y FIGUEROA LOAIZA, Miguel (2014) Análisis del comportamiento de peatones al cruzar vías urbanas usando datos de preferencia reveladas y declaradas. Ponencia presentada en el Onceavo Congreso de Ingeniería del Transporte. Santander – Cantabria, España
- GESTIÓN, (2016). Flujo vehicular a nivel nacional creció 4.1% en abril. <http://gestion.pe/economia/flujo-vehicular-nivel-nacional-crecio-41-abril-2163846> (Consulta 23 de agosto 2016)
- GUILLÉN ZAMBRANO, Diego. (2014) Estudio del comportamiento peatonal en los cantones: Pasaje y Santa Rosa, provincia del Oro. (tesis de título de Ingeniería Civil). Cuenca: Universidad de Cuenca de Ecuador.

- HIGHWAY CAPACITY MANUAL (HCM 2000). Transportation research board. U.S.A: Washington DC
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA. (2015). COMPENDIO ESTADÍSTICO PERÚ 2015. LIMA: INEI.
- JEREZ CASTILLO, Sandra Milena y TORRES CELY, Ligia Pilar (2011). Manual de diseño de infraestructura peatonal urbana. Colombia.
- LESTRUHAUT MACAYA, Pierre. (2014) Modelación del comportamiento de los peatones de la carretera Florencio del Castillo y propuestas para mejorar su seguridad vial. Costa Rica.
- MARTINEZ FIHO, Aauto, PAULINO Humberto y VASCONCELLOS Eduardo (2014). Gestión de tránsito.
- MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES. (2015). Reglamento Nacional de Tránsito. Lima: MTC.
- MINISTERIO DE TRANSPORTES, COMUNICACIONES VIVIENDA Y CONSTRUCCIÓN (2000). Manual de dispositivos de control del tránsito automotor para calles y carreteras. Lima: Perú.
- MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE MIRAFLORES (2018). Plan de movilidad urbana de Miraflores. Lima: MDM.
- TRB (2000). Pedestrian and Bicycle Concepts, in Highway Capacity Transportation Research Board, Washington, DC. Chapter 11.
- TRUJILLO Roberto (2015). Comportamiento de cruce peatonal: un estudio observacional en la ciudad de Ushuaia. (Tesis de Grado). Mar de Plata: Universidad Nacional de Mar de Plata – Argentina.

9 ANEXOS

Anexo 1: Señalización de regulación PARE	109
Anexo 2: Señalización de regulación CEDA EL PASO	110
Anexo 3: Señalización de regulación RAMPA	111

Anexo 4: Volumen vehicular cada ¼ hora.	112
Anexo 5: Volumen peatonal actual y futuro cada 1/4 de hora registrada en horas con mayor afluencia de peatones.....	114
Anexo 6: Volumen peatonal actual y futuro cada 1/4 de hora registrada en horas con mayor afluencia de peatones.....	115
Anexo 7: Velocidades peatonales.	116
Anexo 8: Formulario para el análisis de pasos peatonales.	117
Anexo 9: Formulario para el análisis de esquinas.....	118
Anexo 10: Propuesta de cruce peatonal en “X”	119

Anexo 2: Señalización de regulación CEDA EL PASO

Anexo 3: Señalización de regulación RAMPA

P-33	DIMENSIONES (milímetros)								
	A	B	C	D	E	F	G	H	J
600 x 600	600,0	10,0	10,0	120,0	60,0	70,0	250,0	118,0	162,0
750 x 750	750,0	12,5	12,5	150,0	75,0	87,5	312,5	147,5	202,5
900 x 900	900,0	15,0	15,0	180,0	90,0	105,0	375,0	177,0	243,0

Anexo 4: Volumen vehicular cada ¼ hora.

HORA	AUTOS			TAXI			MICROBUS			BUS			CAMION			MOTOCICLETA			TOT VEH MIXTO X 1/4 HORA	SUMA HORARIA
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3		
07:00	200	139	108	137	76	56	26	0	13	15	0	9	4	0	2	11	0	5	801	
07:15																				
07:15	237	131	126	187	73	79	22	0	18	14	0	13	3	0	1	21	0	11	936	
07:30																				
07:30	169	214	175	180	68	86	19	0	22	11	0	14	2	0	2	30	0	15	1007	
07:45																				
07:45	184	196	183	197	66	94	16	0	17	15	0	8	5	0	3	19	0	15	1018	3762
08:00																				
08:00	183	172	192	185	71	104	18	0	13	14	0	16	5	0	3	37	0	9	1022	3983
08:15																				
08:15	184	176	208	184	82	112	15	0	7	13	0	12	3	0	2	49	0	11	1058	4105
08:30																				
08:30	187	182	224	184	73	110	16	0	9	19	0	12	2	0	1	46	0	8	1073	4171
08:45																				
08:45	160	165	189	173	57	114	26	0	9	13	0	11	2	0	4	17	0	13	953	4106
09:00																				
09:00	167	148	174	169	59	117	25	0	4	19	0	8	7	0	3	21	0	18	940	4023
09:15																				
09:15	170	146	172	169	67	121	25	0	6	20	0	11	2	0	2	25	0	16	951	3917
09:30																				
09:30	167	141	180	171	59	114	8	0	14	18	0	12	3	0	6	32	0	14	939	3783
09:45																				
09:45	170	147	186	178	59	117	12	0	10	23	0	14	7	0	3	35	0	16	976	3806
10:00																				
10:00	165	135	187	187	71	124	20	0	5	22	0	13	4	0	9	34	0	19	994	3860
10:15																				
10:15	162	139	199	177	78	118	17	0	5	25	0	10	7	0	8	18	0	21	983	3892
10:30																				
10:30	180	125	185	163	60	113	20	0	10	14	0	18	7	0	14	18	0	19	945	3898
10:45																				
10:45	160	116	180	142	61	113	20	0	10	13	0	14	4	0	13	18	0	16	880	3802
11:00																				
11:00	146	111	162	138	92	98	19	0	8	17	0	12	7	0	7	28	0	21	866	3674
11:15																				
11:15	155	122	160	133	70	99	11	0	7	25	0	12	14	0	5	42	0	31	885	3576
11:30																				
11:30	159	127	170	161	74	103	15	0	4	18	0	13	6	0	7	31	0	25	913	3544
11:45																				
11:45	135	119	137	137	74	112	17	0	5	20	0	11	6	0	6	34	0	18	831	3495
12:00																				
12:00	124	121	157	139	87	137	9	0	5	13	0	10	6	0	14	27	0	21	869	3499
12:15																				
12:15	115	110	161	140	82	148	4	0	3	10	0	13	10	0	12	12	0	30	851	3464
12:30																				
12:30	131	102	175	147	76	168	4	0	2	9	0	12	6	0	9	17	0	20	878	3430
12:45																				
12:45	125	98	180	150	96	174	2	0	4	4	0	13	5	0	8	17	0	17	893	3492
13:00																				
13:00	122	104	174	144	85	163	4	0	3	6	0	14	4	0	7	7	0	15	850	3473
13:15																				
13:15	121	102	173	150	86	177	1	0	2	4	0	11	1	0	6	26	0	18	878	3500
13:30																				
13:30	122	119	188	143	91	186	3	0	3	6	0	11	6	0	6	20	0	15	919	3541
13:45																				
13:45	127	125	189	151	101	189	2	0	3	8	0	9	5	0	9	28	0	16	963	3611
14:00																				
14:00	136	132	193	163	107	199	3	0	2	12	0	9	6	0	3	18	0	16	1000	3760
14:15																				
14:15	138	178	199	159	118	188	5	0	3	3	0	10	6	0	6	20	0	16	1048	3930
14:30																				
14:30	151	176	228	189	110	209	1	0	2	15	0	10	3	0	3	16	0	17	1129	4140
14:45																				
14:45	162	182	233	181	124	248	2	0	2	6	0	9	4	0	8	13	0	15	1189	4366
15:00																				
15:00	154	152	218	160	100	219	2	0	1	9	0	5	7	0	4	17	0	16	1063	4430
15:15																				
15:15	152	139	207	129	68	217	2	0	0	8	0	2	5	0	3	18	0	14	964	4346
15:30																				

15:30	146	116	187	128	62	218	2	0	1	7	0	3	3	0	5	20	0	17	916	4132
15:45																				
15:45	131	103	194	146	61	209	4	0	2	6	0	8	4	0	5	22	0	17	912	3855
16:00																				
16:00	129	86	182	146	69	203	3	0	2	8	0	8	3	0	5	33	0	13	891	3682
16:15																				
16:15	129	87	171	140	80	216	8	0	1	3	0	9	3	0	7	17	0	18	889	3607
16:30																				
16:30	131	84	173	141	78	217	5	0	2	11	0	16	2	0	8	22	0	21	911	3602
16:45																				
16:45	147	72	165	138	75	205	3	0	2	7	0	11	4	0	4	17	0	19	869	3559
17:00																				
17:00	142	85	179	146	59	188	8	0	2	8	0	2	3	0	3	16	0	15	855	3523
17:15																				
17:15	147	90	150	153	48	170	3	0	2	3	0	3	7	0	12	15	0	17	820	3454
17:30																				
17:30	148	98	149	154	68	171	4	0	3	11	0	4	3	0	8	8	0	31	860	3404
17:45																				
17:45	158	92	150	162	69	173	1	0	4	8	0	5	6	0	3	11	0	18	859	3394
18:00																				
18:00	166	96	160	162	69	175	3	0	3	7	0	6	3	0	5	11	0	19	884	3423
18:15																				
18:15	181	100	167	168	83	186	3	0	2	5	0	5	3	0	5	10	0	18	936	3539
18:30																				
18:30	192	106	175	175	82	192	3	0	4	2	0	7	1	0	4	8	0	19	969	3649
18:45																				
18:45	196	110	193	159	77	203	5	0	3	7	0	5	3	0	6	12	0	17	996	3786
19:00																				
19:00	223	119	200	160	80	194	5	0	2	4	0	4	4	0	2	4	0	15	1015	3917
19:15																				
19:15	230	120	189	170	82	197	6	0	1	13	0	6	3	0	2	13	0	17	1048	4029
19:30																				
19:30	211	94	187	152	80	177	1	0	1	7	0	9	3	0	3	11	0	14	950	4010
19:45																				
19:45	194	100	164	154	77	179	6	0	3	10	0	13	2	0	4	8	0	13	927	3940
20:00																				
20:00	190	74	196	144	58	167	1	0	2	6	0	7	1	0	2	3	0	6	857	3782
20:15																				
20:15	166	64	179	134	57	161	0	0	3	5	0	14	0	0	3	4	0	13	803	3536
20:30																				
20:30	136	69	182	128	52	163	1	0	4	4	0	9	1	0	1	1	0	14	765	3351
20:45																				
20:45	120	77	152	111	56	125	1	0	5	8	0	17	1	0	2	1	0	8	684	3109
21:00																				

Anexo 5: Volumen peatonal actual y futuro cada 1/4 de hora registrada en horas con mayor afluencia de peatones.

HORA	VOLUMEN PEATONAL ACTUAL EN HORAS PICO									
	TOTAL								TOTAL	SUMA
	A	B	C	D	E	F	G	H	1/4 HORA	HORARIA
07:45	79	68	104	64	160	54	93	92	714	2657
08:00	85	80	123	76	140	35	102	118	759	2808
08:15	64	71	132	76	105	54	95	98	695	2846
08:30	61	47	108	90	135	50	104	101	696	2864
08:45	149	157	69	129	192	163	188	239	1286	3436
14:30	149	168	86	113	188	146	195	300	1345	4022
14:45	142	153	68	130	180	160	178	260	1271	4598
15:00	129	121	69	162	207	163	135	100	1086	4988
15:15	140	145	98	186	296	216	147	210	1438	5140
15:30	149	164	119	154	245	160	148	213	1352	5147
18:15	145	188	125	194	274	136	148	233	1443	5319
18:30	160	196	93	153	313	182	133	216	1446	5679
18:45	160	196	93	153	313	182	133	216	1446	5679
19:00	160	196	93	153	313	182	133	216	1446	5679
19:15	160	196	93	153	313	182	133	216	1446	5679

HORA	VOLUMEN PEATONAL FUTURA (5 años) EN HORAS PICO									
	TOTAL								TOTAL	SUMA
	A	B	C	D	E	F	G	H	1/4 HORA	HORARIA
07:45	87	75	115	71	176	59	102	101	787	2657
08:00	94	88	136	84	154	39	112	130	836	2808
08:15	71	78	145	84	116	59	105	108	766	2846
08:30	67	52	119	99	149	55	115	111	767	2864
08:45	164	173	76	142	212	180	207	263	1417	3786
14:30	164	185	95	124	207	161	215	331	1482	4431
14:45	156	169	75	143	198	176	196	286	1400	5066
15:00	142	133	76	178	228	180	149	110	1197	5496
15:15	154	160	108	205	326	238	162	231	1584	5663
15:30	164	181	131	170	270	176	163	235	1490	5671
18:15	160	207	138	214	302	150	163	257	1590	5860
18:30	176	216	102	169	345	201	147	238	1593	6257
18:45	176	216	102	169	345	201	147	238	1593	6257
19:00	176	216	102	169	345	201	147	238	1593	6257
19:15	176	216	102	169	345	201	147	238	1593	6257

<u>ENCUESTA ORIGEN - DESTINO</u>							
ENCUESTA N° _____		Sector		<div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">1</div>	<div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">2</div>	<div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">3</div>	<div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">4</div>

- ORIGEN							
¿En qué lugar inició el viaje?							
Nombre del lugar _____							
¿Qué tipo de lugar es el origen de su viaje?							
HOGAR	ESCUELA	OFICINA	FÁBRICA O TALLER	COMERCIO, MERCADO	CENTRO CULTURAL, ÁREA RECREATIVA	OTRO

- DESTINO							
¿En qué lugar termino el viaje?							
Nombre del lugar _____							
Sector							
<div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">1</div>		<div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">2</div>		<div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">3</div>		<div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">4</div>	
¿Qué tipo de lugar es el origen de su viaje?							
HOGAR	ESCUELA	OFICINA	FÁBRICA O TALLER	COMERCIO, MERCADO	CENTRO CULTURAL, ÁREA RECREATIVA	OTRO

Anexo 7: Velocidades peatonales.

Toma de datos de la velocidad de caminata en la avenida Garcilaso

Nº Registro	Distancia (m)	tiempo (s)	velocidad (m/s)
1	27.00	25.04	1.08
2	27.00	26.31	1.03
3	27.00	30.96	0.87
4	27.00	26.96	1.00
5	27.00	37.00	0.73
6	27.00	29.11	0.93
7	27.00	33.11	0.82
8	27.00	26.21	1.03
9	27.00	28.41	0.95
10	27.00	26.31	1.03
11	27.00	24.15	1.12
12	27.00	26.35	1.02
13	27.00	21.23	1.27
14	27.00	25.36	1.06
15	27.00	24.10	1.12
16	27.00	24.36	1.11
17	27.00	23.15	1.17
18	27.00	24.63	1.10
19	27.00	24.15	1.12
20	27.00	26.80	1.01
21	27.00	25.70	1.05
22	27.00	24.36	1.11
23	27.00	21.36	1.26
24	27.00	22.35	1.21
25	27.00	21.65	1.25
26	27.00	27.60	0.98
27	27.00	24.13	1.12
28	27.00	25.36	1.06
29	27.00	27.36	0.99
30	27.00	21.65	1.25
31	27.00	28.45	0.95
32	27.00	26.75	1.01
33	27.00	26.59	1.02
34	27.00	23.54	1.15
35	27.00	24.63	1.10
36	27.00	24.39	1.11
37	27.00	28.46	0.95
38	27.00	24.89	1.08
39	27.00	26.78	1.01
40	27.00	25.69	1.05

Toma de datos de la velocidad de caminata en la avenida Bolivia

Nº Registro	Distancia (m)	tiempo (s)	velocidad (m/s)
1	12.80	15.36	0.83
2	12.80	17.95	0.71
3	12.80	17.65	0.73
4	12.80	14.35	0.89
5	12.80	15.36	0.83
6	12.80	17.32	0.74
7	12.80	16.32	0.78
8	12.80	15.35	0.83
9	12.80	14.36	0.89
10	12.80	15.32	0.84
11	12.80	16.25	0.79
12	12.80	14.58	0.88
13	12.80	13.59	0.94
14	12.80	15.58	0.82
15	12.80	17.36	0.74
16	12.80	15.47	0.83
17	12.80	16.58	0.77
18	12.80	17.35	0.74
19	12.80	15.98	0.80
20	12.80	16.87	0.76
21	12.80	17.85	0.72
22	12.80	14.35	0.89
23	12.80	15.37	0.83
24	12.80	14.36	0.89
25	12.80	15.38	0.83
26	12.80	17.35	0.74
27	12.80	16.38	0.78
28	12.80	18.37	0.70
29	12.80	17.35	0.74
30	12.80	17.35	0.74
31	12.80	16.58	0.77
32	12.80	14.37	0.89
33	12.80	18.87	0.68
34	12.80	17.42	0.73
35	12.80	16.35	0.78
36	12.80	14.25	0.90
37	12.80	16.35	0.78
38	12.80	14.32	0.89
39	12.80	15.45	0.83
40	12.80	12.35	1.04

Anexo 8: Formulario para el análisis de pasos peatonales.

NIVEL DE SERVICIO DE PASOS PEATONALES												
Calle 1: A = L = V =		REGLAJE DEL SEMÁFORO (segundos) CICLO = s Vp = Rp =										
INTENSIDADES PEATONALES <table border="1"> <thead> <tr> <th>FLUJO</th> <th colspan="2">INTENSIDAD</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Qe1</td> <td>pt/min</td> <td>pt/ciclo</td> </tr> <tr> <td>Qs1</td> <td>pt/min</td> <td>pt/ciclo</td> </tr> </tbody> </table>				FLUJO	INTENSIDAD		Qe1	pt/min	pt/ciclo	Qs1	pt/min	pt/ciclo
FLUJO	INTENSIDAD											
Qe1	pt/min	pt/ciclo										
Qs1	pt/min	pt/ciclo										
Tiempo circulación (tp) tp = L/V = seg.												
Tiempo de ocupación del cruce peatonal (Tp) Tp = (Ie+Is)*tp/60 = pt*min Tp = pt*min												
Tiempo - espacio disponible (TSp) TSp = (A*L*Vp/60) TSp = m2-min												
Superficie peatonal Ωp = TSp/Tp Ωp = m2/pt												
Oleada máxima (Qm) Qmax = (Ie+Is)*(Rp+tp)/60 Qmax = pt*min												
Nivel de servicio Ωmax = L*A/Qmax Ωmax = m2/pt												

Calle 1: AT1 = Ao1 = Au1 = Ap1 =		REGLAJE DEL SEMÁFORO (segundos) CICLO = s G1 = G2 = R1 = R2 =																			
Calle 2: AT2 = Ao2 = Au2 = Ap2 = r =		INTENSIDADES PEATONALES <table border="1"> <thead> <tr> <th>FLUJO</th> <th colspan="2">INTENSIDAD</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Qe1</td> <td>pt/min</td> <td>pt/ciclo</td> </tr> <tr> <td>Qs1</td> <td>pt/min</td> <td>pt/ciclo</td> </tr> <tr> <td>Qe2</td> <td>pt/min</td> <td>pt/ciclo</td> </tr> <tr> <td>Qs2</td> <td>pt/min</td> <td>pt/ciclo</td> </tr> <tr> <td>Q12</td> <td>pt/min</td> <td>pt/ciclo</td> </tr> </tbody> </table>		FLUJO	INTENSIDAD		Qe1	pt/min	pt/ciclo	Qs1	pt/min	pt/ciclo	Qe2	pt/min	pt/ciclo	Qs2	pt/min	pt/ciclo	Q12	pt/min	pt/ciclo
FLUJO	INTENSIDAD																				
Qe1	pt/min	pt/ciclo																			
Qs1	pt/min	pt/ciclo																			
Qe2	pt/min	pt/ciclo																			
Qs2	pt/min	pt/ciclo																			
Q12	pt/min	pt/ciclo																			
Intensidad total de circulación (Ic) Ic = $Ie1 + Is1 + Ie2 + Is2 + I12$ = Ic = pt/ciclo																					
Tiempo total de circulación (Tc) Tc = $(Ic) * 4 / 60$ = pt*min Tc = pt*min																					
Superficie neta de la esquina (S) $S = Au1 * Au2 - 0.215 * r^2$ S = m2																					
Tiempo superficie disponible (Ts) $Ts = S * (C / 60)$ Ts = m2-min																					
Tiempo de espera en las zonas de espera Te1 y Te2 $Te1 = ((Is1) * (R1 / C) * (R1 / 2)) / 60$ $Te1 =$ pt-min $Te2 = ((Is2) * (R2 / C) * (R2 / 2)) / 60$ $Te2 =$ pt-min																					
Tiempo - superficie de la zona de espera Tse $Tse = 0.45(Te1 + Te2)$ Tse = m2-min																					
Tiempo - superficie de circulación (Tsc) $Tsc = Ts - Tse$ Tsc = m2-min																					
Superficie peatonal M $M = Tsc / Tc$ M = m2/pt