

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



**MEDIDAS PARA MEJORAR LAS CONDICIONES DE CIRCULACIÓN Y
ACCESIBILIDAD EN LA INTERSECCIÓN DE LAS AVENIDAS BRASIL, SIMÓN
BOLÍVAR Y HÚSARES DE JUNÍN**

Tesis para obtener el título profesional de INGENIERO CIVIL

AUTORES:

HUAPAYA TERRONES, Yessabel Cristina

ROJAS RAMOS Janet Sofía

ASESOR:

CABRERA VEGA, Félix Israel

Lima, Marzo, 2022

RESUMEN

El presente proyecto consiste en el análisis de la intersección entre las avenidas Brasil, Húsares de Junín y Simón Bolívar en la ciudad de Lima. Dada las condiciones actuales; en las que se evidencian problemas como aglomeraciones, congestión vehicular, falta de espacios accesibles, etc.; se tiene como objetivo proponer medidas de mejora a fin de ser evaluadas en el programa Vissim 8 y así obtener una circulación general más fluida, segura y accesible. Para ello, se presenta una metodología que se basa en un proceso de seis fases con el fin de cumplir los objetivos planteados. Se inicia con la observación, luego se procede con la recolección de datos. A partir de lo recolectado se modela el escenario en el programa Vissim 8, esta fase se basa en el proceso de microsimulación de la Administración Federal de Carreteras. Con el modelo calibrado y validado se plantean propuestas que permitan mejorar las condiciones; entre los principales cambios y mejoras se tiene la adición de un nuevo paradero, la ampliación de los carriles principales de la Av. Brasil, la redistribución de los elementos y mobiliario urbano, la implementación de pisos podotáctiles y semáforos sonoros, entre otros. La siguiente fase es el desarrollo de estas alternativas en el programa, finalizando con la generación de un reporte final del proyecto, donde se muestran los resultados que se obtuvieron del análisis. Desarrollado lo anterior, se concluye que, las propuestas planteadas lograron mejorar las condiciones actuales de accesibilidad y circulación, lo cual fue demostrado con los resultados obtenidos con el programa Vissim 8, el cuál logró representar correctamente la intersección a fin de cumplir los objetivos planteados en beneficio de los usuarios.

A mi familia; a mis padres Cristina y Jorge, a mis hermanas Alexandra y Carolina, por todo su apoyo, por ser mi motivación para superarme cada día más.

A mis amigos y docentes que fueron parte muy importante en mi formación universitaria. En especial a Sofía por su amistad y compromiso.

Al Ing. Félix Cabrera, nuestro asesor, por estar siempre atento a nuestras dudas, por todos sus conocimientos compartidos y sobre todo por la confianza brindada.

Yessabel Cristina Huapaya Terrones

Agradezco a mi familia, a mis padres, hermanos, abuelos, tíos por creer en mí. Especialmente a mi madre Higidia por su apoyo y comprensión.

A nuestro asesor el ing. Felix Cabrera por la paciencia, la confianza y las enseñanzas brindadas

A Yessabel Huapaya, una gran amiga, por el esfuerzo, la constancia y dedicación

Y finalmente, agradezco a todos aquellos ingenieros y amigos, que me impulsaron a ser mejor cada día y me acompañaron en cada etapa de mi vida universitaria.

Janet Sofía Rojas Ramos

ÍNDICE

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN	1
1.1. Objetivos	2
1.1.1 Objetivo general	2
1.1.2. Objetivos específicos.....	2
1.2. Justificación.....	2
1.3. Alcance.....	3
CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO	4
2.1 Antecedentes	4
2.1.1 Problemática debido al transporte en la ciudad de Lima.....	4
2.1.1.1 Congestión vehicular Lima	4
2.1.1.2 Accidentes de tráfico.....	5
2.1.2 Movilidad urbana durante la Pandemia de COVID 19.....	7
2.1.3 Planificación del uso de suelo y el sistema de transporte.....	8
2.2 Diseño de Vías	9
2.2.1 Controles de diseño	9
2.2.1.1 Volumen.....	9
2.2.1.2 Velocidad	11
2.2.1.3 Vehículo.....	11
2.2.2 Diseño de intersecciones	11
2.2.2.1 Características de diseño de una intersección.....	12
2.2.2.2 Elementos de diseño de una intersección.....	13
2.2.2.3 Principios de diseño de intersecciones.....	17
2.3 Población con alguna discapacidad.....	18
2.4 Accesibilidad.....	19
2.4.1 Diseño universal	20
2.4.1.1 Espacio requeridos para el desplazamiento	21

2.4.1.2 Accesibilidad en el espacio público	23
2.5 Vissim.....	35
2.5.1 Características.....	36
2.5.2 Modelo de seguimiento de Wiedemann	37
2.5.3 Aplicaciones	38
2.6 Viswalk.....	38
2.6.1 Características.....	39
2.6.2 Modelo de la fuerza social.....	39
2.6.3 Aplicaciones	40
CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA.....	41
3.1 Observación.....	43
3.2 Recolección y análisis de datos	48
3.3 Desarrollo del modelo base	49
3.4 Comprobación de errores	50
3.5 Calibración y validación.....	51
3.6 Propuestas de mejora.....	52
3.7 Evaluación de propuestas con Vissim.....	52
CAPÍTULO 4: RECOLECCIÓN Y PROCESAMIENTO DE DATOS DE CAMPO	53
4.1 Datos para el desarrollo del modelo base.....	53
4.1.1 Geometría de la zona	53
4.1.2 Controles de tráfico	57
4.1.3 Demanda.....	58
4.1.3.1 Demanda Vehicular	58
4.1.3.2 Demanda Peatonal	60
4.1.4 Composición vehicular	62
4.2 Datos para la calibración y validación	64
4.2.1 Calibración y validación vehicular	64

4.2.2 Calibración y validación peatonal	65
CAPÍTULO 5: DESARROLLO DEL MODELO BASE, CALIBRACIÓN Y VALIDACIÓN	67
5.1 Desarrollo del modelo	67
5.2 Calibración y Validación.....	73
CAPÍTULO 6: ANÁLISIS DE RESULTADOS Y PROPUESTAS DE MEJORA	76
6.1 Análisis del modelo actual	76
6.1.1 Circulación vial y peatonal:.....	76
6.1.2 Accesibilidad:	79
6.1.3. Comparación de datos tomados antes y durante la pandemia	81
6.2 Propuestas de mejora.....	82
6.2.1 Circulación vial y peatonal	83
6.2.1 Accesibilidad	84
6.3 Análisis del nuevo modelo	91
6.3.1 Velocidades en tramo de nuevo paradero.....	92
6.3.2 Velocidades peatones en esquina	93
6.3.3 Demoras promedio vehiculares	93
6.3.4 Velocidades promedio vehiculares.....	93
6.3.5 Velocidad promedio peatonal.....	94
CAPÍTULO 7: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	97
7.1 Conclusiones	97
7.2 Recomendaciones.....	98
CAPÍTULO 8: BIBLIOGRAFÍA	100

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1. Intersección de la av. Brasil con las avenidas Simón Bolívar y Húsares de Junín..	3
Figura 2.1. Evolución urbana de Lima.....	8
Figura 2.2. Escenario monocéntrico de Lima.	9
Figura 2.3. Cruces peatonales de intersección	14
Figura 2.4. Isla peatonal en medio de 4 carriles	14
Figura 2.5. Radio de giro real (efectivo).....	15
Figura 2.6. Intersección con un campo de visión reducido.....	16
Figura 2.7. Intersección compacta con un buen campo de visión	16
Figura 2.8. Intersección compacta	17
Figura 2.9. Población Censada con alguna discapacidad	18
Figura 2.10. Población Censada con alguna discapacidad por tipo en el Perú.....	19
Figura 2.11. Limitaciones de movilidad por la nula accesibilidad	20
Figura 2.12. Rampa incorporada a escalera, Londres.....	20
Figura 2.13. Maniobra de cambio de dirección sin desplazamiento.....	21
Figura 2.14. Maniobra de cambio de dirección en movimiento	21
Figura 2.15. Espacios requeridos para personas con discapacidad ambulatoria.....	22
Figura 2.16. Distancias mínimas requeridas según EEUU y Francia.....	23
Figura 2.17. Ancho y altura libre de aceras	24
Figura 2.18. Rampa con 3 pendientes.....	26
Figura 2.19. Cruce peatonal con rampas.....	26

Figura 2.20. Pisos podotáctiles	28
Figura 2.21. Semáforo sonoro Pasblue	29
Figura 2.22. Quisco en la vía publica	30
Figura 2.23. Paradero en vía publica	31
Figura 2.24. Elementos ubicados en la vereda.....	31
Figura 2.25. El mobiliario urbano debe ser detectado con facilidad	33
Figura 2.26. Crear espacios accesibles y usables para todos los usuarios	34
Figura 2.27. Diferentes posibilidades de agrupación y dotación de elementos urbanos	35
Figura 2.28. Proceso de simulación de tráfico	36
Figura 2.29. Modelo de seguimiento de Wiedemann.....	37
Figura 2.30. Modelo de la fuerza social.....	39
Figura 2.31. Áreas de aplicación de Viswalk.....	40
Figura 3.1. Etapas de la metodología.....	41
Figura 3.2. Flujograma de metodología.....	42
Figura 3.3. Calzada en mal estado.....	46
Figura 3.4. Rampas con grietas y de material inadecuado.....	46
Figura 3.5. Ancho inadecuado para el paso una silla de ruedas.....	46
Figura 3.6. Obstáculos en la acera.....	47
Figura 3.7. Peatones transitando en la intersección.....	47
Figura 3.8. Presencia de vehículos no permitidos.....	47
Figura 3.9. Foto de la intersección.....	50

Figura 3.10. Datos de entrada.	50
Figura 4.1. Anchos de vereda, medidas en metros	54
Figura 4.2. Rampas y pases peatonales.....	55
Figura 4.3. Dimensiones de rampas	56
Figura 4.4. Dimensiones de pases peatonales	56
Figura 4.5. Accesos de las fases de semaforización	57
Figura 4.6. Ciclo del semáforo.....	58
Figura 4.7. Flujograma vehicular-Calibración (9am – 24/09/20).....	59
Figura 4.8. Flujograma vehicular-Validación (9:30am – 07/10/20).....	59
Figura 4.9. Accesos peatonales de la intersección.....	60
Figura 4.10. Matriz O/D peatonal-Calibración (9am – 24/09/20).....	61
Figura 4.11. Matriz O/D peatonal-Validación (9:30am – 07/10/20).....	61
Figura 4.12. Composición Vehicular	62
Figura 4.13. Tramos de calibración vehicular	65
Figura 4.14. Tramos de calibración	66
Figura 5.1. Introducción de las avenidas de estudio al Vissim 8.....	67
Figura 5.2. Introducción de rutas vehiculares	68
Figura 5.3. Nuevos vehículos exportados al Vissim 8.....	68
Figura 5.4. Rutas peatonales	70
Figura 5.5. Distribución de tiempos de espera en los paraderos.....	70
Figura 5.6. Semáforos vehiculares y peatonales.....	71

Figura 5.7. Asignación de las fases vehiculares y peatonales del semáforo.....	71
Figura 5.8. Modelado en SketchUp	72
Figura 5.9. Modelado en SketchUp ángulo 1	72
Figura 5.10. Modelado en SketchUp ángulo 2	72
Figura 5.11. Parámetros de Simulación	73
Figura 5.12. Iteración para calibración vehicular	74
Figura 5.13. Iteración para calibración peatonal.....	74
Figura 5.14. Calibración Vehicular Tramo 1	75
Figura 6.1. Ómnibus que van en sentidos opuestos	76
Figura 6.2. Observaciones de la intersección en estudio	77
Figura 6.3. Giro indebido dentro de grifo	77
Figura 6.4. Colas en el carril secundario de la av. Brasil.....	78
Figura 6.5. Paso de un cruceo peatonal	80
Figura 6.6. Colas en el carril secundario de la av. Brasil.....	81
Figura 6.7. Esquina con un radio de giro de 3m	83
Figura 6.8. Rediseño de la esquina del grifo.....	84
Figura 6.9. Nuevo paradero	84
Figura 6.10: Paso peatonal de una mediana (Modelo actual y nuevo)	85
Figura 6.11: Cruces peatonales (Modelo actual y nuevo).....	86
Figura 6.12: Veredas de la Av Húsares de Junín (Modelo actual y nuevo).....	86
Figura 6.13. Rampas de las veredas (Modelo actual y nuevo)	87

Figura 6.14. Implementación de pisos podotáctiles (Nuevo modelo)	88
Figura 6.15. Esquina de Plaza Vea	88
Figura 6.16. Esquina de Tragamonedas	89
Figura 6.17. Esquina de Grifo.....	89
Figura 6.18. Esquina de Farmacia.....	89
Figura 6.19. Modelo Final ángulo 1.....	90
Figura 6.20. Modelo Final ángulo 2.....	90
Figura 6.21. Puntos de recolección de datos en tramo auxiliar av. Brasil	91
Figura 6.22. Evaluación de velocidades en tramo auxiliar av. Brasil.....	92
Figura 6.23. Gráficos de velocidades promedio, modelo actual y nuevo - Intersección	95
Figura 6.24. Gráficos de velocidades promedio, modelo actual y nuevo – Auxiliar Brasil	96

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Ranking de congestión vehicular 2010.....	4
Tabla 2 Tipos de siniestros viales en Lima Metropolitana y Callao 2018.....	5
Tabla 3 Causas de siniestros viales, Lima Metropolitana y Callao 2018	6
Tabla 4 Estadística de emergencias atendidas a nivel Lima, Callao e ICA.....	8
Tabla 5 Características y estrategias según volumen de diseño	10
Tabla 6 Veredas	25
Tabla 7 Cruceos peatonales	27
Tabla 8 Información y servicio público	32
Tabla 9 Lista de chequeo de la intersección	43
Tabla 10 Anchos de carriles.....	53
Tabla 11 Datos Fase 1 de semáforo	57
Tabla 12 Datos Fase 2 de semáforo	58
Tabla 13 Conteo por tipo de vehículo-Calibración (9am – 24/09/20).....	63
Tabla 14. Conteo por tipo de vehículo-Validación (9:30am – 07/10/20).....	63
Tabla 15 Velocidades de giro	64
Tabla 16. Número mínimo de datos de calibración y validación	65
Tabla 17. Número mínimo de datos de calibración y validación peatonal.....	66
Tabla 18. Velocidades estándar a flujo libre.....	69
Tabla 19. Reductores de velocidad	69
Tabla 20 Número mínimo de corridas del programa.....	74
Tabla 21. Comparación de resultados, respecto a toda la intersección.....	95
Tabla 22. Comparación de resultados, respecto a toda la intersección.....	95

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

La ciudad de Lima presenta grandes problemas en el área de movilidad, transporte y desarrollo urbano. Además, el mal diseño de infraestructura vial, la informalidad, la inseguridad, la inadecuada gestión del tránsito y la falta de accesibilidad han desencadenado otros problemas de carácter social y económico. Debido a ello, se requiere con urgencia la implementación de medidas y criterios de gestión del tránsito que tengan como enfoque la seguridad, el bienestar del ciudadano y que perduren a lo largo de los años.

Durante mucho tiempo, la ciudad se ha desarrollado sin pensar en las diferencias que tiene una persona de otra y sin considerar que lo que es óptimo para uno puede perjudicar a otro sector. En ese sentido, el pensar en lograr un punto en común y satisfacer a todos suena bastante complicado; sin embargo, esto no significa que no se tome en cuenta; al contrario, es responsabilidad de la sociedad en su conjunto modificar el entorno de modo que pueda ser utilizado en igualdad de condiciones por todos y cada uno de los ciudadanos (Once & COAM, 2011). Según los resultados obtenidos de los Censos Nacionales 2017, el 10.4% de la población de Lima presenta alguna discapacidad (INEI, 2018). Esto indica claramente la necesidad de mejorar las condiciones de transitabilidad peatonal que permitan su inclusión.

El presente trabajo analizará las condiciones de circulación y accesibilidad en la intersección de las avenidas Brasil, Simón Bolívar y Húsares de Junín. Para ello, se evaluará las principales deficiencias en temas de accesibilidad y tránsito, así como se propondrán medidas de mejora a través de datos cuantitativos y cualitativos obtenidos del análisis previo. Finalmente, se realizará un modelo de micro simulación a través del software VISSIM 8 donde se evaluará el modelo propuesto.

1.1. Objetivos

1.1.1 Objetivo general

Proponer medidas de mejora que beneficien a los usuarios mediante el análisis de las condiciones de circulación de automóviles y peatones en la intersección de las avenidas Brasil, Simón Bolívar y Húsares de Junín.

1.1.2. Objetivos específicos

- Identificar las deficiencias de accesibilidad y circulación en la intersección en estudio.
- Proponer medidas de mejora y con ello, plantear un nuevo modelo de la zona de estudio, que facilite el tránsito peatonal, vehicular y evite aglomeraciones
- Simular el desplazamiento de los usuarios mediante un modelo de microsimulación de la intersección en estudio, que permita analizar el tránsito y evaluar las propuestas de mejora.

1.2. Justificación

Distintos sucesos han mostrado que ciertos modelos y enfoques referidos al diseño y movilidad urbana no son resistentes con el tiempo. Asimismo, la situación actual ha puesto en evidencia las deficiencias del sistema de transporte que repercute directamente en el usuario. Esto se manifiesta, conforme aumenta el nivel de flujos en las calles, en grados cada vez mayores de congestión, accidentes, contaminación, ruido, segregación del entorno, intrusión visual y efectos estéticos (Fernández, 2010). Además, según Lima Como Vamos (2019), en el año 2018 el 49.4% de las personas considera que el transporte público es uno de los tres problemas que más afecta su calidad de vida.

Con este proyecto se busca evaluar las deficiencias del transporte y proponer medidas de mejora en un caso particular: la intersección de la av. Brasil, av. Bolívar y av. Húsares de Junín.

Este cruce es uno de los más concurridos debido a los servicios que se encuentran: un supermercado, un tragamonedas, un grifo, una farmacia, entre otros. Por tal motivo, es importante realizar un análisis y evaluación que permita identificar los problemas en cuanto a accesibilidad y movilidad urbana. De esta manera, se busca proponer mejoras que permita eliminar barreras para una circulación más fluida, segura y accesible.

1.3. Alcance

El proyecto tiene como alcance el estudio de la intersección ubicada en la av. Brasil con las avenidas Simón Bolívar y Húsares de Junín (Figura 1.1), entre los distritos de Jesús María y Pueblo Libre. Para empezar, se analizará las condiciones actuales de circulación y accesibilidad. Teniendo en cuenta normas, manuales y guías de diseño urbano, se propondrá nuevas medidas; tales como mejoras en las condiciones de circulación de la vía, una nueva distribución de los elementos del mobiliario urbano, entre otros. Estas medidas serán de beneficio e todos los usuarios independientemente de su condición. Las propuestas serán calibradas y validadas por medio de un modelo de microsimulación de la intersección en estudio que permita simular el desplazamiento de los usuarios y analizar el tránsito.



Figura 1.1. Intersección de la av. Brasil con las avenidas Simón Bolívar y Húsares de Junín

Fuente: Google Maps (2020)

CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

2.1.1 Problemática debido al transporte en la ciudad de Lima

2.1.1.1 Congestión vehicular Lima

La congestión vehicular es uno de los problemas más graves que afronta la población limeña, afecta la calidad de vida, la salud y la productividad en el trabajo de los ciudadanos

Según un estudio de TomTom (2019), una compañía que proporciona estadísticas sobre los niveles de congestión vehicular, en el 2017 Lima se encontraba en la novena posición de las ciudades con el peor congestionamiento, en el 2018 en la tercera posición y en el 2019 en la séptima posición, con un nivel de congestión del 57% (significa que, para un tramo de 1 hora sin tráfico, en Lima duraríamos 1 hora y 34 minutos). Asimismo, el porcentaje aumenta dependiendo de las horas del día, por ejemplo, en horas pico: 7 a.m. a 9 a.m. o de 6.p.m. a 9 p.m.

Tabla 1
Ranking de congestión vehicular 2010

Índice de Trafico 2019			
Categoría mundial	Ciudad	País	Nivel de congestión
1	Bangalore	India	71%
2	Manila	Pilipinas	71%
3	Bogotá	Colombia	68%
4	Mumbai	India	65%
5	Pune	India	59%
6	Moscú	Rusia	59%
7	Lima	Perú	57%

Fuente: Adaptado de TomTom (2019)

2.1.1.2 Accidentes de tráfico

Según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI, 2020), en el año 2019 se registraron 95 800 accidentes de tránsito en todo el Perú. Asimismo, se indica que, del total de accidentes registrados, el 52% aproximadamente fueron en el departamento de Lima. Cabe resaltar que los peatones son los más vulnerables a sufrir un accidente. Además, los siniestros más comunes son los choques y los atropellos, como reflejan los datos de la Tabla 2:

Tabla 2
Tipos de siniestros viales en Lima Metropolitana y Callao 2018

	Lima		Callao		Total
	Fatal	No fatal	Fatal	No fatal	
Total	466	45329	55	3362	49212
Choque	102	19522	11	1798	21433
Atropello	256	6626	29	455	7366
Choque y atropello	1	794	0	14	809
Caída	8	1433	2	73	1516
Volcadura	19	526	0	28	573
Incendio de vehículo	0	59	0	0	59
Choque y fuga	7	6241	0	408	6656
Atropello y fuga	68	1095	7	70	1240
Despiste y volcadura	1	225	0	12	238
Colisión	0	76	0	3	79
Despiste	0	3562	6	284	3852
Colisión y fuga	0	154	0	5	159
Otros	4	5016	0	212	5232

Fuente: Adaptado de Lima Cómo Vamos (2019a)

En ese sentido, para implementar medidas de prevención y/o acción, es importante conocer las causas involucradas. Como se observa en la Tabla 3, las principales causas de accidentes en Lima y Callao son ocasionadas por el exceso de velocidad y por la imprudencia del conductor.

Tabla 3
Causas de siniestros viales, Lima Metropolitana y Callao 2018

	Lima		Callao		Total
	Fatal	No fatal	Fatal	No Fatal	
Total	466	45329	55	3362	49212
Exceso de velocidad	7	12573	5	1118	13703
Imprudencia del conductor	169	11955	14	1098	13236
Ebriedad del conductor	25	2732	2	107	2866
Imprudencia del conductor	70	2791	6	126	2993
Imprudencia del pasajero	0	666	0	21	687
Exceso de carga	0	269	0	0	269
Desacato señal de tránsito por parte del conductor	0	851	1	3	855
Desacato señal de tránsito por parte del peatón	0	189	0	0	189
Falla mecánica	1	972	1	43	1017
Falta de luces	0	233	1	15	239
Vía en mal estado	0	614	0	19	633
Señalización defectuosa	0	317	0	19	336
Invasión de carril/maniobra no permitida	0	1291	0	15	1306
Vehículo mal estacionado	0	304	0	0	304
Factor ambiental	0	151	0	8	159
Estado ebriedad del peatón	45	535	2	1	583
No identifica la causa	25	3726	4	20	3775
No tiene la certeza de determinar la causa	51	2524	0	77	2652
Otros	73	2646	19	672	3410

Fuente: Adaptado de Lima Cómo Vamos (2019a)

En el año 2015, el MTC publicó un estudio en base a accidentes entre el periodo 2011-2014 cuyo objetivo era identificar y priorizar puntos negros (zonas donde existe alta concentración de accidentes), en 5 ciudades del Perú, entre ellas Lima (2015). Según el reporte y resultados del informe, la intersección en estudio está categorizada como punto negro de prioridad 7 (Consejo Nacional de Seguridad Vial, 2015). A partir de este análisis, se obtuvieron las siguientes conclusiones:

- Los accidentes de tránsito estuvieron más relacionados al transporte privado.
- Hubo mayor frecuencia de accidentes en la noche (18-24horas)
- El tipo de accidente más frecuente fue el atropello.
- El tipo de vehículo más asociado a los accidentes fue el automóvil.
- El principal factor asociado a los accidentes de este punto negro fue exceso de velocidad.

2.1.2 Movilidad urbana durante la Pandemia de COVID 19

El primer caso confirmado por el coronavirus en el Perú se dio a conocer el 6 de marzo del 2020. El panorama era incierto, el gobierno llamó a la tranquilidad y dio a conocer medidas para evitar el contagio según las recomendaciones dadas por el Organismo Mundial de la Salud. El 15 de marzo, se declaró estado de emergencia en el país y se anunció el aislamiento obligatorio durante dos semanas. Se publicó el Decreto Supremo 026-2020 donde se establece diversas medidas excepcionales y temporales para prevenir la propagación del coronavirus (Gobierno del Perú, 2020b). De la misma manera, el Gobierno destinó S/50 millones a favor de la Autoridad de Transporte Urbano de Lima y Callao (ATU) para tomar acciones de limpieza de las unidades (Gobierno del Perú, 2020c). Se dispuso también una serie de medidas como la reducción del 50% de flota del transporte público, y la circulación exclusiva de taxis autorizados y mototaxis formales. Las personas podrían trasladarse solo para cumplir funciones esenciales como hospitales, centros médicos, bancos y mercados (Gobierno del Perú, 2020a).

El crecimiento de número de casos confirmados y muertes por coronavirus en el Perú; así como el aumento de casos en policías, las fuerzas armadas y profesionales de la salud, produjo un menor control de las autoridades. En consecuencia, la irresponsabilidad y el desacato por parte de la ciudadanía empezó a salir a flote. Bajo este contexto, el 1 de julio del 2020 se levantó la cuarentena en muchas ciudades del Perú, entre ellas Lima (Nacional, 2020).

Según el Cuerpo General de Bomberos Voluntarios del Perú, el número de accidentes de tránsito se redujo en gran medida, mientras en enero se notificaron 1 363 accidentes de tránsito y en febrero otros 1 193, desde el estado de emergencia las cifras cayeron a 788 incidentes de ese tipo en marzo y otros 285 en abril (CGBVP, 2020). Sin embargo, con menor tráfico, la velocidad tiende a aumentar, lo que genera mayor frecuencia y gravedad en los accidentes (Dextre, 2020). En ese sentido, a fines de abril las cifras de accidente de tránsito reflejaron un incremento que con el pasar de las semanas se volvía cada vez más significativo. Así, producto del incremento de vehículos en circulación, las calles empezaron a lucir nuevamente como antes de la pandemia. En la Tabla 4 se presenta la evolución del número de accidentes vehiculares a nivel de Lima, Callao e ICA entre enero y junio del 2020 reportados al CGBVP.

Tabla 4
Estadística de emergencias atendidas a nivel Lima, Callao e ICA.

Tipo de emergencia	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
N.º accidentes vehiculares	843	708	537	179	241	382

Fuente: Cuerpo General de Bomberos Voluntarios del Perú (2020)
http://www.bomberosperu.gob.pe/po_muestra_esta.asp

2.1.3 Planificación del uso de suelo y el sistema de transporte

En Lima, la migración rural-urbana durante las décadas de 1950, 1960 y 1970 fue la causa principal del crecimiento poblacional (Peters & Skop, 2020). Mientras que en el año 1940 se tenía una población de 828 298, representando un 13% de la población total; en el censo del año 2017, este porcentaje llegó a casi un 31% del total (Figura 2.1).

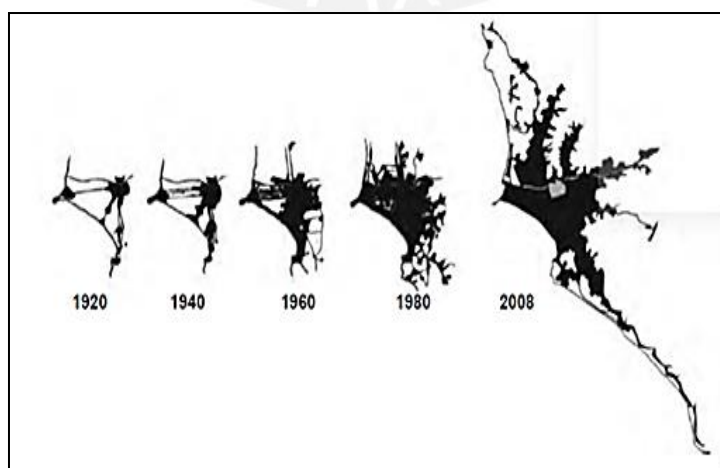


Figura 2.1. Evolución urbana de Lima

Fuente: (MML, 2014)

Por otro lado, entendiendo al transporte como una actividad derivada de las demás actividades de los ciudadanos, existe una fuerte interrelación entre el desarrollo e intensidad del uso del suelo de un área urbana y su sistema de transporte (Fernández, 2010). Esto se aprecia en la manera como las áreas urbano-sociales se distribuyen. Si bien estas se alternan de manera dispersa en todo el ámbito metropolitano, aquellas con mejores condiciones se concentran principalmente en la zona central metropolitana (Figura 2.2) y representan, en superficie, aproximadamente un tercio de la ciudad, lo que caracteriza a la red vial como predominantemente mono céntrica (MML, 2014).

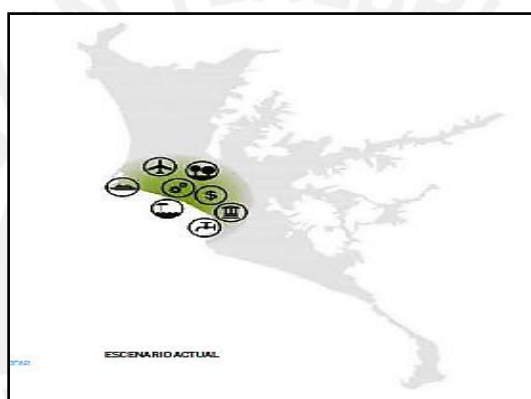


Figura 2.2. Escenario monocéntrico de Lima.

Fuente: (MML, 2014)

2.2 Diseño de Vías

2.2.1 Controles de diseño

Los controles de diseño son las características que gobiernan los aspectos de ingeniería del diseño de calles (Dumbaugh & King, 2018). Los parámetros que se incluyen son el volumen, velocidad y vehículo de diseño.

2.2.1.1 Volumen

Los volúmenes de diseño son un aspecto controlador del diseño. Según la práctica convencional, esto ocurre a menudo cuando se identifica que una calle está congestionada

(Dumbaugh & King, 2018). El volumen de vehículos de tránsito y vehículos que circulan y se detienen son factores clave tanto en la selección de elementos de la calle como en su diseño detallado (NACTO, 2016). La guía de diseño de calles de la National Association of City Transportation Officials (NACTO, 2016) propone una serie de estrategias vinculadas a una frecuencia en un contexto de autobuses estándar (Tabla 5).

Tabla 5
Características y estrategias según volumen de diseño

Volumen	Características	Elementos y estrategias
Bajo	<ul style="list-style-type: none"> • Más de 15 min de avance • 4 o menos autobuses por hora • Menos de 100 pasajeros por hora 	<ul style="list-style-type: none"> • Paradas mejoradas y estaciones intermodales • Prioridad de señal de tránsito activo • Carriles de giro
Moderado	<ul style="list-style-type: none"> • Avance de 10 a 15 min, de 5 a 10 min en hora pico • 4-10 autobuses por hora • 100-750 pasajeros por hora 	<ul style="list-style-type: none"> • Prioridad de señal de tránsito • Carriles de aproximación de tránsito y saltos de cola • Paradas en el carril e islas de embarque
Alto	<ul style="list-style-type: none"> • Avance de 2 a 6 min • 10-30 autobuses por hora • 500-2000 pasajeros por hora 	<ul style="list-style-type: none"> • Carriles de tránsito pico, paradas en el carril e islas de embarque • Progresión de señal de baja velocidad • Robustas paradas o estaciones
Muy alto	<ul style="list-style-type: none"> • Avance en menos de 2 a 3 min • Más de 20-30 autobuses por hora • Más de 1 000 pasajeros por hora en múltiples rutas, o más de 2500 por hora en una ruta con vehículos de unidades múltiples. 	<ul style="list-style-type: none"> • Carriles de tránsito dedicados • Carriles de tránsito doble o con paradas extraíbles • Terminales en la calle e islas de embarque • Progresión de la señal de tránsito

Fuente: Adaptado de NACTO (2016)

La recopilación de datos de volumen de tráfico es una parte importante para la planificación y toma de decisiones. Estos datos se recopilan para varios periodos del día de acuerdo al fin del proyecto. Por un lado, en el caso de intersecciones, recopilar datos de volumen de giro permiten determinar el nivel de servicio para proponer mejoras. Por otro, ayuda a determinar la cantidad de carriles necesarios (Los Angeles County, 2011).

2.2.1.2 Velocidad

El enfoque que se tiene para establecer la velocidad de diseño es utilizar una velocidad de diseño tan alta como sea práctica (Los Angeles County, 2011). Sin embargo, las altas velocidades de diseño dan como resultado velocidades de operación más altas, independientemente de los límites de velocidad establecidos, porque llevan a los conductores a darse cuenta de que hay poco riesgo de seguridad asociado con excederlos (Kanellaidis, Golias y Zarifopoulos 1995; Yannis, Louca y Vardaki 2013; Warner y Aberg 2008). Un diseño con una velocidad alta degrada la vida social pues reduce el acceso a lugares a pie; en cambio, una velocidad de diseño más lenta permite el uso de características que mejoran el entorno para caminar, como pequeños radios de acera, secciones más estrechas, árboles, estacionamiento en la calle, extensiones de acera y mobiliario urbano, etc. (Los Angeles County, 2011).

2.2.1.3 Vehículo

El vehículo de diseño de una calle se refiere a las dimensiones físicas del vehículo para el que están diseñados los elementos geométricos de una carretera. Asimismo, establece los anchos de carril y los radios mínimos de giro necesarios para la realización de las maniobras del vehículo (Dumbaugh & King, 2018).

Para diseñar una intersección se debe de usar diferentes vehículos de diseño ya que, por un lado, si se diseña para un vehículo grande puede generar impactos negativos en las distancias de cruce de peatones y la velocidad de giro del vehículo; y si se diseña para un vehículo muy pequeño puede ocasionar problemas operativos en los vehículos más grandes (Los Angeles County, 2011).

2.2.2 Diseño de intersecciones

Según el Instituto de la Construcción y Gerencia (ICG, 2005), las intersecciones son áreas comunes de 2 o más vías que se encuentran al mismo nivel y que representan discontinuidad

en cualquier red vial. Debido a ello, se deben obtener condiciones óptimas de seguridad y capacidad, dentro de las posibilidades físicas y económicas.

De la misma forma, la “Urban Street Desing Guide” (NACTO, 2013), menciona que las intersecciones son partes críticas del paisaje urbano y de la red de transporte de la ciudad. Por ello, un buen diseño debe facilitar la visibilidad y la previsibilidad para todos los usuarios, de tal forma que puedan movilizarse de forma segura, fácil e intuitiva. Asimismo, el diseño debe promover el contacto visual entre usuarios para que se reconozcan y puedan compartir el espacio de manera eficiente.

2.2.2.1 Características de diseño de una intersección

A continuación, se presentan las características de diseño de una intersección que fueron obtenidos usando de referencia el Manual de diseño geométrico de vías urbanas (ICG, 2005):

Preferencia a los movimientos importantes. - Se debe dar prioridad a los movimiento o flujos importantes sobre los secundarios. Para ello, se dotan a las vías secundarias de elementos de control de tránsito para la fácil distinción de la jerarquía de vías.

Reducción de las áreas abiertas. - Las grandes áreas pavimentadas en vez de mejorar las condiciones de flujo pueden ser contraproducentes ya que confunden a los peatones y conductores. Esto provoca que la situación se vuelva riesgosa para la circulación y se reduzcan la capacidad de las vías.

Perpendicularidad de las trayectorias cuando se acortan. - Cuando las ramas de las intersecciones no se interceptan perpendicularmente existen más posibilidades de accidentes de tránsito. Para evitar tal hecho, se debe reducir la velocidad de circulación, lo que ocasiona que se pierda capacidad vial. De ser posible, las intersecciones deben ser remodeladas para lograr encuentros próximos a 90° ya que favorece la visibilidad.

Visibilidad. - La velocidad de los vehículos que se acercan a una intersección se debe limitar en función a la visibilidad. Resulta importante que el análisis de la visibilidad determine un espacio libre de obstáculos, en la cual estará prohibida la colocación de avisos publicitarios, cabinas de teléfono, árboles, u otros que signifiquen un riesgo para la seguridad de peatones y conductores.

Sencillez y claridad. - El exceso de elementos o abundantes señalizaciones complica la operación de la intersección, pues el conductor podría demorar en entender donde realizar sus maniobras de giro, derechos de paso, etc.

2.2.2.2 Elementos de diseño de una intersección

Cruces peatonales convencionales

Para el diseño de cruces peatonales se debe considerar la demanda existente y la proyectada. Además, los cruces peatonales deben ofrecer comodidad y protección a los peatones (NACTO, 2013).

Se recomienda lo siguiente:

- Deben mantenerse lo más compactos posible, de tal forma que faciliten el contacto visual entre usuarios y generen un campo de visión óptimo para el conductor.
- Las rampas de vereda deben conducir al peatón directamente al cruce peatonal.
- Dotar de un ancho mínimo de 3 m o el mismo ancho de las veredas que se ha proyectado.
- Ubicar líneas de parada de tráfico vehicular a un mínimo de 1m de distancia del cruce peatonal.

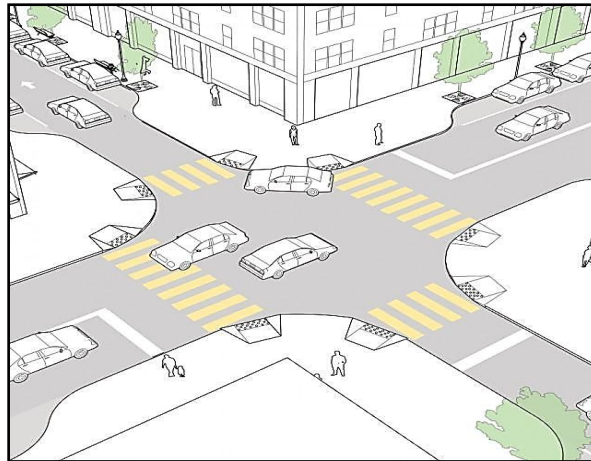


Figura 2.3. Cruces peatonales de intersección

Fuente: NACTO (2013)

Islas de seguridad peatonal

Las islas de seguridad reducen la exposición de los peatones al tránsito y les proporcionan un lugar seguro al momento desplazarse de un lado de la calle al otro. Se usan en calles anchas o estrechas (Figura 2.4) donde los peatones se encuentran expuestos o inseguros debido a las velocidades, volúmenes de tránsito o número de carriles. Por ello, las islas deben tener suficiente espacio para contener una persona cruzando con un coche o carrito (ancho mínimo de 1.2m). Asimismo, según el Manual de diseño geométrico de vías urbanas (ICG, 2005), el menor tamaño de una isla debe tener una superficie de 4.5 m² preferiblemente 7 m².

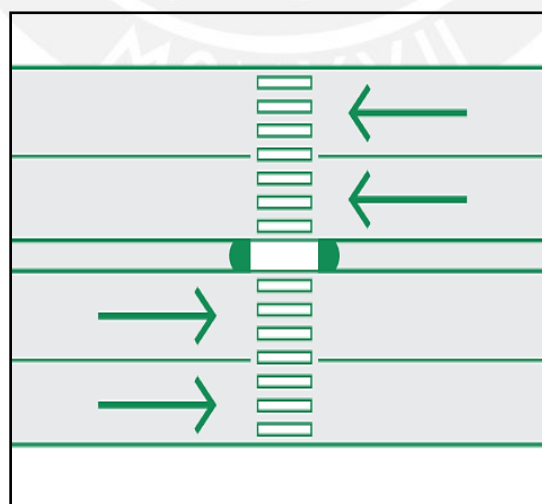


Figura 2.4. Isla peatonal en medio de 4 carriles

Fuente: NACTO (2013)

Radios de esquina

Los radios de esquina influyen en las velocidades de giro de los vehículos y las distancias de cruce de peatones. Al minimizar el radio de giro de una esquina se crean intersecciones compactas y con velocidades de giro seguras. En ese sentido, para el diseño de un radio de esquina se deben considerar no solo la geometría de la intersección sino también el radio efectivo (curvatura que siguen los vehículos al doblar una esquina).

La Guía de diseño de Calles e Intersecciones (ITDP, 2016) recomienda que para el diseño de una esquina se debe utilizar el mínimo radio de giro posible, ya que los radios de giro reales más pequeños benefician a los peatones (Figura 2.5), lo que provoca que los conductores deban reducir la velocidad debido a los giros cerrados. Asimismo, un radio de giro nominal de 1.5 a 3m siempre es recomendable, especialmente en intersecciones con alto volumen peatonal cruzando la calle y bajo volumen de vehículos pesados.



Figura 2.5. Radio de giro real (efectivo)

Fuente: (ITDP, 2016)

Visibilidad / Distancia de visión

La visibilidad y la distancia de visión son factores sumamente importantes para la seguridad en las intersecciones, tanto para peatones como para conductores. Así, las intersecciones compactas ofrecen un mayor campo de visión (Figura 2.7) para todos los usuarios, lo que reduce los accidentes de tránsito.

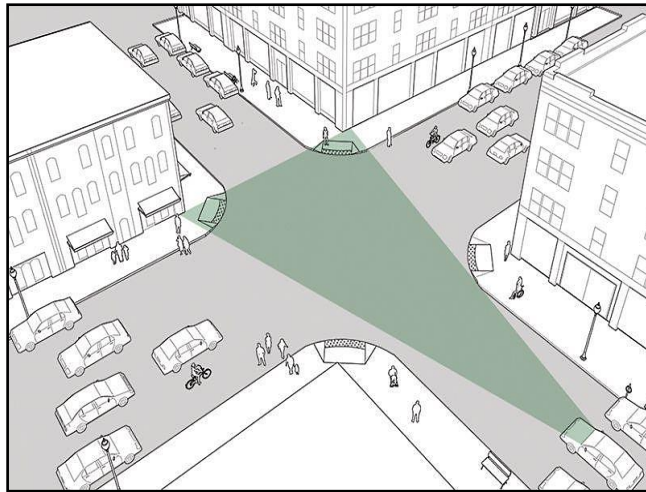


Figura 2.6. Intersección con un campo de visión reducido

Fuente: NACTO (2013)

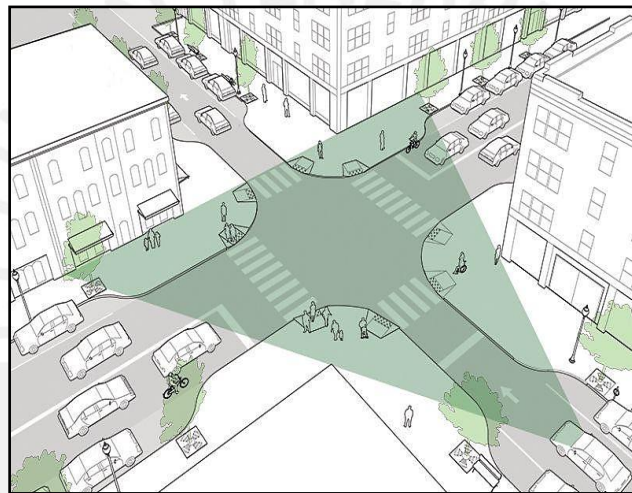


Figura 2.7. Intersección compacta con un buen campo de visión

Fuente: NACTO (2013)

Señales de tráfico

Las señales de tráfico son sumamente importantes ya que contribuyen al correcto uso de las calles. Asimismo, facilitan el movimiento del tráfico y crean entornos más seguros para los usuarios. Estas señales deberán cumplir, de forma obligatoria, con las exigencias proporcionadas por el “Manual de dispositivos de control del tránsito automotor para calles y carreteras”(MTC, 2016).

2.2.2.3 Principios de diseño de intersecciones

Según la Guía Nacto (2013) se tienen los siguientes principios:

Intersecciones compactas. - Las intersecciones compactas reducen el tiempo de exposición de los peatones, aumentan la visibilidad de los usuarios y lentifica el tráfico. Para lograr lo mencionado, se debe limitar los carriles de giro y subdividir las intersecciones grandes en unas más pequeñas.

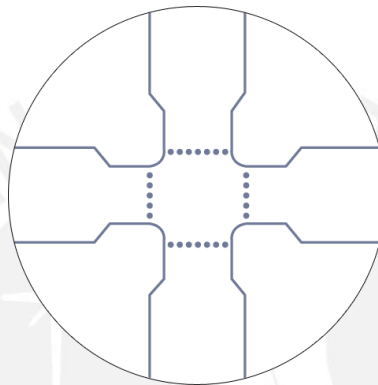


Figura 2.8. Intersección compacta

Fuente: NACTO (2013)

Intersecciones como parte de una red: Se debe tener en cuenta que la intersección es parte de una red. Por ello, para el diseño se debe tener en cuenta el volumen y la capacidad de tráfico

Integrar tiempo y espacio: Para la reconfiguración de la intersección, se sugiere considerar a las señalizaciones como una alternativa para resolver el retraso o la congestión. Además, se deben proponer estrategias que integren diseños espaciales y temporales en todo el proyecto.

Las intersecciones son espacios compartidos: La intersección debe ser un espacio en el cual los usuarios se reconozcan entre sí, sean visibles y se puedan predecir sus acciones. Así, estas variables servirán para disminuir los accidentes de tránsito.

Utilizar el exceso de espacio como espacio público: Se pueden aprovechar los espacios en exceso para crear plazas públicas provisionales de tal forma que se mejore la vida pública de los usuarios.

Diseñar para el futuro: Se debe tener en cuenta el uso de tierras existente al momento de diseñar y la demanda proyectada para los usuarios.

2.3 Población con alguna discapacidad

Según el informe Nacional sobre Perfil sociodemográfico del Perú, una persona con discapacidad, “es aquella que tiene una o más deficiencias físicas, sensoriales, intelectuales o mentales de forma permanente, que no deba o pueda verse impedida del ejercicio de sus derechos y su inclusión en la sociedad, en igualdad de condiciones con las demás personas” (INEI, 2018, p. 177).

Para estimar la cantidad de la población con alguna discapacidad, se muestra el siguiente cuadro obtenido del INEI (2018):

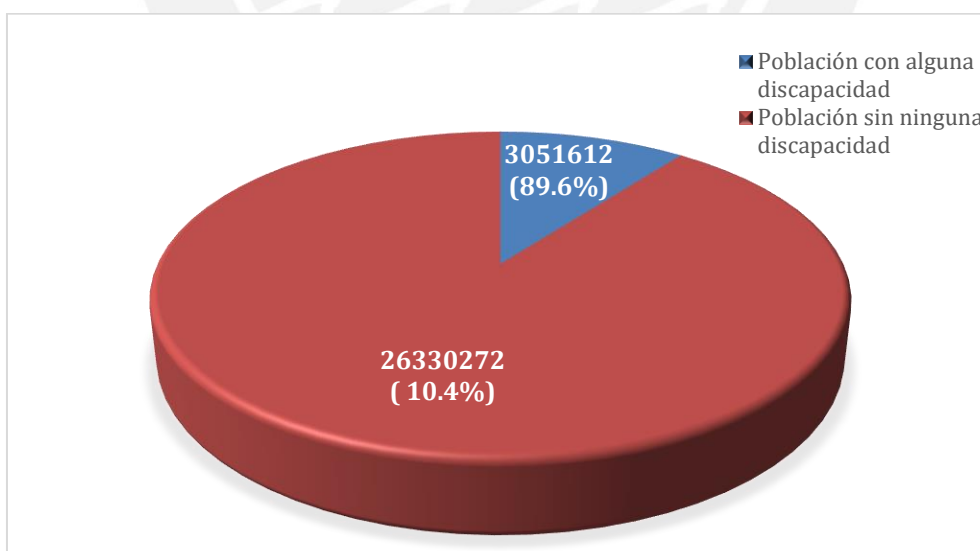


Figura 2.9. Población Censada con alguna discapacidad

Fuente: INEI (2018)

Según el INEI (2018), en el Perú existen 3 millones 51 mil 612 personas que padecen alguna discapacidad y representan aproximadamente un 10% de la población total del país.

Asimismo, de acuerdo al tipo de capacidad, se tiene el siguiente gráfico:

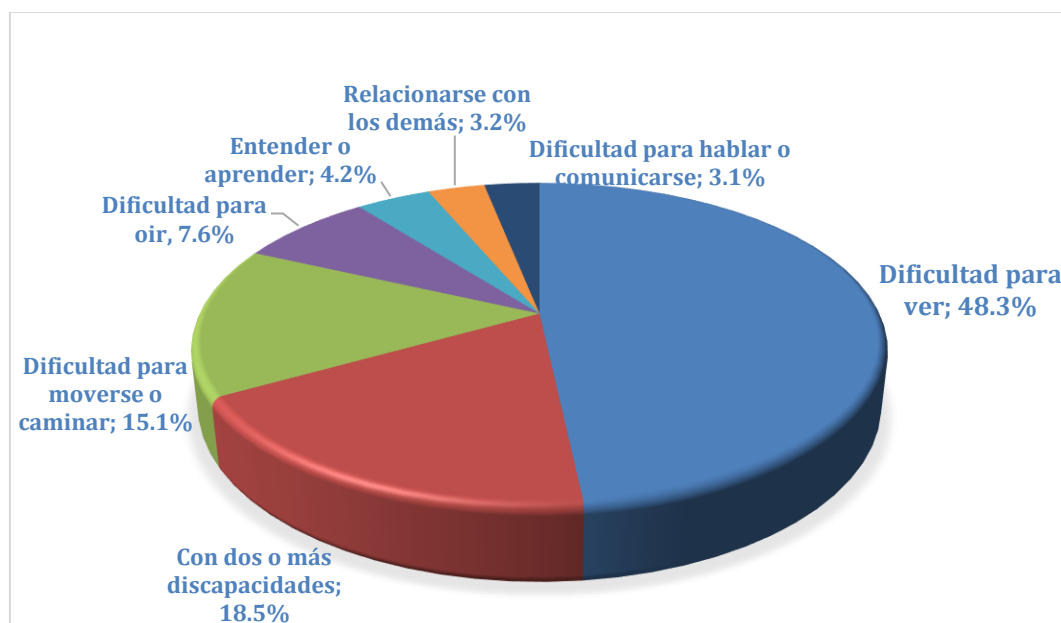


Figura 2.10. Población Censada con alguna discapacidad por tipo en el Perú

Fuente: INEI (2018)

Del gráfico anterior, se obtiene que 2 millones 487 mil 690 de peruanos (81.5%), son afectados por una sola discapacidad y 563 mil 922 (18.5%) por dos o más discapacidades. Asimismo, 1 millón 472 mil 583 (48.3 %) presentan dificultad para ver, 462 mil 60 (15.1%) para moverse o caminar y 232 mil 176 (7.6 %) para oír, entre otras. Finalmente, en Lima existen 1 millón 51 mil 564 personas con alguna discapacidad, de las cuales, 564 mil 252 (53.7 %) presentan dificultad para ver, 130 mil 683 (12.4%) dificultad para moverse o caminar y 74 mil 516 (7.1%) dificultad para oír (INEI, 2018).

2.4 Accesibilidad

El arquitecto Jaime Huerta indica que “todas las personas encontramos algún tipo de barrera que limita nuestras posibilidades de movimiento, de comunicación, o de acceso a información, etc. Sin embargo, las personas con discapacidad son las más afectadas por las barreras, al ver restringidas sus capacidades de integración y desarrollo social en condiciones de igualdad” (Huerta, 2007).

Según el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2017), una inadecuada accesibilidad en el entorno urbano, transporte, información y comunicación, impacta en una importante sector de personas con discapacidad.



Figura 2.11. Limitaciones de movilidad por la nula accesibilidad

Fuente: El Comercio (2016)

2.4.1 Diseño universal

El término diseño universal consiste en concebir el entorno de forma que pueda ser utilizado por el mayor número de personas, teniendo en cuenta la variedad de habilidades humanas, sin la necesidad de adaptaciones o de un diseño especializado. De esta manera, se simplifica la vida de los usuarios, independientemente de sus capacidades o características (Fundación Once & Fundación COAM, 2011).



Figura 2.12. Rampa incorporada a escalera, Londres

Fuente: Corporación Ciudad Accesible (2010)

Para lograr un adecuado diseño universal, se deben seguir recomendaciones, dimensiones, factores, entre otros, que garanticen zonas urbanas accesibles para la mayor cantidad de usuario.

2.4.1.1 Espacio requeridos para el desplazamiento

Las personas que utilizan muletas, bastones, sillas de ruedas, entre otros, necesitan mayores espacios para desplazarse. Por ello, para el diseño de elementos y espacios se debe tomar en cuenta las dimensiones necesarias que permitan al peatón, en la situación que se encuentre, desplazarse. Huerta, en su libro “Discapacidad y diseño accesible”, muestra la antropometría de las personas con movilidad reducidas y las dimensiones necesarias para que realicen giros y maniobras ante presencia de desniveles.

- **Giros**

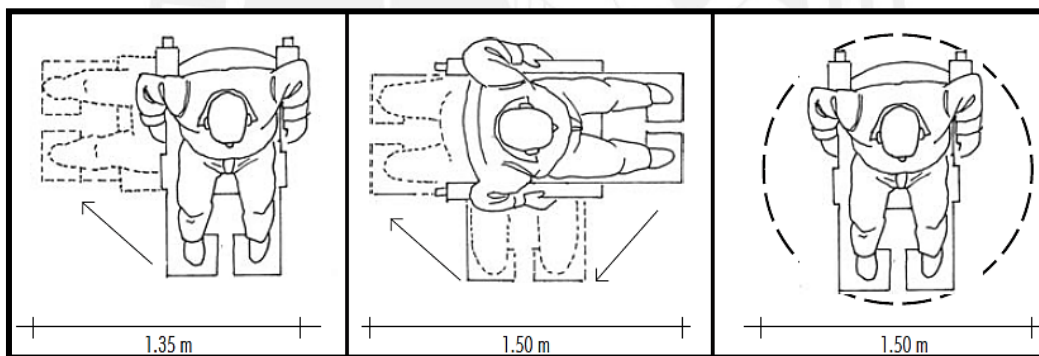


Figura 2.13. Maniobra de cambio de dirección sin desplazamiento

Fuente: Huerta (2007)

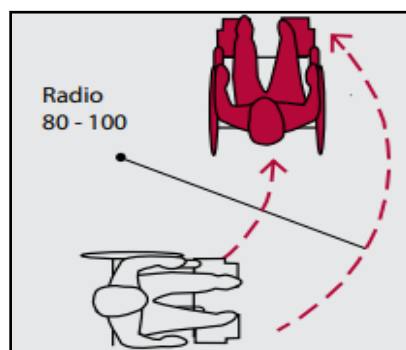


Figura 2.14. Maniobra de cambio de dirección en movimiento

Fuente: Corporación Ciudad Accesible (2010)

Desplazamiento

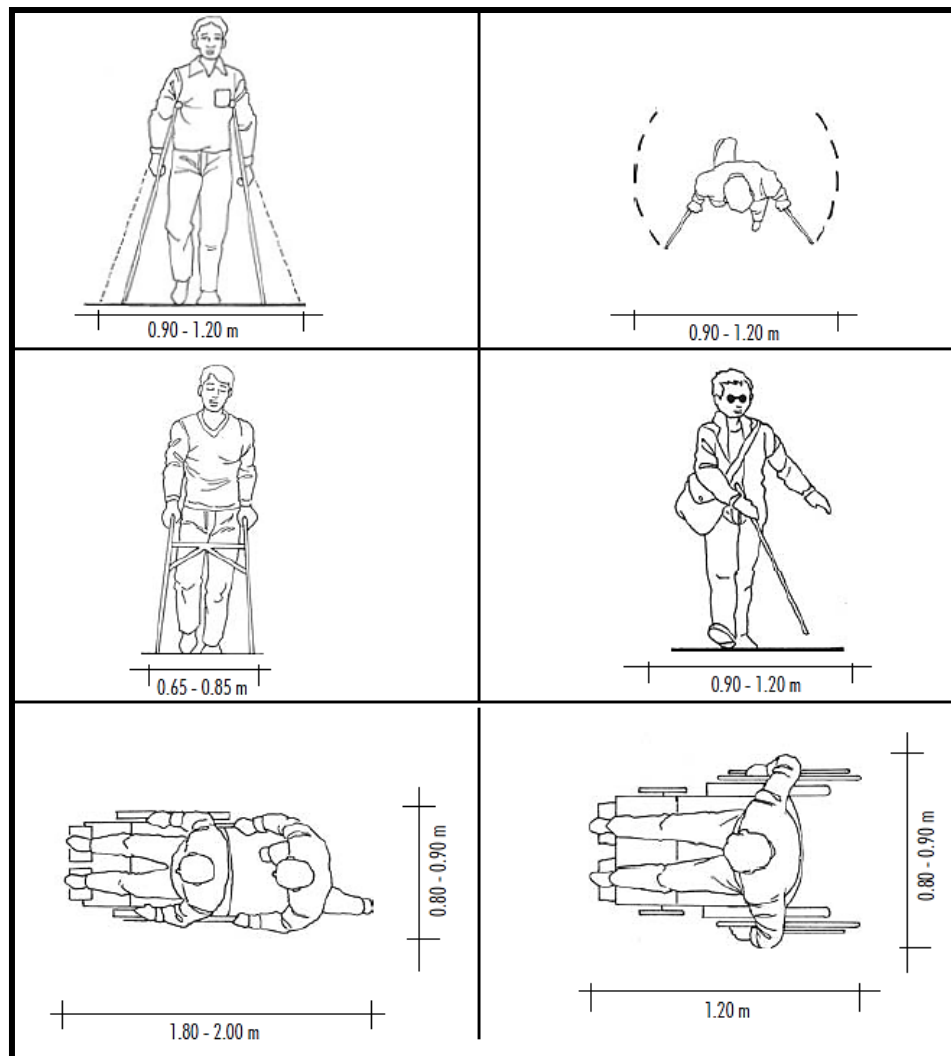


Figura 2.15. Espacios requeridos para personas con discapacidad ambulatoria

Fuente: Huerta (2007)

- **Desniveles**

De existir desniveles en las vías, se deberán colocar rampas con una pendiente recomendada de 12%

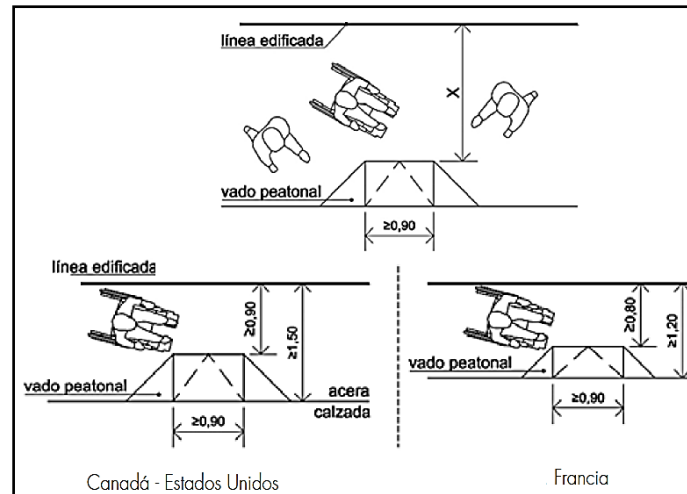


Figura 2.16. Distancias mínimas requeridas según EE.UU y Francia

Fuente: Ministerio de Vivienda del Gobierno de España (2010)

2.4.1.2 Accesibilidad en el espacio público

El espacio público permite al peatón desplazarse (calles, avenidas, etc.) y a la vez mantenerse en un lugar (parques, plazas, etc.). Debido a ello, debe cumplir los siguientes requerimientos de accesibilidad que se presentan a continuación (Fundación Once & Fundación COAM, 2011):

- Integrar el entorno urbano con los elementos arquitectónicos y de transporte, y así lograr que interactúen de manera neutral y coherente
- Minimizar los recorridos del peatón, manteniendo siempre su seguridad.
- Normalizar soluciones que se integren al diseño del entorno de forma accesible para cualquier persona.
- Planificar de forma clara y sencilla los flujos de circulación, tomando en consideración los puntos de conflicto.
- Tener presente las atenciones y futuros mantenimientos del entorno urbano.

Elementos de diseño urbano

A continuación, se presentan distintos elementos de diseño urbano que favorecen la accesibilidad en el espacio público (Huerta, 2007).

• Veredas

- Las veredas están destinadas a la circulación peatonal, así como a la colocación del mobiliario urbano, señalizaciones, árboles, etc.
- El ancho libre mínimo a considerar debe ser de 1.20 m. y debe presentar una altura libre de obstáculos de 2.10 m. como mínimo. Asimismo, la superficie debe ser estable y antideslizante.
- El mobiliario urbano se debe instalar de tal forma que no sea un obstáculo para el tránsito.
- La pendiente transversal de las veredas deberá tener un máximo del 2%.

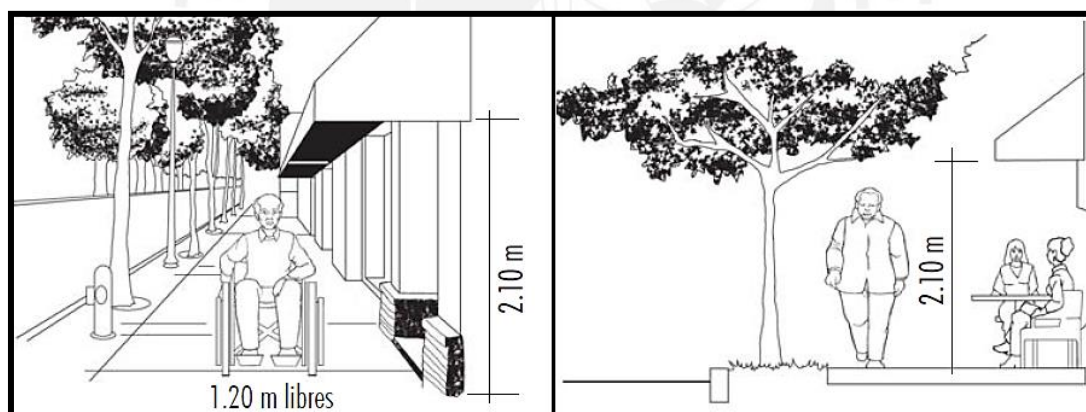


Figura 2.17. Ancho y altura libre de aceras

Fuente: Huerta (2007)

En la Tabla 6 se muestra algunas recomendaciones en el diseño de veredas propuestas por el Manual de Accesibilidad Universal de Chile (2010)

Tabla 6
Veredas

Veredas	
Franja de circulación	Franja de elementos
Se recomienda un ancho mínimo de 150 cm (permite el paso simultáneo de dos personas, una de ellas en silla de ruedas o un coche de niños).	Generalmente cercana a la calzada, de ancho variable, donde se instalarán las señales de tránsito, semáforos, paraderos, postes, etc. Debe existir una altura mínima de 210 cm libre de obstáculos (ramas de árbol, publicidad, toldos, etc.)
Anchos Mínimos	
Una vereda de 150 cm de ancho permite la circulación de una silla de ruedas y de una persona a la vez, ya que existe el espacio suficiente para girar en 360	Una vereda de 200 cm de ancho permite la circulación de dos sillas de ruedas o coches de niños a la vez, ya que existe el espacio suficiente para realizar giros
Materialidad	El pavimento de las zonas destinadas al uso peatonal debe ser estable, sin accidentes, liso, antideslizante tanto en seco como en mojado, sin rugosidades y sobre todo con un mantenimiento adecuado en el tiempo. Se debe utilizar una textura distinta para avisar cambios de sentido y nivel (en escaleras, rampas y cruces peatonales rebajados)
Pendiente transversal	La pendiente transversal no debe superar el 2%.

Fuente: Adaptado de Corporación Ciudad Accesible (2010)

• Rampas

Las condiciones para el diseño de rampas deben seguir los siguientes criterios (Huerta, 2007):

- Para diferencias de nivel de hasta 6 mm, pueden ser verticales y no requieren tratamiento en los bordes. Entre 6mm y 13 mm, los bordes deberán ser biselados con una pendiente no mayor a 1:2. Por último, los desniveles mayores a 13mm deben ser solucionados mediante rampas.
- El ancho libre será de 90 cm como mínimo y deberá mantener los siguientes rangos de pendientes máximas:

Diferencia de nivel de hasta 25 cm (12%)

Diferencia de nivel de 26 a 75 cm (10%)



Figura 2.18. Rampa con 3 pendientes

Fuente: CONADIS (2017)

- *Cruceros peatonales*

Los cruceros peatonales deberán estar libres de obstáculos y los desniveles deberán salvarse mediante rampas que coincidan en ubicación con el pase peatonal (Huerta, 2007) .

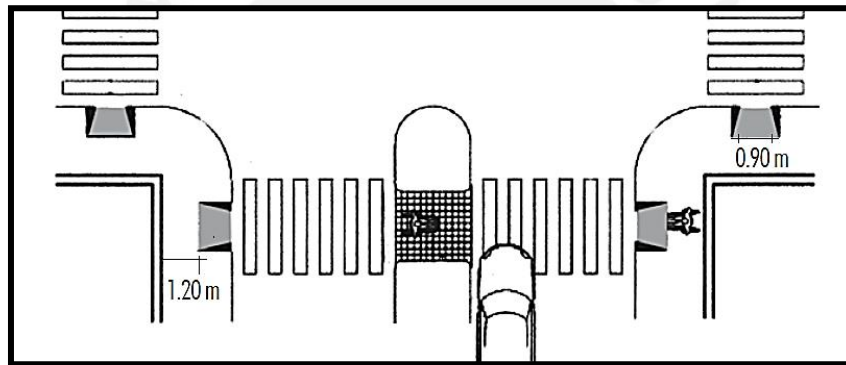


Figura 2.19. Cruce peatonal con rampas

Fuente: Huerta (2007)

En el caso de cruceros peatonales, el Manual de Accesibilidad Universal de Chile (2010) recomienda lo siguiente:

Tabla 7
Cruceros peatonales

Cruceros peatonales	
Los cruces peatonales se ubican preferentemente en las esquinas e intersecciones de calles.	
Los rebajes de vereda cumplen la función de salvar la diferencia de nivel entre la vereda y la calzada.	
El máximo de pendiente para un cruce peatonal es de un 8 a 12%.	
Ancho de rebaje	Los rebajes deben coincidir (en ubicación y ancho) con los pasos cebra o con las demarcaciones en la calzada para los cruces peatonales. El ancho mínimo a considerar para un rebaje de veredas corresponde al ancho del paso de cebra o a la demarcación en la calzada que enfrenta, o en su defecto a un ancho mínimo de 120 cm.
Diferencias de Nivel en cruces	La diferencia de nivel entre la vereda y la calzada en el rebaje de un cruce peatonal debe ser igual a cero. Cualquier desnivel entre la vereda, solera y calzada dificulta su uso y puede impedir el cruce a una persona con movilidad reducida.
	Vereda angosta Una vereda angosta debe bajar en todo su ancho al mismo nivel de la calzada para permitir un cruce expedito. Exige una franja de textura de alerta en todo su ancho para advertir a personas ciegas del comienzo del cruce.
Diseño y trazado	Vereda continua En calles donde se quiere privilegiar la circulación peatonal o bien se desee que la velocidad de circulación de los vehículos sea baja, se puede recurrir a elevar la cota de la calzada hasta la cota de la acera en todo el ancho del paso de peatones. Bandejón o Isla Refugio Debe tener como mínimo el mismo ancho que el paso de peatones y una profundidad mínima de 150 cm. Se hace necesario en estos sectores la instalación de franjas táctiles para dar seguridad en el cruce a personas ciegas. El espacio de espera debe mantener la altura de la calzada para no dificultar el cruce.
Materiales	El pavimento de los rebajes en cruces peatonales deberá ser antideslizante, diferenciado en color y textura del resto del pavimento de la acera, de manera que sea fácilmente detectado por personas ciegas o con deficiencias visuales.

Fuente: Adaptado de Corporación Ciudad Accesible (2010)

- ***Pisos podo táctiles***

Los pisos podo táctiles son guías que permiten crear rutas accesibles para personas con discapacidad visual. Según sus características, éstas indican avance o alerta, y se usan en

lugares donde se requiera advertir una situación de riesgo como bordes de cruces peatonales, inicio y final de las rampas (El Peruano, 2020).

La norma ISO 23599 indica que deben ser diseñados e instalados en base a un diseño simple lógico y consistente, que facilite los desplazamientos independientes de las personas ciegas o con visión reducida (ISO 23599; 2019)

Se pueden identificar dos tipos de señales (SafeCity, 2020)

- Señales de advertencia (STOP): En zonas de peligro
- Señales de Guiado (GO): Camino accesible



Figura 2.20. Pisos podotáctiles

Fuente: Signovial (2015)

- ***Señalización sonora***

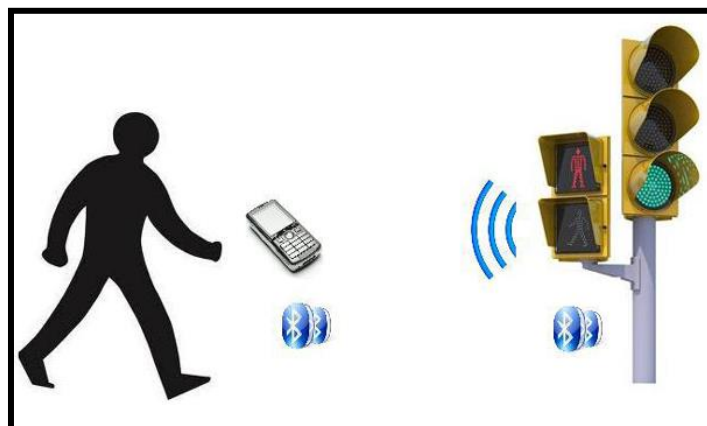
Según el libro “Accesibilidad para personas con ceguera y deficiencia visual” (ONCE, 2003), las señalizaciones sonoras deben ser utilizadas de manera moderada debido a los altos niveles de contaminación sonora de las calles y entornos urbanos. Estas señalizaciones se colocarán de forma alineada a lo largo de un recorrido para que su emisión facilite la movilidad y orientación de las personas con alguna limitación visual. En el entorno urbano las señalizaciones que se tiene son los semáforos sonoros:

Semáforos sonoros

Los semáforos sonoros producirán un sonido que cumple una doble función: servir de referencia a los usuarios de la distancia aproximada de la vereda frente a ellos y avisarles el momento al que puedan cruzar. Cuando el semáforo se encuentre en ciclo verde, emitirá un sonido que finalizará al terminar el ciclo verde. El tono deberá ser agradable y diferente a sonidos de su entorno.

Estos semáforos sonoros se accionan a voluntad del usuario mediante un sistema de activación (dispositivo) que llevarán consigo, también el dispositivo podrá emitir una señal para localizar semáforos sonoros.

Según la Asociación D.O.C.E, en Barcelona se mostró un dispositivo llamado Pasblue el cual es un semáforo sonoro que permite a las personas con alguna limitación visual cruzar las calles de forma autónoma y segura. Pasblue se activa con un dispositivo a distancia a través del Bluetooth del celular cada vez que el usuario lo necesite. Además, emite dos tonos: uno de inicio y otro de fin de paso para que el usuario sepa cuándo podría cruzar y cuándo va a terminar el ciclo verde peatonal. Así también, emite un sonido de orientación que sirve para que el usuario se pueda aproximar y ubicar en la zona de inicio de cruce (2015). En la siguiente figura se aprecia un gráfico de un usuario y el semáforo Pasblue.



*Figura 2.21. Semáforo sonoro Pasblue
Fuente: (Asociación D.O.C.E, 2015)*

Mobiliario urbano

Según la Norma Técnica de Edificaciones NTE A.060, el mobiliario urbano se define como el “conjunto de elementos ubicados en las vías y espacios públicos, tales como semáforos, postes de señalización y similares, carteles publicitarios, cabinas, teléfonos, bancas, papeleras, toldo, quioscos, paraderos de transporte urbano y cualquier otro de naturaleza análoga” (MIMDES & CONADIS, 2003).

El mobiliario urbano debe cumplir lo siguiente:

- Adecuada distribución que permita la accesibilidad y el uso por personas con discapacidad.
- Deberán permitir un paso peatonal de 1.20m de ancho mínimo libre de todo obstáculo.
- Solo pueden colocarse elementos salientes, adosados a las fachadas, cuando su parte más baja se ubique por encima de los 2m.

• **Quioscos**

Los quioscos no deberán obstaculizar la circulación peatonal, que debe tener un mínimo de 1.2 m libre (Figura 2.23). Asimismo, no deben entorpecer la visibilidad en las esquinas ni obstruir el ingreso a rampas o cruces peatonales (Huerta, 2007). Por último, cualquier elemento volado debe tener una altura mínima de 210 cm (Corporación Ciudad Accesible, 2010).



Figura 2.22. Quiosco en la vía pública

Fuente: Huerta (2007)

- **Paraderos**

- Deben ubicarse de manera que no obstaculicen el área de circulación peatonal (1.2 m libre de obstáculo).
- Los techos o coberturas que sobresalen no deben tener menos de 2.1m de altura.
- Deben tener fácil acceso desde cualquier lado.
- Si cuenta con paneles publicitarios, estos no deben obstaculizar la vía peatonal o la visibilidad de las esquinas u obstruir el ingreso a las rampas.

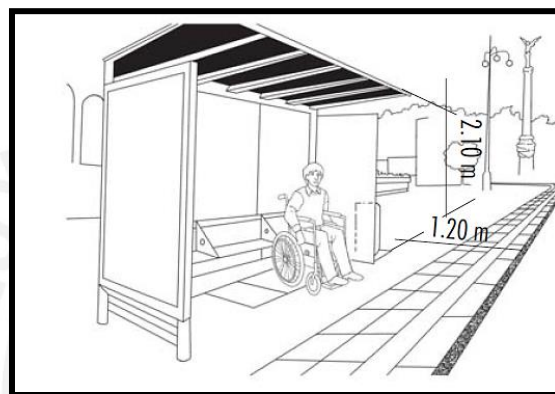


Figura 2.23. Paradero en vía pública

Fuente: Huerta (2007)

- **Semáforos y postes**

Los semáforos y postes no deben interrumpir el paso peatonal libre (1.2 m). Además, los tensores u otros elementos de soporte deben estar por lo menos a una altura de 2.1m para evitar accidentes (Huerta, 2007). La Tabla 9 presenta mayor información y recomendaciones para estos elementos.

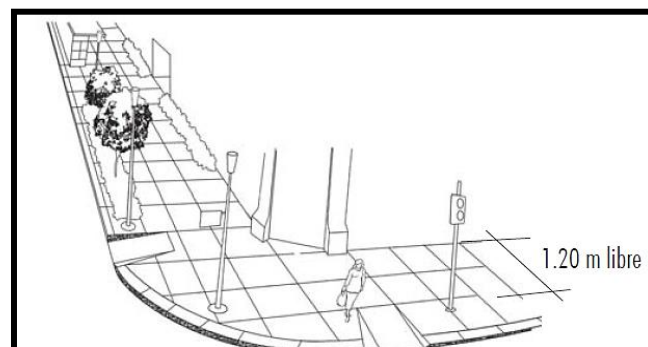


Figura 2.24. Elementos ubicados en la vereda

Fuente: Huerta (2007)

- **Papeleros o basureros**

Los papeleros o basureros no deben interrumpir el paso peatonal (1.2 m). La entrada de la papelería debe ubicarse por debajo de 80cm de altura para que sea accesible a las personas en silla de ruedas. Además, si el basurero está ubicado dentro de la zona de circulación peatonal, deberá llegar hasta el suelo, para ser detectado por una persona con discapacidad visual (Corporación Ciudad Accesible, 2010)

Tabla 8
Información y servicio público

Semáforos	Los semáforos se instalarán de manera que no interrumpan la circulación peatonal. Resulta importante considerar la regulación del tiempo de cruce, normalmente escaso para personas con movilidad reducida. En las vías de mayor flujo peatonal, se deberán dotar con señales auditivas para las personas con discapacidad visual.
Señales de tránsito y elementos verticales	Las señales de tránsito, como cualquier otro elemento vertical de señalización, deben ubicarse fuera del área de circulación de la vereda, los rebajes en los cruces peatonales y los circuitos para personas con discapacidad visual.
Paneles de información en vía pública	Cualquier elemento destinado a servir de soporte a carteles con fines informativos o publicitarios deberá situarse de manera que no interrumpa la banda libre de circulación. Además, la lectura de los mismos no deberá provocar interrupciones en la circulación. En función al ancho de la acera, la ubicación será paralela a la misma si la vereda es estrecha. Si se dispone de suficiente espacio, la ubicación será perpendicular a ésta. Deben evitarse los paneles volados que dejan pasar la parte inferior del bastón e impiden su detección por parte de personas ciegas. La altura máxima recomendable a la que debe ubicarse la información es de 160 cm y la mínima 75 cm, medidos desde el suelo

Fuente: Adaptado de Corporación Ciudad Accesible Chile (2010)

Factores para el diseño del mobiliario urbano

A continuación, se presentan los 4 factores que se deben de cumplir para lograr una accesibilidad universal en el diseño de mobiliario urbano. Para ello, se usó como referencia el documento técnico “Accesibilidad en los espacios públicos urbanizados” (Ministerio de vivienda, 2010).

- **Factor 1. Accesibilidad universal en el diseño del elemento**

Cada diseño de los elementos debe cumplir las especificaciones técnicas en cuanto a accesibilidad universal; es decir, debe cumplir los requerimientos y necesidades surgidas por las personas con alguna discapacidad, evitando el uso parcial o requerimiento de solo una dificultad o discapacidad.

Un diseño adecuado es aquel que pueda ser detectado por las personas con alguna dificultad; es decir, el perímetro del elemento debe detectarse con facilidad, para evitar imprevistos.

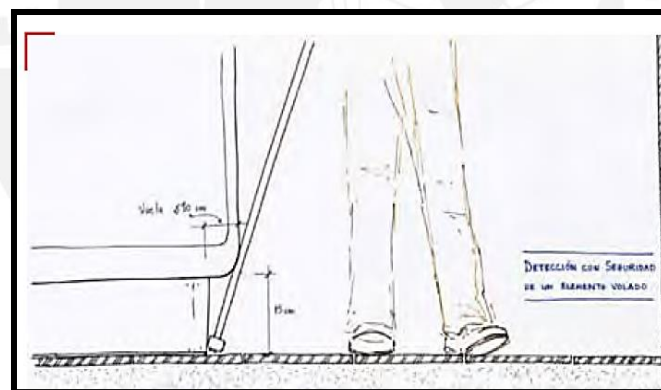


Figura 2.25. El mobiliario urbano debe ser detectado con facilidad

Fuente: Ministerio de Vivienda del Gobierno de España (2010)

- **Factor 2. Accesibilidad universal en la ubicación del elemento**

Este factor resulta de la interacción del elemento del factor 1 con el espacio público. La adecuada ubicación de los elementos surge de un análisis de ubicación o posibles ubicaciones, que dependen de las posibilidades de desplazamiento de los usuarios potenciales, independientemente de sus capacidades. Asimismo, la ubicación no significa

solo buscar el lugar adecuado sino también la manera cómo se llega a este analizando la accesibilidad de los recorridos.

Por ello, resulta importante estudiar los espacios de acercamiento y maniobra a los distintos elementos, ya que el objetivo consiste en crear un conjunto accesible y usable para todos los usuarios.

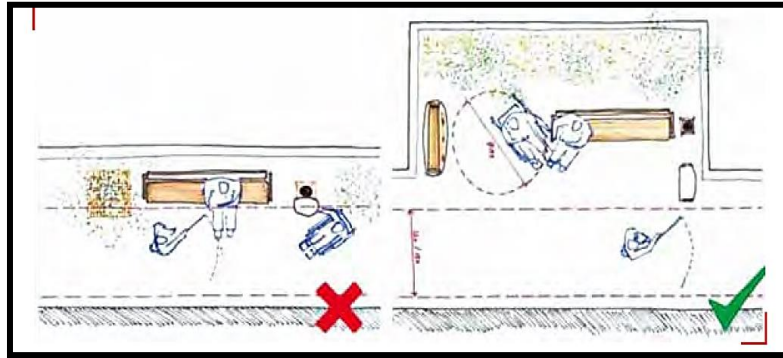


Figura 2.26. Crear espacios accesibles y usables para todos los usuarios

Fuente: Ministerio de Vivienda del Gobierno de España (2010)

- **Factor 3. Dotación de los elementos**

La dotación depende de un estudio de frecuencia del uso de cada tipo de elemento. Asimismo, intervienen factores como las características del espacio urbano, el uso de espacio, el clima, culturales y sociales, etc. Una dotación insuficiente genera una necesidad, por el contrario, una dotación excesiva genera la saturación del entorno urbano.

Por ello, el hecho de agrupar elementos mobiliarios urbanos resulta eficaz para organizar el espacio público y facilita la dotación de elementos.

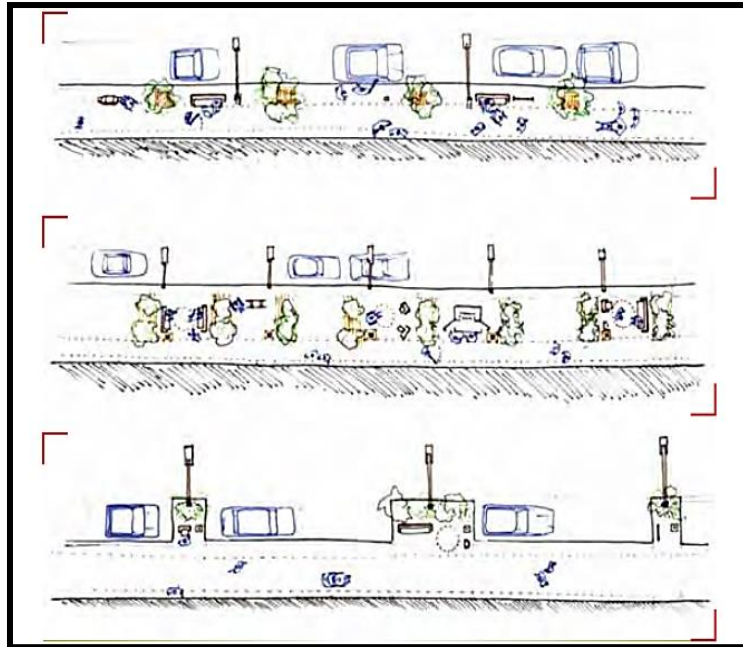


Figura 2.27. Diferentes posibilidades de agrupación y dotación de elementos urbanos

Fuente: Ministerio de Vivienda del Gobierno de España (2010)

- **Factor 4. Conservación, reparación y mantenimiento**

Los elementos del espacio público están expuestos a la intemperie, al mal uso, y al vandalismo, etc. Debido a ello, sufren daños y deben de tener un mantenimiento o ser reparados.

Para lograr un buen mantenimiento, en primer lugar, se debe iniciar partiendo desde un diseño apropiado, robusto y antivandálico. Asimismo, se debe verificar que los elementos sean de fácil reposición, es decir, que sean fáciles de reparar o en su defecto fáciles de sustituir si fuera necesario.

2.5 Vissim

Vissim es un software de tecnología alemana para la simulación de tráfico. Permite simular interacciones complejas de vehículos de forma realista a nivel microscópico (PTV GROUP, 2020a).

La simulación es microscópica, estocástica y consiste en dos programas separados: el modelo de flujo de tráfico y el modelo de control de señales. Primero, Vissim envía segundo por

segundos valores del detector al controlador de señales, este usa estos valores y decide los aspectos de la señal. Posteriormente, Vissim recibe estos aspectos y empieza la siguiente iteración del flujo de tráfico. Finalmente, como resultado se obtiene una animación 3D del flujo de tráfico y reportes de demoras, tiempos de viajes, colas, etc.

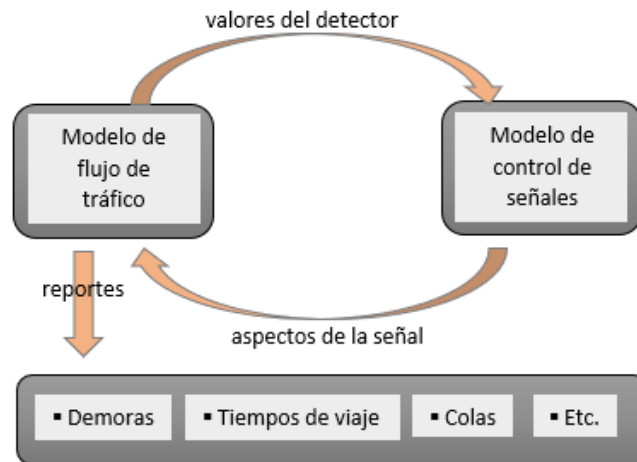


Figura 2.28. Proceso de simulación de tráfico

Fuente: Adaptado de (Fellendorf, 1994)

2.5.1 Características

Entre las características principales del software se destaca las siguientes (PTV GROUP, 2020a):

- Es multimodal, ya que puede representar líneas de transporte público, automóviles, bicicletas, etc.
- Se adapta muy fácilmente a distintos escenarios hipotéticos. No solo representa todos los medios de transporte, sino que también simula sus interacciones y permite reproducir las condiciones y características locales.
- Ofrece una configuración rápida y sencilla pues no requiere ningún tipo de programación. Así también, permite interactuar con aplicaciones externas sin mayor complicación.
- El entorno es atractivo y realista. Por medio de la tecnología de realidad virtual crea modelos

únicos. Asimismo, permite una interacción inmersiva con todos los demás agentes en una simulación de tráfico dentro del contexto de representación en un flujo de tráfico realista.

2.5.2 Modelo de seguimiento de Wiedemann

Los modelos de seguimiento vehicular tienen un papel importante en la descripción del comportamiento individual de los conductores. Estos examinan la manera en la que un vehículo sigue a otro en un mismo carril (Lazar, 2019). Vissim usa el modelo psicofísico de Wiedemann, basado en los umbrales de percepción. Básicamente, consiste en que el elemento vehículo-conductor (DVE_j) más veloz empieza a desacelerar una vez que alcanza su umbral de percepción individual hacia otro DVE más lento. Debido a que este no sabe exactamente la velocidad del DVE más lento, su velocidad desciende por debajo de dicho DVE hasta que vuelve a acelerar luego de alcanzar otro umbral de percepción. Así, resulta un proceso iterativo de aceleración y desaceleración (Fellendorf, 1994).

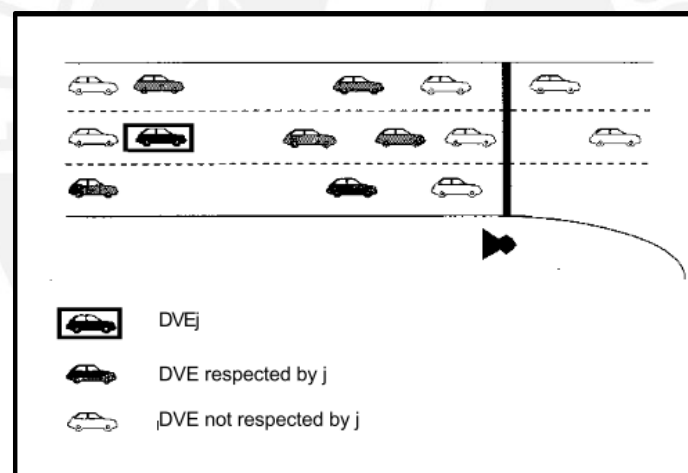


Figura 2.29. Modelo de seguimiento de Wiedemann.

Fuente: Fellendorf (1994)

El comportamiento del conductor al reconocer las diferencias de velocidad y el riesgo individual se modelan agregando valores aleatorios a cada uno de los parámetros correspondientes al modelo actualizado de Wiedemann (Barcelo, 2010):

- **A_x**: Distancia deseada entre los frentes de dos vehículos sucesivos detenidos
- **A_{b_x}**: Distancia de seguimiento mínima deseada que es una función de a_x

- **Sdv**: Punto de acción donde un conductor observa concientemente que se acerca un vehículo más lento. Sdv aumenta a media que aumentan las diferencias de velocidades. En la versión original de Wiedemann(1974) se aplica además un umbral cldv para modelar la desaceleración adicional usando frenos con una variación mayor a la de sdv.
- **Opdv**: Punto de acción donde el siguiente conductor se da cuenta que es más lento que el vehículo que lidera y empieza a acelerar de nuevo.

2.5.3 Aplicaciones

Vissim es una herramienta útil y con una gran variedad de aplicaciones para la planificación de tráfico y transporte (PTV GROUP, 2020a). Entre ellas se tiene:

- Simulación digital. – Identificar y comprender los problemas de congestión y así encontrar soluciones óptimas antes de su implementación
- Detectar, planificar y controlar. – Maximizar la capacidad de una infraestructura
- Evaluación y optimización de la operación del tráfico en la red vial
- Replicar distintos sistemas de gestión del tránsito tanto en autopistas como en entornos urbanos para aumentar y mantener capacidad de transporte
- Comparación de alternativas de diseño de forma económica y eficiente
- Desarrollo y evaluación de diferentes diseños de cruces y optimización de señalamientos

2.6 Viswalk

Viswalk es una herramienta de planificación que puede representar distintos escenarios y simular patrones de comportamiento e interacción entre peatones, incluso entre todos los modos de transporte (PTV GROUP VISWALK, 2020). Además, ayuda a evitar cuellos de botella y elimina posibles barreras espaciales al planificar nuevos edificios y evaluar la condición actual del espacio existente.

2.6.1 Características

Entre las características principales del software se tiene (PTV GROUP, 2020b):

- Reproduce y analiza de forma realista el comportamiento humano
- Simulación en entornos 3D haciéndolo más atractivo e inmersivo.
- Posee una gran capacidad de planificación

2.6.2 Modelo de la fuerza social

Viswalk está basado en el modelo de la fuerza social desarrollado por el profesor Helbing (PTV GROUP, 2020b). Entre los modelos de flujo peatonal, el modelo de la fuerza social es uno de los más generalizados y compatibles con distintos escenarios de simulación (Chen et al., 2018). A diferencia de los vehículos, los peatones no siguen un patrón de comportamiento. Esto hace más complejo una solución que tome en cuenta la psicología de la marcha humana para cualquier ubicación o situación (PTV GROUP, 2020b). En ese sentido, el modelo trata el impulso elemental del movimiento con fuerzas similares a la física Newtoniana. Es decir, desde fuerzas sociales, psicológicas y físicas, debido a una intención del peatón de llegar a su destino, resulta una fuerza total con la que se obtiene el parámetro de la aceleración (PTV Planung Transport Verkehr AG, 2012).

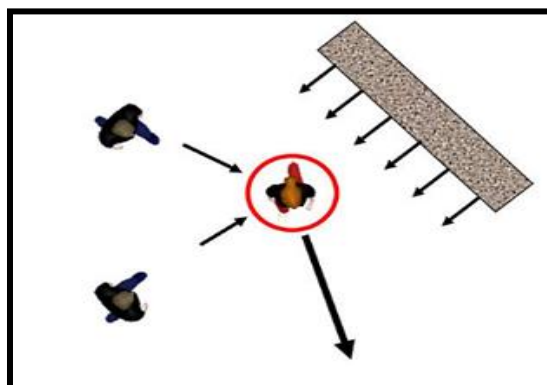


Figura 2.30. Modelo de la fuerza social.

Fuente: PTV GROUP (2020b)

2.6.3 Aplicaciones

Viswalk tiene un amplio campo de aplicaciones, y tiene como objetos de estudio aeropuertos, eventos, estaciones, edificios, estadios. Además, entre las principales aplicaciones se tiene (PTV GROUP, 2020b):

- Planificación urbana y desarrollos de construcción.
- Planificación de la seguridad de peatones como las medidas de emergencia y evacuación.
- Planificación integrada del transporte.



Figura 2.31. Áreas de aplicación de Viswalk.

Fuente: PTV GROUP (2020b)

Ejemplos:

- Modelación de rutas de escape y escenarios de evacuación en edificios de gran altura.
- Analizar el peligro y planificar el flujo de entrada y salida en edificios.
- Simular operaciones diarias en ubicaciones de alto tráfico como estaciones de ferrocarriles o aeropuertos.
- Simular la circulación en un evento

CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA

La presente metodología está definida en un proceso de seis fases que permitió cumplir los objetivos planteados en un inicio. Como todo proyecto, se empieza con la observación, la cual es un paso importante para la identificación del problema en el escenario en estudio. Luego, se procedió a realizar la toma de datos en campo que fueron posteriormente analizados y procesados. Una vez obtenidos los datos verificados en el análisis se ingresaron al programa Vissim 8 para el desarrollo del modelo del escenario actual. Para ello se tuvo en cuenta el proceso de microsimulación basado en la Administración Federal de Carretera (FHWA por sus siglas en inglés). De acuerdo a los resultados obtenidos en los pasos anteriores, se plantearon propuestas que permitieron mejorar las deficiencias en cuanto a circulación y accesibilidad. El siguiente paso fue desarrollar estas alternativas en el programa que permitió, con los resultados arrojados, evaluar si las mejoras cumplían con los objetivos planteados. Finalmente, se desarrolló un reporte final en la que se resumió el proceso antes descrito y los resultados obtenidos del proyecto.

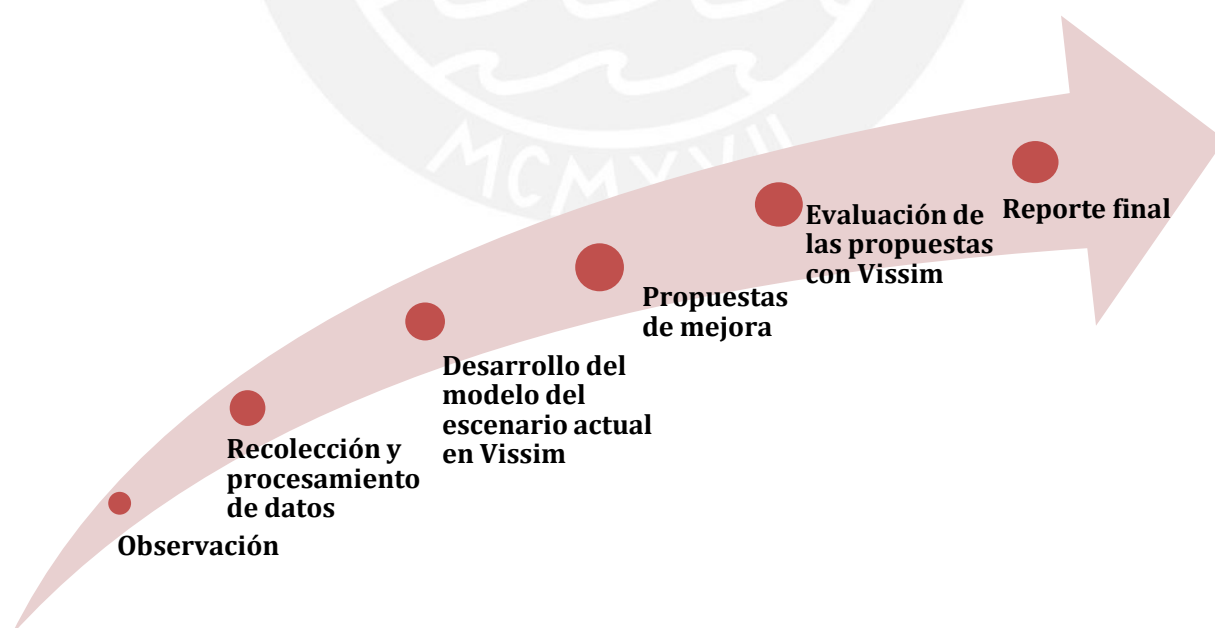


Figura 3.1. Etapas de la metodología.

Fuente: Elaboración Propia

El proceso completo desarrollado se encuentra en el flujograma de la Figura 3.2, donde se ha establecido la estructura y conexión entre las distintas etapas del desarrollo.

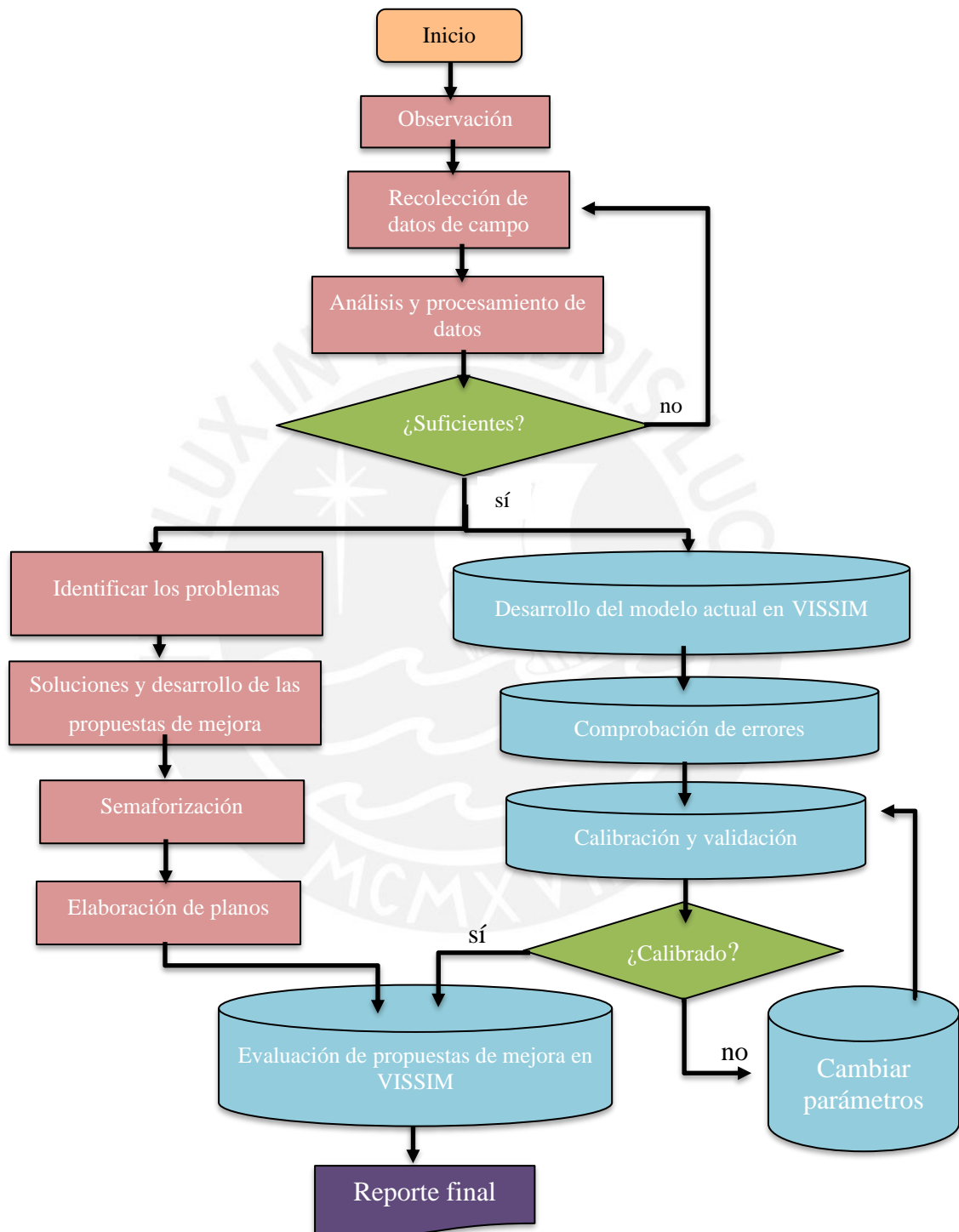


Figura 3.2. Flujograma de metodología.

Fuente: Elaboración Propia

3.1 Observación

Para conocer el escenario en cuestión y poder identificar las posibles deficiencias, es importante empezar con la observación. Para ello, se empleó una lista de chequeo como la Tabla 9, que fue adaptada de Cabrera (2019), en la que se puede identificar si la zona cumple o no con los criterios que se especifican en ella. De esta manera, se obtuvo un conocimiento de manera general de la situación actual de la intersección. Asimismo, se tuvo un registro fotográfico que complementó la información. Con los datos adquiridos se pudo tener un enfoque más claro del escenario para la recolección de datos.

Tabla 9
Lista de chequeo de la intersección

ASPECTOS Y CRITERIOS	¿CUMPLE?	COMENTARIO
Diseño y estado de elementos viales		
¿Todos los cruces presentan rampa?	Sí	
¿La orientación de las rampas es adecuada?	No	En el cruce de la av. Húsares de Junín, estas no siguen una orientación recta hacia el cruce
¿Las superficies de aceras o vías peatonales presentan protuberancias, son ásperas o tienen podo táctiles?	No	Ninguna presenta superficie podo táctil.
¿Existe desnivel entre la acera y la calzada?	Sí	
¿La calzada está pavimentada y es claro el mensaje del diseño de la vía?	Sí	Requiere mantenimiento
¿Se pueden diferenciar la entrada a los pasajes de las intersecciones?	Sí	
¿Las aceras se encuentran en buen estado y están libres de basura?	No	Las aceras requieren mantenimiento. Están libres de basura.
¿Las rampas se encuentran en buen estado?	No	Requieren mantenimiento.
¿Se observan personas sin autonomía circulando por la calzada?	Sí	
Obstáculos en las aceras y otras vías peatonales		
¿Se observan obstáculos a nivel de la acera, o vía peatonal, como postes de luz, autos estacionados, tapas de buzones, etc.?	Sí	Kioskos, teléfono público
¿Se observan buzones sin tapa?	No	

Continuación tabla 9

¿Se observan obstáculos elevados sobre la acera o vía peatonal como puertas de garajes, ramas de árboles, ventanas abiertas, tubos de quioscos, etc.?	No	
¿Los obstáculos se encuentran en los bordes de las aceras (junto a la calzada o a las edificaciones)?	Sí	Postes, semáforos
Sentidos humanos y navegación		
¿La magnitud del flujo peatonal (peatones/min/m) puede afectar a las personas sin autonomía?	Sí	En los paraderos
¿La iluminación nocturna es adecuada?	Sí	
¿Es excesiva la cantidad de información que se debe procesar para cruzar las calles?	No	
¿Se observan dispositivos que brinden información a las personas sin autonomía que no esté visualmente orientada?	No	
Gestión de tránsito		
¿Los semáforos tienen tiempos y fases adecuadas para las personas sin autonomía?	Sí	
¿Las señales de tránsito se encuentran iluminadas adecuadamente de noche?	Sí	
¿La altura de las señales es adecuada para las personas sin autonomía?	--	
Seguridad vial y ciudadana		
¿Los vehículos al girar a la derecha e izquierda ceden el paso a los peatones?	No	
¿El nivel de tráfico vehicular intimida a las personas sin autonomía?	Sí	En especial el tráfico peatonal
¿En la zona se producen accidentes donde se involucran personas sin autonomía?	--	

Fuente: Adaptado de Cabrera (2019)

El proceso de observación consistió en realizar un reconocimiento del lugar e identificar problemas y deficiencias. Este proceso tuvo lugar el día lunes 10 de agosto. Asimismo, dadas las circunstancias debido a la pandemia, se tomaron las consideraciones del caso respetando siempre los protocolos de seguridad. Por otro lado, las herramientas usadas fueron los siguientes: un plano de la intersección donde se anotó detalles y problemas identificados por

simple inspección; la lista de chequeo en la que además se realizó breves comentarios de acuerdo a lo observado y una cámara que permitió realizar un registro fotográfico que complementa la información. Es así que se pudo identificar las siguientes situaciones en el lugar de estudio:

- Varias zonas de la calzada se encontraban en mal estado, con presencia de grietas y desperfectos (Figura 3.3.)
- Rampas ubicadas en las esquinas con presencia de grietas y protuberancias. La rampa ubicada en la esquina de la av. Brasil con Húsares de Junín no seguía una dirección perpendicular al cruce. Asimismo, dado que se encontraba en la esquina de la curva, la rampa tenía un lado más corto que el otro lo que puede dificultar a una persona en silla de ruedas (Figura 3.4).
- Uno de los tramos a nivel de calzada ubicados en la mediana de la av. Brasil tenía un ancho de 0.95 m. lo cual no cumple con el ancho mínimo para que una persona en silla de ruedas pueda circular (Figura 3.5).
- Se identificó varios obstáculos en la vereda, como la presencia de quioscos de comercio y teléfonos públicos que dificultan la circulación peatonal (Figura 3.6).
- A pesar del escenario de pandemia actual se notó la presencia de niños, personas con discapacidad motriz y, sobre todo, adultos mayores transitando por la intersección (Figura 3.7).
- Presencia de vehículos no autorizados como mototaxis, carretillas motorizadas y camiones. Por ejemplo, en la figura 3.8 se puede apreciar como un camión gira en dirección a la av. Húsares de Junín cuando el semáforo marcaba verde para peatones. Un anciano que cruzaba tuvo que avanzar rápido al ver que el camión se acercaba (Figura 3.8).



Figura 3.3. Calzada en mal estado.

Fuente: Fotografía Propia.



Figura 3.4. Rampas con grietas y de material inadecuado.

Fuente: Fotografía Propia



Figura 3.5. Ancho inadecuado para el paso una silla de ruedas.

Fuente: Fotografía Propia



Figura 3.6. Obstáculos en la acera.

Fuente: Fotografía Propia



Figura 3.7. Peatones transitando en la intersección.

Fuente: Fotografía Propia



Figura 3.8. Presencia de vehículos no permitidos.

Fuente: Fotografía Propia.

3.2 Recolección y análisis de datos

La recolección de datos es uno de los pasos más importantes del siguiente estudio ya que este influye directamente en los resultados finales que se tendrá.

El análisis que se realizó depende tanto de la cantidad como la calidad de los datos disponibles. Es decir, si la cantidad de datos disponibles no respalda de manera adecuada los objetivos y el alcance del proyecto, entonces se tendrá que redefinir estos últimos para que estén lo suficientemente respaldados por los datos (Wunderlich et al., 2019).

- **Instrumentos a utilizar**

Dada las circunstancias de la coyuntura actual, se tomó las medidas necesarias para la seguridad del proceso. Para una recolección de datos más precisa y eficiente se contrató un servicio de filmación con dron que permitió captar todos los detalles y datos necesarios para el desarrollo del modelo. Asimismo, se dispuso de una cámara y un cronómetro para complementar la toma de datos.

- **Datos a tomar**

Se requirió la recolección de los siguientes datos que fueron posteriormente procesados para el desarrollo del modelo en el programa.

- **Geometría del camino.** - Los datos geométricos necesarios para el modelo son el ancho de carril, longitudes, radios de giro, ancho de vereda, medianas, estacionamientos, rampas etc.
- **Controles de tráfico.** - Se obtendrá la ubicación de los dispositivos de control de tránsito como la señalización vertical y horizontal, y la semaforización.

- **Demanda.** - Los datos necesarios de demanda de viaje consisten en volúmenes de entrada vehicular y peatonal.
- **Composición vehicular.** – Se calcularon las dimensiones de vehículo, así como los porcentajes de tipos de vehículos (buses, combis, autos, motos, etc.) que circulan en la intersección.
- **Datos para la calibración y validación:**

Para la calibración se emplean distintos parámetros como longitudes de cola, tiempos de viaje, demoras, etc. Para determinar si el modelo puede representar las condiciones de tráfico observadas se decidió usar el parámetro tiempos de viaje. Este parámetro se usó tanto para la calibración como la validación. De esta manera, la recolección de datos se realizó en dos días distintos por un periodo de 30 minutos.

- Fecha de recolección de datos para calibración: jueves 24 de setiembre – 9 a.m.
- Fecha de recolección de datos para validación: miércoles 07 de octubre- 9:30 a.m.

3.3 Desarrollo del modelo base

A partir de una foto obtenida de un registro satelital (Figura 3.9) obtenido mediante el empleo de un drone, se obtuvo la geometría de la intersección. En el programa Vissim 8 se escaló la fotografía y se definió la geometría como links, conectores, áreas, etc. teniendo en cuenta los datos obtenidos en el paso anterior como los anchos de vía, radios de esquina y número de carriles. Posteriormente, se ingresaron los datos de volúmenes de flujo tanto vehiculares como peatonales, así como también las señalizaciones y semaforización.

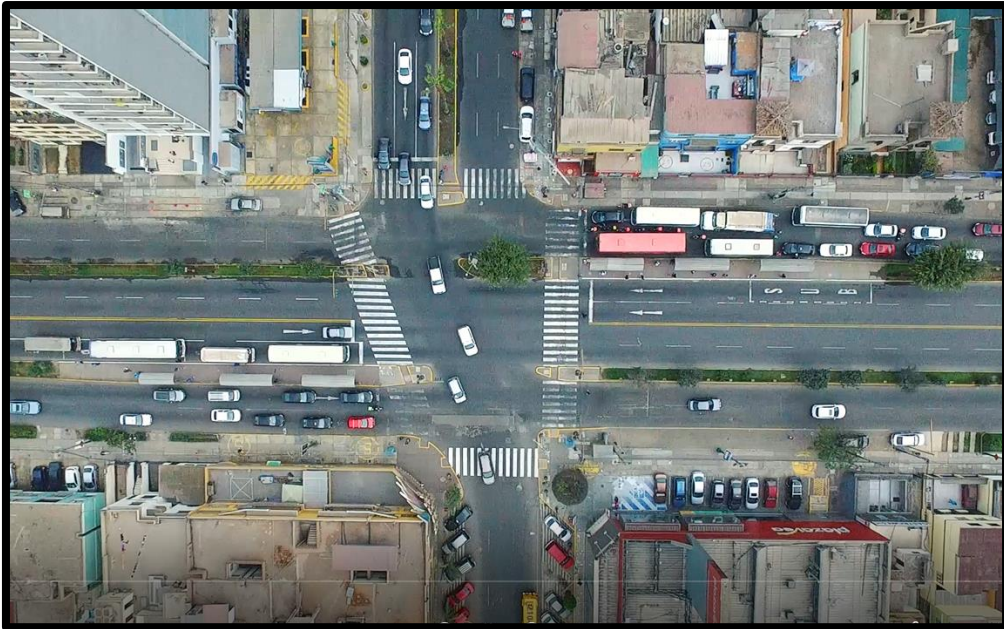


Figura 3.9. Foto de la intersección.

Fuente: Fotografía Propia



Figura 3.10. Datos de entrada.

Fuente: Elaboración Propia

3.4 Comprobación de errores

Se procedió a verificar todos los datos ingresados en el programa; es decir, los datos geométricos, datos de control de tráfico y los datos de demanda. Asimismo, se verificó a detalle

en la animación que no existan interferencias o anomalías en la simulación. Este punto es muy importante, ya que es decisivo para continuar con la calibración. Por ello, se realizó la verificación con mucho detalle y así se tuvo un modelo de trabajo.

3.5 Calibración y validación

La calibración es un proceso iterativo que consiste en ajustar parámetros para que lo que se obtenga en el programa se asemeje a los datos obtenidos en campo. En ese sentido, la calibración es necesaria porque no hay un modelo único se puede esperar que sea igualmente preciso para todas las posibles condiciones de tráfico (Wunderlich et al., 2019).

Para la calibración se empezó primero con un número de corridas igual a 15. Posteriormente, se determinó a partir de los resultados obtenidos de la simulación si este número de corridas cumplía con la precisión y margen de error dado. Para ello, se consideró un 95% de confiabilidad y un margen de error del 10%.

Se asumió que los datos siguen una distribución normal o ‘t student’ y se empleó la siguiente fórmula para el cálculo.

$$N \geq [(t_{\alpha}) * \frac{S}{E}]^2$$

Donde,

N= número de corridas

S= desviación estándar

E= margen de error

Para la calibración se tuvo como parámetro representativo los tiempos de viaje. Para ello, se realizó un análisis estadístico mediante randomization test por diferencia de medias entre los datos de campo y los resultados obtenidos del programa. Con ayuda de la página online Statkey se procedió a realizar el análisis considerando el 95% de confiabilidad y a dos colas. El modelo

se encontró calibrado cuando la diferencia de medias se encontraba dentro del rango de calibración. Asimismo, para la validación se empleó el mismo parámetro usado para la calibración. Para ello, también se debió tener su propio juego de datos tomados un día distinto al de la calibración.

3.6 Propuestas de mejora

Se desarrolló las propuestas de mejora a partir del análisis de datos previo en las que se identificó las deficiencias que presenta la intersección en cuestión. Se planteó soluciones teniendo en cuenta las guías, manuales y normas que se encuentran en la revisión de la literatura. Se desarrolló una propuesta a partir de la elaboración de un plano usando el programa AutoCAD con los cambios respectivos de acuerdo al análisis realizado. Asimismo, se modeló los escenarios en 3D usando el programa SketchUp, que permitió posteriormente tener una visión clara de los cambios propuestos. Entre las propuestas de mejora también se evaluó la semaforización que permitiría cumplir con los objetivos planteados.

3.7 Evaluación de propuestas con Vissim

Con el modelo ya calibrado y validado, se procedió a implementar las propuestas de mejora. Se analizó el modelo mediante randomization test por diferencia de medias con una cola. De los resultados obtenidos se determinó si la propuesta tenía resultados óptimos con respecto al escenario actual. En ese sentido, el análisis comprende todos los aspectos ya mencionados. Finalmente se realizó un reporte resumido de los resultados obtenidos y proceso para llegar a ello.

CAPÍTULO 4: RECOLECCIÓN Y PROCESAMIENTO DE DATOS DE CAMPO

4.1 Datos para el desarrollo del modelo base

4.1.1 Geometría de la zona

Se definió la geometría de la zona a partir de una fotografía obtenida con un dron, la cual fue escalada a partir de un tramo de referencia. Posteriormente, se procedió a realizar el plano de la intersección en el programa AutoCad y se ubicaron todos los elementos y mobiliario urbano. Asimismo, se le agregó una leyenda y su ciclo de semaforización. El plano se encuentra adjunto en los anexos del presente documento (VER ANEXO 05).

A continuación, se presentan las dimensiones de los elementos que definen la geometría de la intersección.

- **Dimensiones de carriles**

La Tabla 11 muestra los anchos de carriles de las avenidas principales y secundarias que son parte de la intersección en estudio. Cabe resaltar que la avenida Brasil cuenta con dos carriles por cada dirección mientras que el tramo de la avenida Bolívar y Húsares de Junín cuentan con 3 carriles.

Tabla 10
Anchos de carriles

Avenida	Ancho de cada carril (m)
Av. Brasil - carriles principales	3
Av. Brasil - carriles secundarios (1) – Al lado de Plaza Vea	3.3
Av. Brasil - carriles secundarios (2) - Al lado de la farmacia “Mi Farma”	3.3
Av. Húsares de Junín	3.5
Av Bolívar	2.9

Fuente: Elaboración Propia

- Dimensiones de medianas y veredas

La Figura 4.1 muestra los anchos en metros de las veredas y medianas en distintos puntos de la intersección.

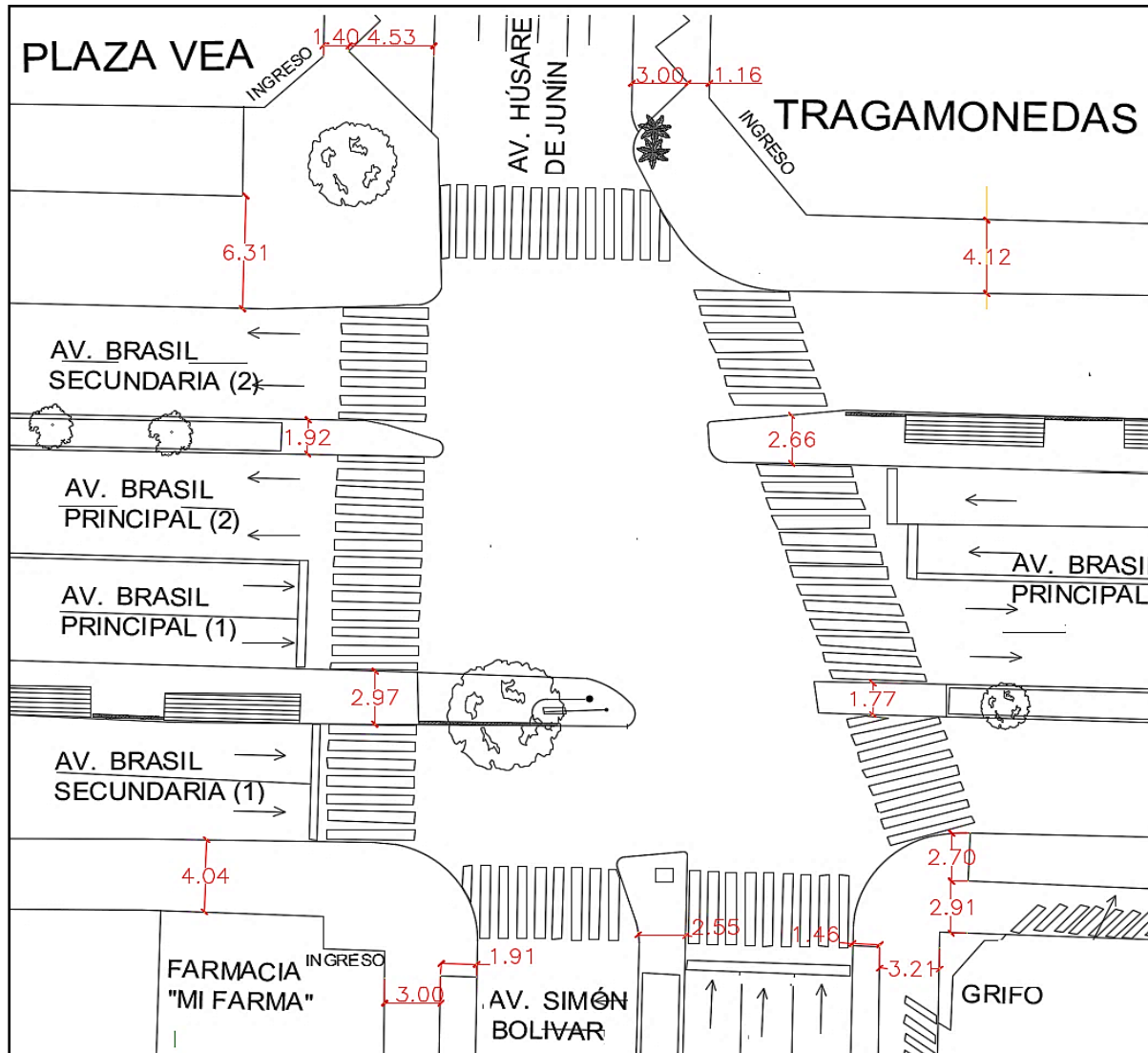


Figura 4.1. Anchos de vereda, medidas en metros

Fuente: Elaboración Propia

- Dimensiones de las rampas y pases peatonales

La Figura 4.2 muestra la nomenclatura adoptada para las distintas rampas y pases en las medianas encontradas en la zona. Los detalles de las dimensiones obtenidas se encuentran en la Figura 4.3 y Figura 4.4:

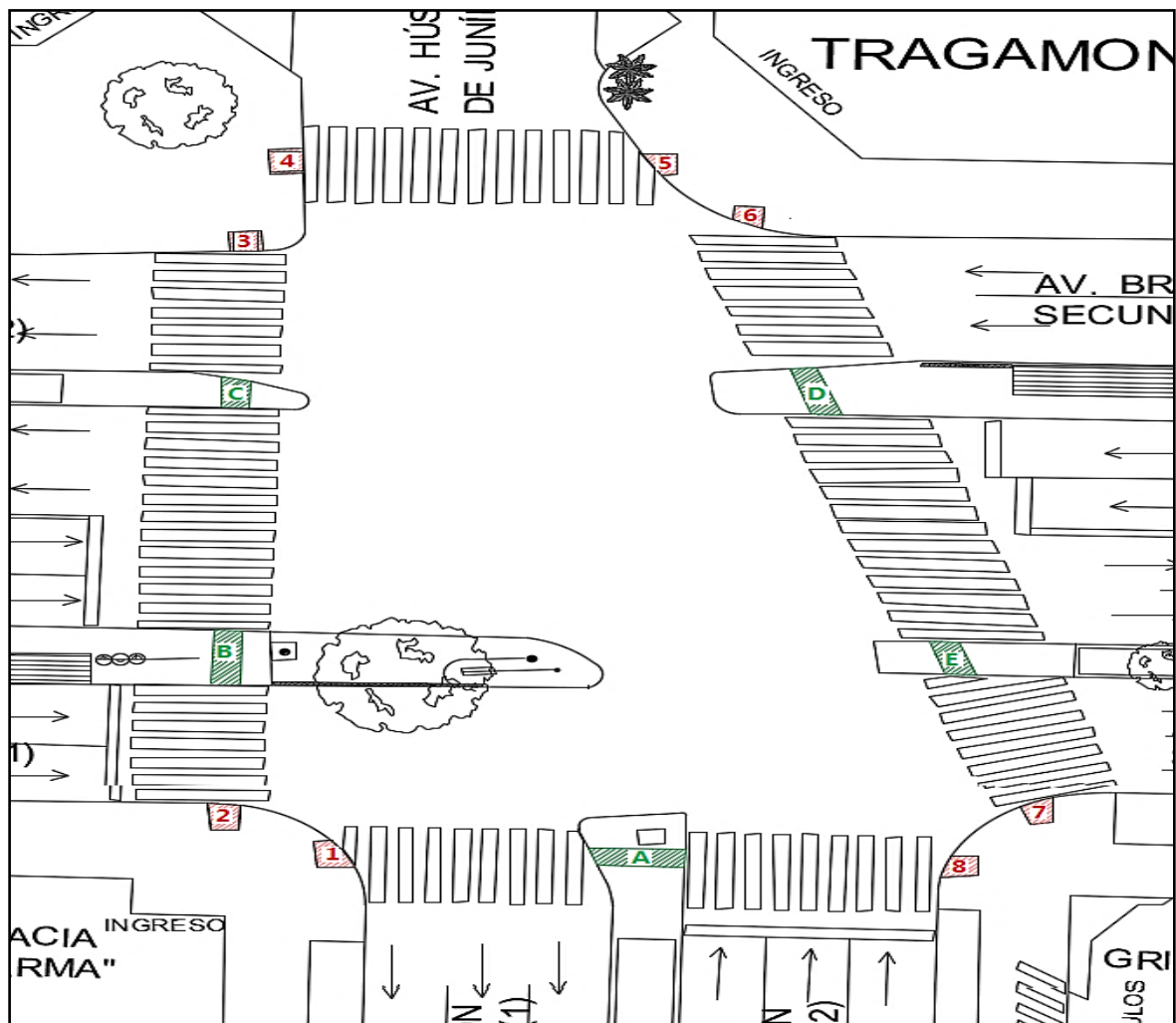


Figura 4.2. Rampas y pases peatonales

Fuente: Elaboración Propia

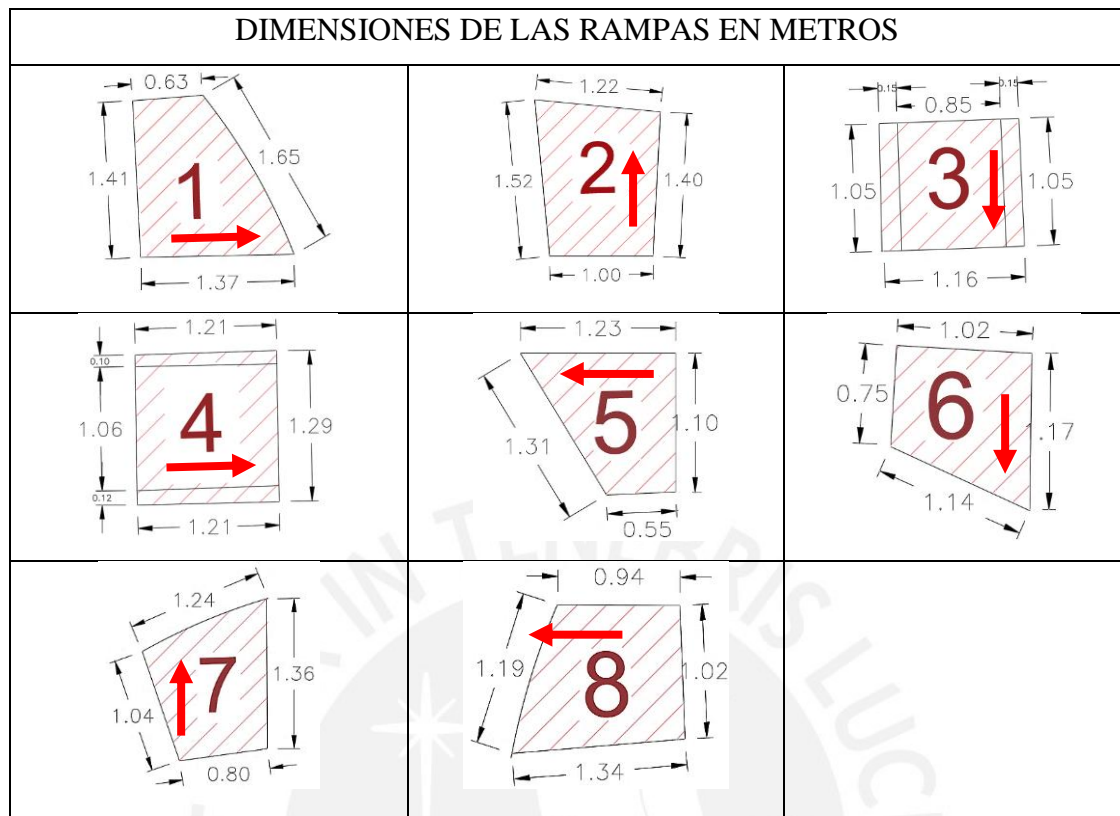


Figura 4.3. Dimensiones de rampas

Fuente: Elaboración Propia

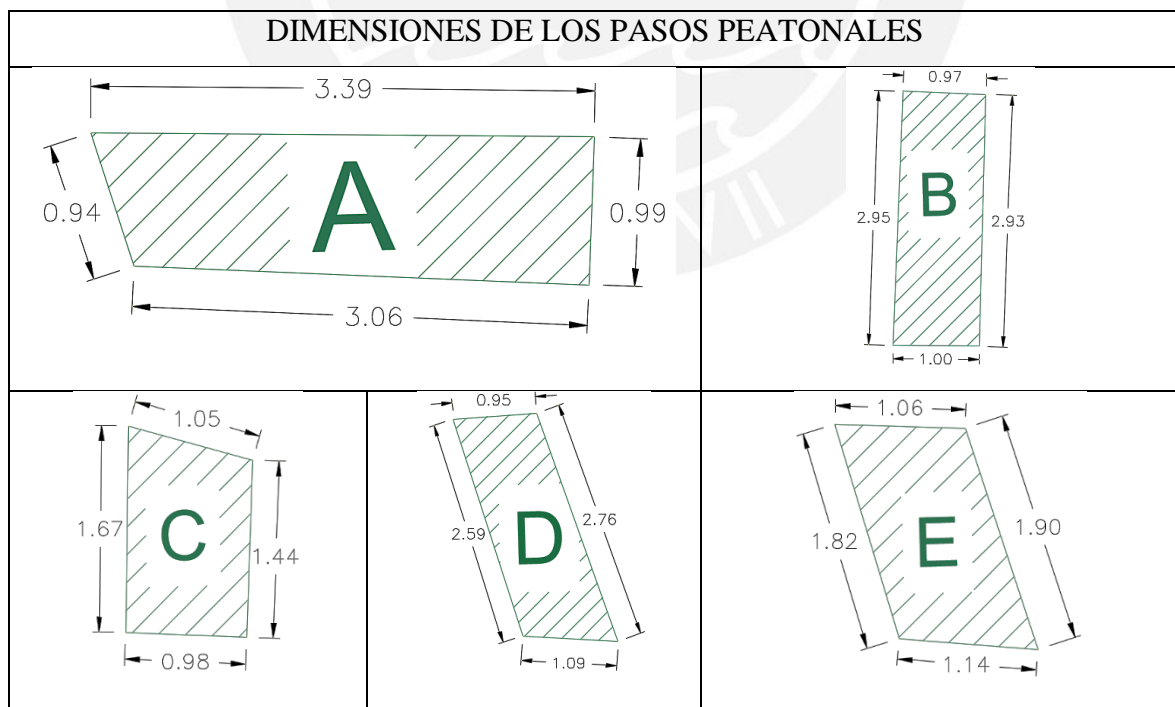


Figura 4.4. Dimensiones de pases peatonales

Fuente: Elaboración Propia

4.1.2 Controles de tráfico

- **Semaforización**

La semaforización de la intersección en estudio cuenta con un ciclo de 100 segundos con dos fases. La Figura 4.6 muestra los distintos movimientos por cada fase, la fase 1 corresponde al acceso de la avenida Bolívar y la fase 2 al tramo de la avenida Brasil.

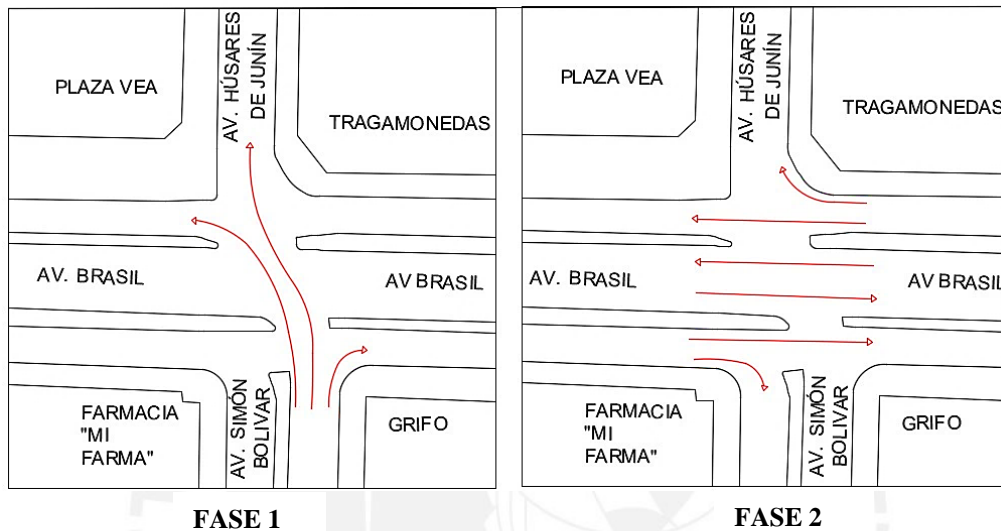


Figura 4.5. Accesos de las fases de semaforización
Fuente: Elaboración Propia

Para determinar los tiempos de verde, ámbar, rojo y todo rojo se recopiló los datos haciendo uso de un cronómetro. Se tomó los tiempos 3 veces por acceso que después fueron promediados. Los datos obtenidos se presentan en las Tablas 11 y 12. A partir de ello, también se obtuvo los tiempos de los semáforos peatonales.

Tabla 11
Datos Fase 1 de semáforo

FASE 1			
Nº toma	Tiempo verde (s)	Tiempo ámbar (s)	Tiempo rojo (s)
1	57.5	3.0	39.7
2	58.1	2.9	38.9
3	58.4	2.8	39.0
Promedio (s)	58	3	39

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 12
Datos Fase 2 de semáforo

FASE 2			
Nº toma	Tiempo verde (s)	Tiempo ámbar (s)	Tiempo rojo (s)
1	32.4	2.6	64.6
2	32.4	2.7	65.4
3	32.0	2.8	65.3
Promedio (s)	32	3	65

Fuente: Elaboración Propia

La Figura 4.6 muestra el ciclo del semáforo obtenido con las fases y tiempos correspondientes.



Figura 4.6. Ciclo del semáforo.

Fuente: Elaboración Propia

4.1.3 Demanda

Para determinar tanto la demanda vehicular como peatonal se recolectó la información por medio de filmación usando un dron. Se identificó los distintos accesos y movimientos para realizar el conteo vehicular y peatonal.

4.1.3.1 Demanda Vehicular

Se definieron los accesos, tramos directos, giros a la derecha, giros a la izquierda y se realizó el conteo vehicular. De la información obtenida, se seleccionó los 15 minutos más críticos y este valor fue multiplicado por 4 para obtener los vehículos por hora en cada acceso. En las figuras 4.7 y 4.8 se observan las demandas obtenidas para la calibración y validación respectivamente, según los distintos movimientos en cada acceso de la intersección.

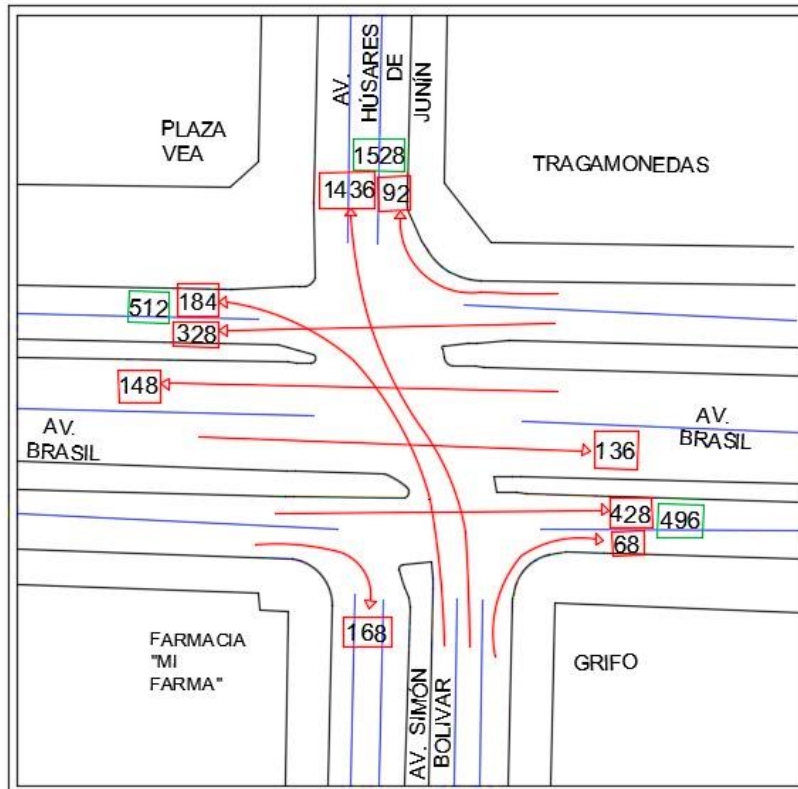


Figura 4.7. Flujograma vehicular-Calibración (9am – 24/09/20)
 Fuente: Elaboración Propia

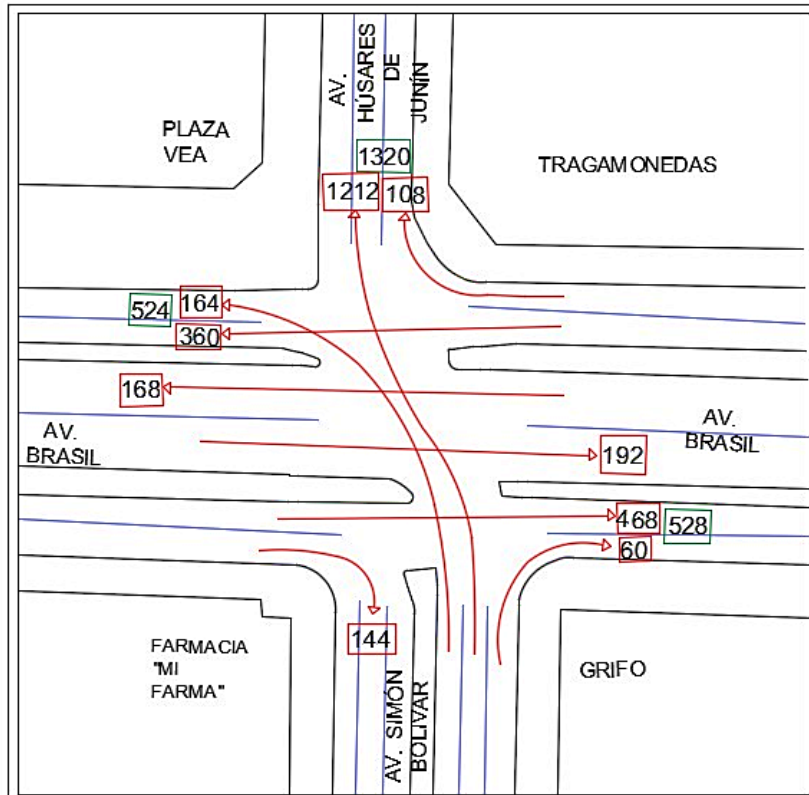


Figura 4.8. Flujograma vehicular-Validación (9:30am – 07/10/20)
 Fuente: Elaboración Propia

4.1.3.2 Demanda Peatonal

Del mismo modo que para la recolección de datos de la demanda vehicular, se establecieron puntos de acceso como se muestra en la Figura 4.9. Cabe resaltar que los paraderos D y E no son paraderos formales, sino que estos son usados por los vehículos y peatones como si fuera uno. Se recolectó la información tanto para la calibración como validación en una matriz Origen- Destino que se muestra en las Figuras 4.10 y 4.11.

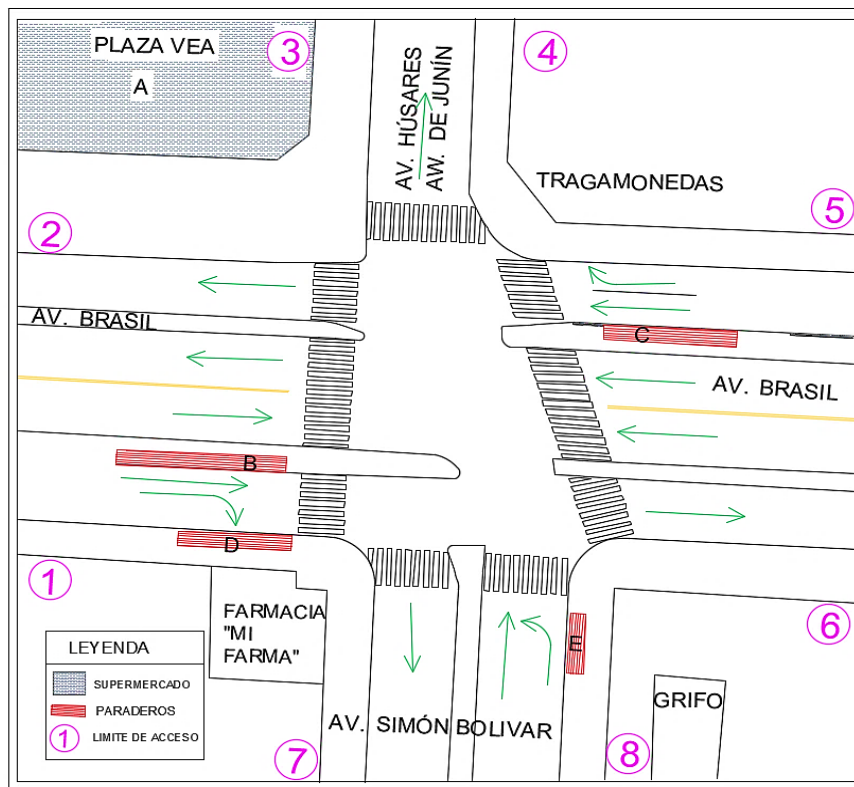


Figura 4.9. Accesos peatonales de la intersección.

Fuente: Elaboración Propia

CALIBRACIÓN														
PEATONES/HORA														
O/D	1	2	3	4	5	6	7	8	A	B	C	D	E	Total
1	0	0	8	4	8	12	20	8	8	16	8	16	8	116
2	0	0	4	8	24	8	8	4	16	8	8	4	4	96
3	4	16	0	0	24	4	8	8	56	36	12	8	4	180
4	4	4	0	0	24	8	4	8	8	8	36	4	4	112
5	4	8	8	8	0	0	12	8	16	8	8	8	4	92
6	8	4	8	24	0	0	8	20	8	4	16	4	12	116
7	8	8	8	4	4	4	0	0	8	8	8	8	4	72
8	8	4	8	8	24	32	0	0	12	20	16	16	8	156
B	8	4	12	4	8	8	16	16	12	24	0	24	12	148
C	4	8	8	4	4	8	8	12	16	0	28	16	8	124
D	4	4	8	4	4	8	12	12	8	8	4	8	4	88
E	8	4	4	8	12	12	4	0	8	16	12	0	4	92
Total	60	64	76	76	136	104	100	96	176	156	156	116	76	1392

Figura 4.10. Matriz O/D peatonal-Calibración (9am – 24/09/20)
Fuente: Propia

VALIDACIÓN														
PEATONES/HORA														
O/D	1	2	3	4	5	6	7	8	A	B	C	D	E	Total
1	0	0	4	4	4	8	16	16	4	4	4	20	4	88
2	0	0	20	4	32	4	4	4	16	12	24	4	4	128
3	8	8	0	0	4	4	8	4	40	16	4	4	0	100
4	8	8	0	0	20	4	4	12	4	12	12	8	0	92
5	4	16	8	32	0	0	4	12	12	16	8	8	4	124
6	12	4	8	16	0	0	12	12	8	12	24	12	8	128
7	8	4	16	4	8	8	0	0	16	16	12	8	4	104
8	16	16	8	12	16	20	0	0	16	20	24	16	4	168
B	24	4	4	36	4	12	8	40	12	32	0	16	4	196
C	4	8	20	8	4	12	20	4	8	0	56	16	8	168
D	4	4	4	12	4	4	4	4	4	12	4	16	4	80
E	4	4	8	4	4	4	8	4	4	8	4	4	0	60
Total	92	76	100	132	100	80	88	112	144	160	176	132	44	1436

Figura 4.11. Matriz O/D peatonal-Validación (9:30am – 07/10/20)
Fuente: Propia

4.1.4 Composición vehicular

Para el cálculo del aforo vehicular se tomó registro de los vehículos que transitan por la intersección. Los distintos vehículos fueron agrupados en los siguientes tipos: automóviles, camiones, buses, cousters, corredores, combis, motos y bicicletas. Además, durante la recolección de datos se pudo identificar también mototaxis y carretillas que no son parte del modelo dada la baja demanda.










		
Automóvil	Camión	
		
Couster	Corredor	Combi
		
Moto lineal	Bicicleta	Otros

Figura 4.12. Composición Vehicular
Fuente: Elaboración Propia

Se realizó también el conteo por tipo de vehículo en cada acceso de la intersección para conocer la proporción entre uno y otro. Las tablas 14 y 15 muestran los datos obtenidos para la calibración y validación, respectivamente.

Tabla 13
Conteo por tipo de vehículo-Calibración (9am – 24/09/20)

CALIBRACIÓN									
ORIGEN - DESTINO	Auto	Couster	Combi	Bus	Corredor morado	Bicicleta	Moto	Camión	TOTAL
Bolívar-Húsares de Junín	1184	56	4	32	0	20	116	24	1436
Bolívar-Brasil (Hacia Bolognesi)	148	0	0	0	0	0	24	12	184
Bolívar-Brasil (Hacia el mar)	56	0	0	0	0	8	4	0	68
Auxiliar Brasil (Bolognesi hacia el mar)	348	0	0	0	0	4	64	12	428
Auxiliar Brasil-Bolívar	92	48	0	16	0	4	8	0	168
Brasil central (Del mar hacia Bolognesi)	8	48	20	60	8	0	4	0	148
Brasil central (De Bolognesi hacia el mar)	16	40	16	40	12	0	12	0	136
Auxiliar Brasil-Húsares de Junín	72	0	0	0	0	4	16	0	92
Auxiliar Brasil (Del mar hacia Bolognesi)	288	0	0	0	0	4	36	0	328
								Σ	2988

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 14.
Conteo por tipo de vehículo-Validación (9:30am – 07/10/20)

VALIDACIÓN									
ORIGEN - DESTINO	Auto	Couster	Combi	Bus	Corredor morado	Bicicleta	Moto	Camión	TOTAL
Bolívar-Húsares de Junín	936	56	32	0	12	140	36	0	1212
Bolívar-Brasil (Hacia Bolognesi)	128	0	0	0	0	28	8	0	164
Bolívar-Brasil (Hacia el mar)	56	0	0	0	0	4	0	0	60
Auxiliar Brasil (Bolognesi hacia el mar)	328	0	0	0	12	120	8	0	468
Auxiliar Brasil-Bolívar	68	44	20	0	0	4	4	4	144
Brasil central (Del mar hacia Bolognesi)	16	60	56	0	0	16	0	20	168
Brasil central (De Bolognesi hacia el mar)	20	96	56	0	0	4	4	12	192
Auxiliar Brasil-Húsares de Junín	92	0	0	0	16	0	0	0	108
Auxiliar Brasil (Del mar hacia Bolognesi)	320	0	0	0	8	32	0	0	360
								Σ	2876

Fuente: Elaboración Propia

- **Velocidades de giro**

Para las zonas de giro se determinaron las velocidades de reducción. La tabla muestra lo obtenido en campo que fue llevado al modelo con velocidades ya preestablecidas en el programa. Para ello se determinó si la muestra cumplía con el mínimo de datos por zona. Como muestra la Tabla 16, se realizó muestras en todas las esquinas de la intersección. Así, la esquina que tiene como referencia la botica “Mifarma” ha sido definida en tres grupos de acuerdo con el tipo de vehículo que forma parte de su composición. En las otras esquinas no fue necesario ya que dentro de su composición vehicular no había buses, cousters, combis que presentan variaciones en cuanto a sus velocidades de reducción.

Tabla 15
Velocidades de giro

Zonas	1 – Plaza Veá	2 – Casino	3 – Grifo	4 – Mifarma		
				Liviano	Couster	Bus
Media (km/h)	19.4	19.6	14.1	16.6	16.1	13.8
Velocidad (km/h)	20	20	15	15	15	12
Desviación estándar	1.670	1.726	1.526	1.725	1.553	0.868
Error	1.940	1.956	1.408	1.662	1.611	1.383
Grados de libertad	29	15	7	15	10	6
t- Student	2.0452	2.1315	2.3646	2.1315	2.2281	2.4469
Nº mínimo	4.00	4.00	7.00	5.00	5.00	3.00

Fuente: Elaboración Propia

4.2 Datos para la calibración y validación

Para calibrar y validar el modelo se optó por usar el parámetro “tiempos de viajes”. Tanto para lo vehicular como peatonal se distinguieron dos tramos (Figura 4.13 y 4.14).

4.2.1 Calibración y validación vehicular

Como se observa en la Figura 4.13, se tiene un tramo de 20 metros de longitud ubicado en la auxiliar de la av. Brasil frente a Plaza Veá y el segundo tramo se ubica en la central de la av. Brasil con una longitud de 30 metros.



Figura 4.13. Tramos de calibración vehicular

Fuente: Elaboración Propia

Se tomó una muestra de 30 tiempos, luego se determinó si estos datos eran suficientes para representar el escenario de estudio. Para ello, se estableció un error igual al 10% del promedio en cada tramo y, considerando un 95% de confiabilidad a dos colas, se hizo uso de la tabla t-Student. Finalmente, se obtuvo que los datos tomados tanto para calibración como validación son mayores al mínimo.

Tabla 16.
Número mínimo de datos de calibración y validación

	Calibración		Validación	
	Tramo 1	Tramo 2	Tramo 1	Tramo 2
Media (s)	2.419	3.416	2.598	3.573
Desviación estándar	0.280	0.609	0.301	0.682
Error (s)	0.242	0.342	0.260	0.357
t-student	2.0452	2.0452	2.0452	2.0452
N° mínimo	6	16	6	14

Fuente: Elaboración Propia

4.2.2 Calibración y validación peatonal

Se establecieron dos tramos que representan dos cruces peatonales del tramo central de la avenida Brasil.

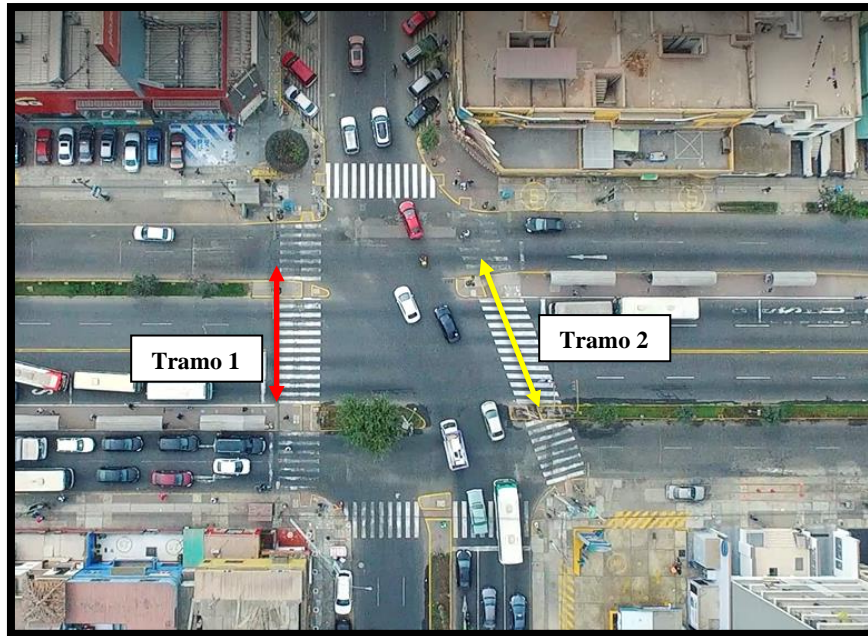


Figura 4.14. Tramos de calibración

Fuente: Elaboración Propia

Se tomó una muestra de 20 tiempos por cada tramo y se determinó el número mínimo de datos necesarios para que la muestra sea representativa. Como se observa en la Tabla 18, tanto los datos para la calibración como validación cumplen con el mínimo hallado.

*Tabla 17.
Número mínimo de datos de calibración y validación peatonal*

	Calibración		Validación	
	Tramo 1	Tramo 2	Tramo 1	Tramo 2
Media (s)	11.975	12.595	12.000	12.515
Desviación estándar	0.667	0.407	0.408	0.489
Error	1.198	1.260	1.200	1.252
t-Student	2.093	2.093	2.093	2.093
N° mínimo	2	1	1	1

Fuente: Elaboración Propia

CAPÍTULO 5: DESARROLLO DEL MODELO BASE, CALIBRACIÓN Y VALIDACIÓN

5.1 Desarrollo del modelo

Para el desarrollo del modelo base se usó el programa Vissim 8. Al inicio se insertó el plano en formato .dwg de la intersección, se escaló y se fijó en la ventana de trabajo. Como se observa en la Figura 5.1, se insertaron los links y conectores para simular los carriles de cada avenida. Asimismo, para el grifo se agregó links para simular la entrada y salida de vehículos.

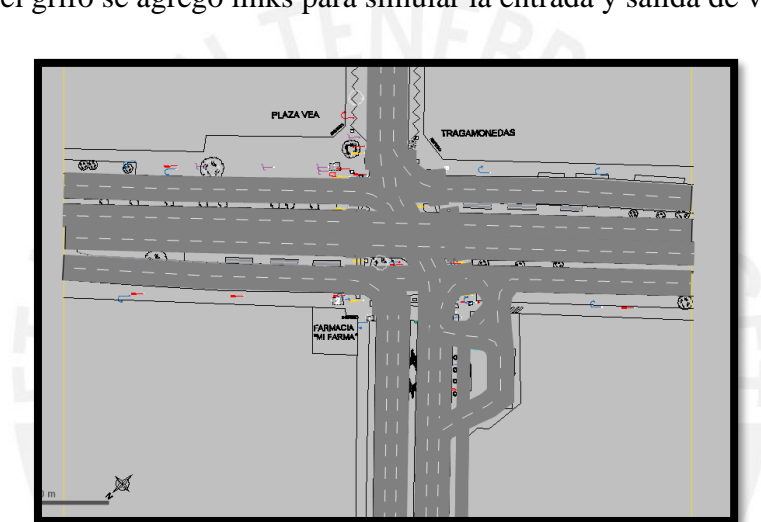
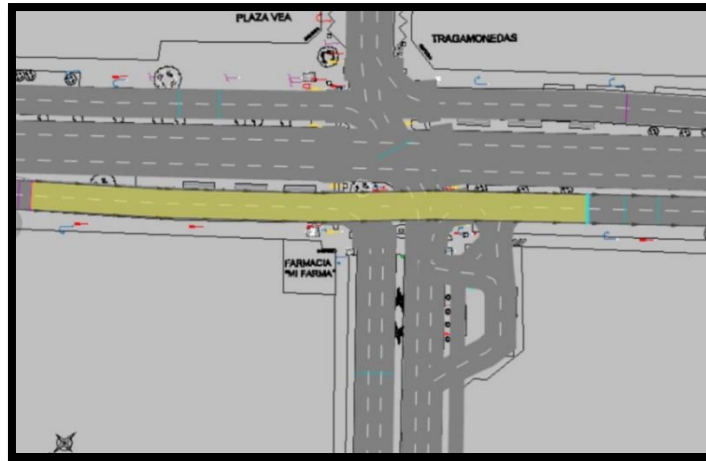


Figura 5.1. Introducción de las avenidas de estudio al Vissim 8
Fuente: Elaboración Propia

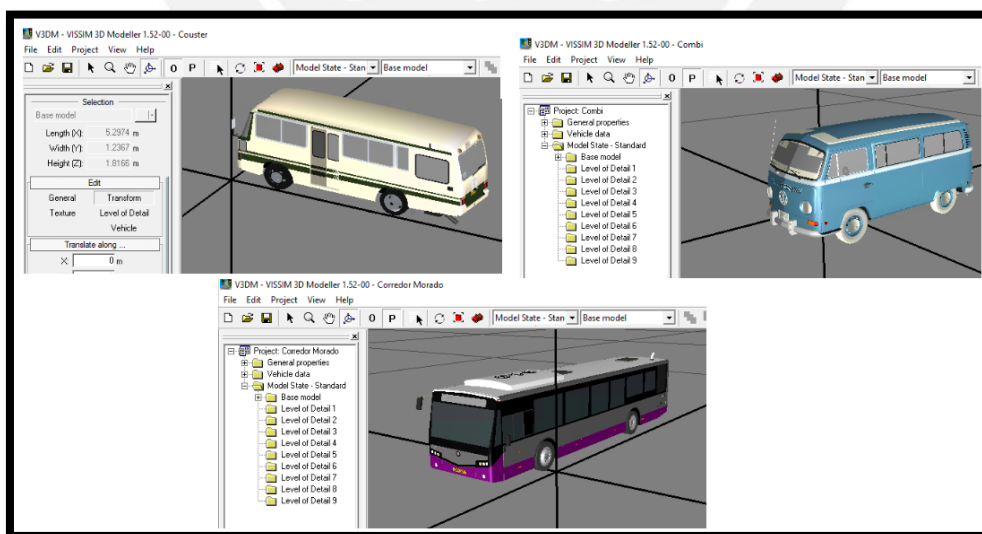
Posteriormente, se ingresaron los volúmenes vehiculares en cada acceso, la composición vehicular y se insertaron las rutas vehiculares en cada avenida. La Figura 5.2 muestra una de las rutas vehiculares de la intersección:



*Figura 5.2. Introducción de rutas vehiculares
Fuente: Elaboración Propia*

- **Composición Vehicular**

Para la composición vehicular se agregaron vehículos al modelo (cousters, combis, corredores morados y camiones pequeños) para obtener datos más parecidos a la realidad. Para ello, se exportaron vehículos en formato SketchUp, que fueron convertidos a formatos “.v3d” con el programa V3DM para que Vissim 8 pueda reconocerlos. La Figura 5.3. muestra una imagen de los vehículos agregados:



*Figura 5.3. Nuevos vehículos exportados al Vissim 8
Fuente: Elaboración Propia*

Además, se asignaron velocidades estándar que por defecto se encuentran en el programa. La Tabla 19 muestra las velocidades a flujo libre por cada tipo de vehículo parte del modelo:

Tabla 18.
Velocidades estándar a flujo libre

Auto (km/h)	50
Bus (km/h)	50
Couster (km/h)	50
Combi (km/h)	50
Corredor (km/h)	50
Camión (km/h)	50
Moto (km/h)	40
Bicicleta (km/h)	12

Fuente: Cabrera (2018)

- **Reductores de velocidad**

En campo se determinó las velocidades en las zonas de giro de la intersección. Además, se establecieron estas velocidades obtenidas en campo de acuerdo con las velocidades predeterminadas en el programa. Asimismo, se insertaron los reductores de velocidad en las zonas de giro. La Tabla 20 muestra las velocidades asignadas en cada zona de giro de la intersección:

Tabla 19.
Reductores de velocidad

Zonas	1 - Plaza Vea	2 - Casino	3 - Grifo	4 - Mifarma		
				Liviano	Couster	Bus
Velocidad (km/h)	20	20	15	15	15	12

Fuente: Elaboración Propia

- **Áreas peatonales**

Se insertaron las áreas peatonales y sus respectivas puntos de llegada y salida según la matriz peatonal. Asimismo, se interseccionaron las prioridades de paso entre vehículos y peatones según correspondía en cada avenida. La Figura 5.4 muestra lo anteriormente mencionado:

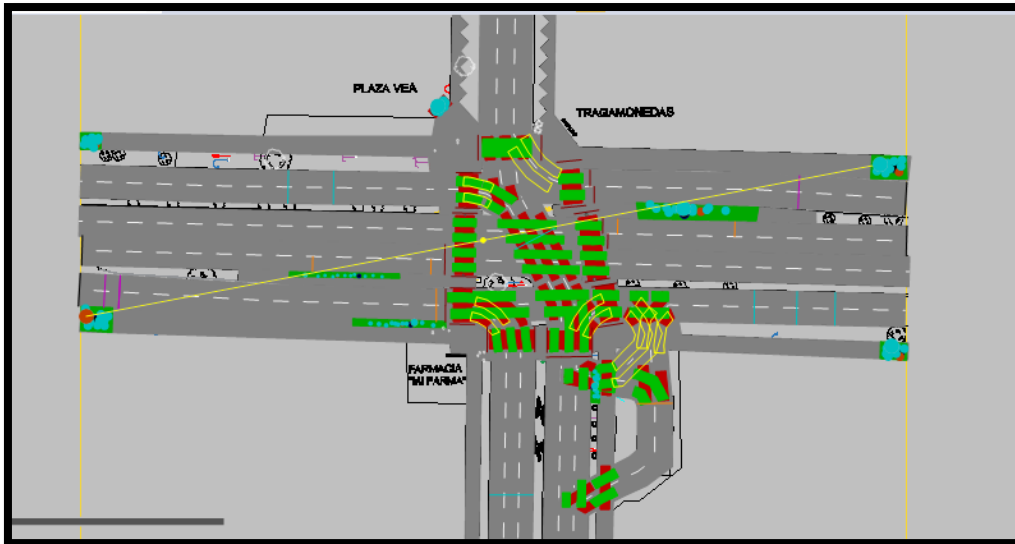


Figura 5.4. Rutas peatonales
Fuente: Elaboración Propia

- **Tiempos de espera**

Se tomó los tiempos de parada de los vehículos de transporte público en cada paradero. Para ello, se realizó una distribución de tiempos y frecuencias que se muestran en la Figura 5.5. Las distribuciones obtenidas fueron llevadas al programa y se asignaron a los paraderos correspondientes.

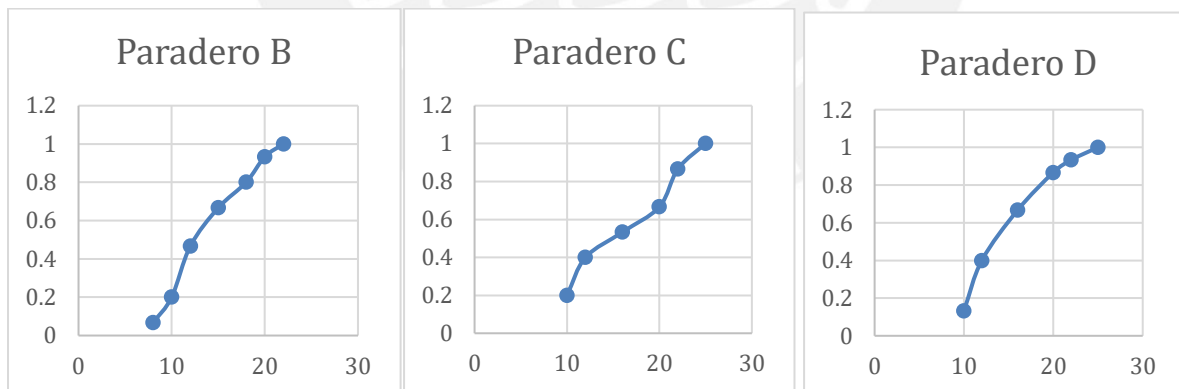


Figura 5.5. Distribución de tiempos de espera en los paraderos.
Fuente: Elaboración Propia

- **Semaforización**

Se adicionaron las fases del semáforo vehicular y peatonal, y fueron colocados en las zonas correspondientes del modelo. La figura 5.6. muestra la ubicación de los semáforos y la figura 5.7 muestra las fases vehiculares y peatonales del semáforo ingresadas al programa:

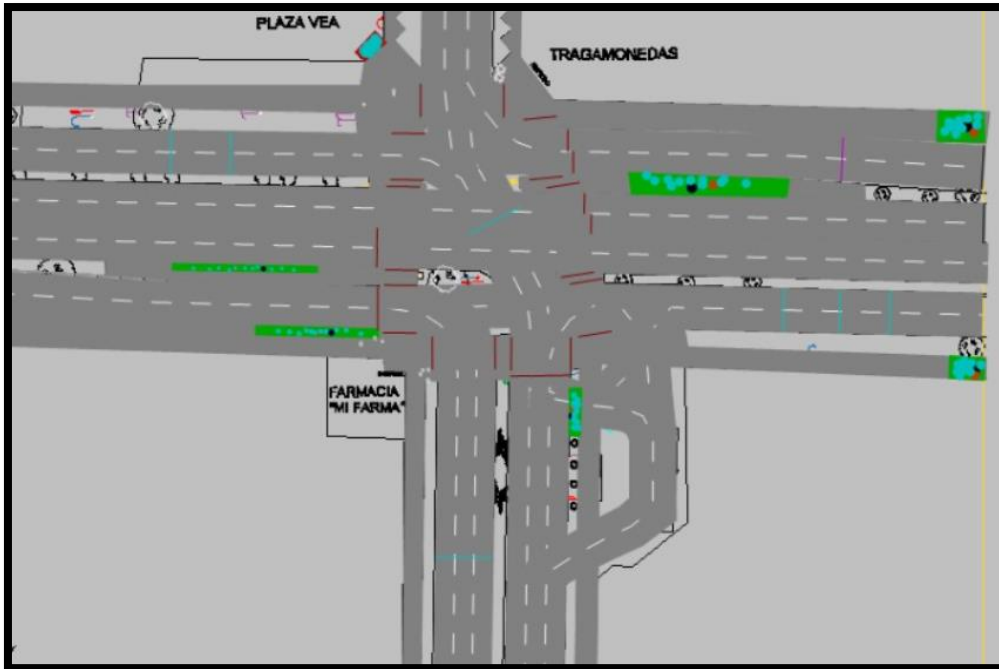


Figura 5.6. Semáforos vehiculares y peatonales
Fuente: Elaboración Propia

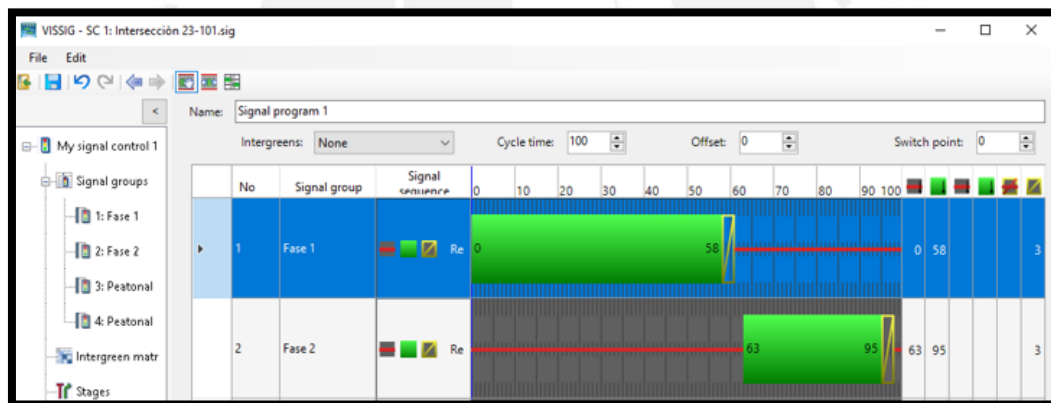


Figura 5.7. Asignación de las fases vehiculares y peatonales del semáforo
Fuente: Elaboración Propia

Asimismo, se adicionaron los obstáculos en las veredas que simulan el mobiliario urbano (postes, semáforos, señalizaciones, etc).

- **Modelación en SketchUp**

Se realizó la modelación en 3D de la intersección en SketchUp y se insertó el modelado al programa Vissim 8 para obtener un modelo más realista y visualmente más atractivo. La Figura 5.8 muestra el modelo en SketchUp y las Figuras 5.9 y 5.10 muestran el modelo final en Vissim:



Figura 5.8. Modelado en SketchUp
Fuente: Elaboración Propia



Figura 5.9. Modelado en SketchUp ángulo 1
Fuente: Elaboración Propia



Figura 5.10. Modelado en SketchUp ángulo 2
Fuente: Elaboración Propia

5.2 Calibración y Validación

Para la calibración se insertaron los tramos definidos tanto para la calibración vehicular como peatonal. Se optó por un número de 15 corridas para la simulación. Como se observa en la Figura 5.11, esto fue establecido en la ventana de “Simulation parameters”. Además, se consideró un tiempo de 10 minutos de periodo de calentamiento, lo que dio un tiempo total de simulación de 4200 segundos. Asimismo, se empezó la simulación con el número de semilla 42 que se encuentra por defecto en el programa.

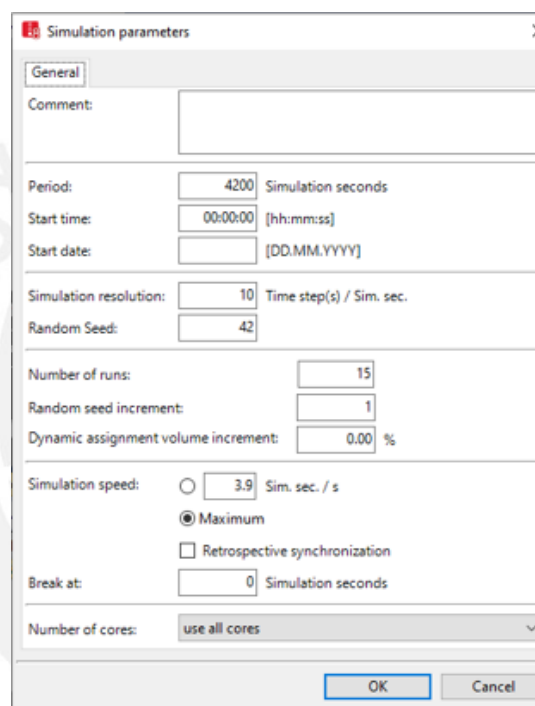


Figura 5.11. Parámetros de Simulación

Fuente: Elaboración Propia

Se empezó la calibración con los parámetros que se encuentran por defecto en el programa. Finalmente, el modelo estuvo calibrado con un comportamiento vehicular de parámetros de Wieddeman: la distancia media en detención (a_x) igual a 1, la parte aditiva de la distancia de seguridad deseada ($b_x \text{ add}$) igual a 1.5 y la parte multiplicativa de la distancia de seguridad deseada ($b_x \text{ mult}$) igual a 2. Para los parámetros peatonales solo se modificó el tau, ya que este afecta más el comportamiento de los peatones (Huallpa, 2016). Por ello, se consideró un valor de tau igual a 0.2.

Datos campo	Tramo 1 (s)	2.42
	Tramo 2 (s)	3.42

Iteración	ax	bxadd	bxmult	Tramo 1 (20m)	Tramo 2 (30m)
1	1	1.5	1.5	2.38	2.97
2	1	1.5	3	2.37	3.03
3	1	1.5	2	2.37	3.26

Figura 5.12. Iteración para calibración vehicular

Fuente: Elaboración Propia

Datos campo	Tramo 1 (s)	11.975
	Tramo 2 (S)	12.600

Iteración	Tau	Lambda	Noise	Tramo 1	Tramo 2
3	0.4	0.176	1.2	12.29	12.85
1	0.3	0.176	1.2	12.32	12.84
2	0.2	0.176	1.2	12.31	12.84

Figura 5.13. Iteración para calibración peatonal

Fuente: Elaboración Propia

Con los resultados de tiempos de viajes obtenidos se realizó la verificación del número de corridas mínimo para que el modelo esté calibrado. Por ello, se empleó la tabla de t-student considerando un 95% de confiabilidad a dos colas y un error del 10% del promedio. Este procedimiento se hizo tanto para calibración como validación y se obtuvieron los resultados de la Tabla 20.

Tabla 20
Número mínimo de corridas del programa

	Calibración		Validación	
	Tramo 1	Tramo 2	Tramo 1	Tramo 2
Promedio	2.367	3.260	2.375	3.277
Desviación estándar	0.045	0.176	0.044	0.167
Error	0.237	0.326	0.238	0.328
t-Student	2.145	2.145	2.145	2.145
N° mínimo	1.000	2.000	1.000	2

Fuente: Elaboración Propia

Con los datos en campo y los resultados del programa se realizó un análisis estadístico por diferencia de medias. Con ello se verificó que la diferencia de medias se encontrara dentro del 95% de confiabilidad. Las Figuras 5.12, muestran la calibración vehicular del tramo 1:

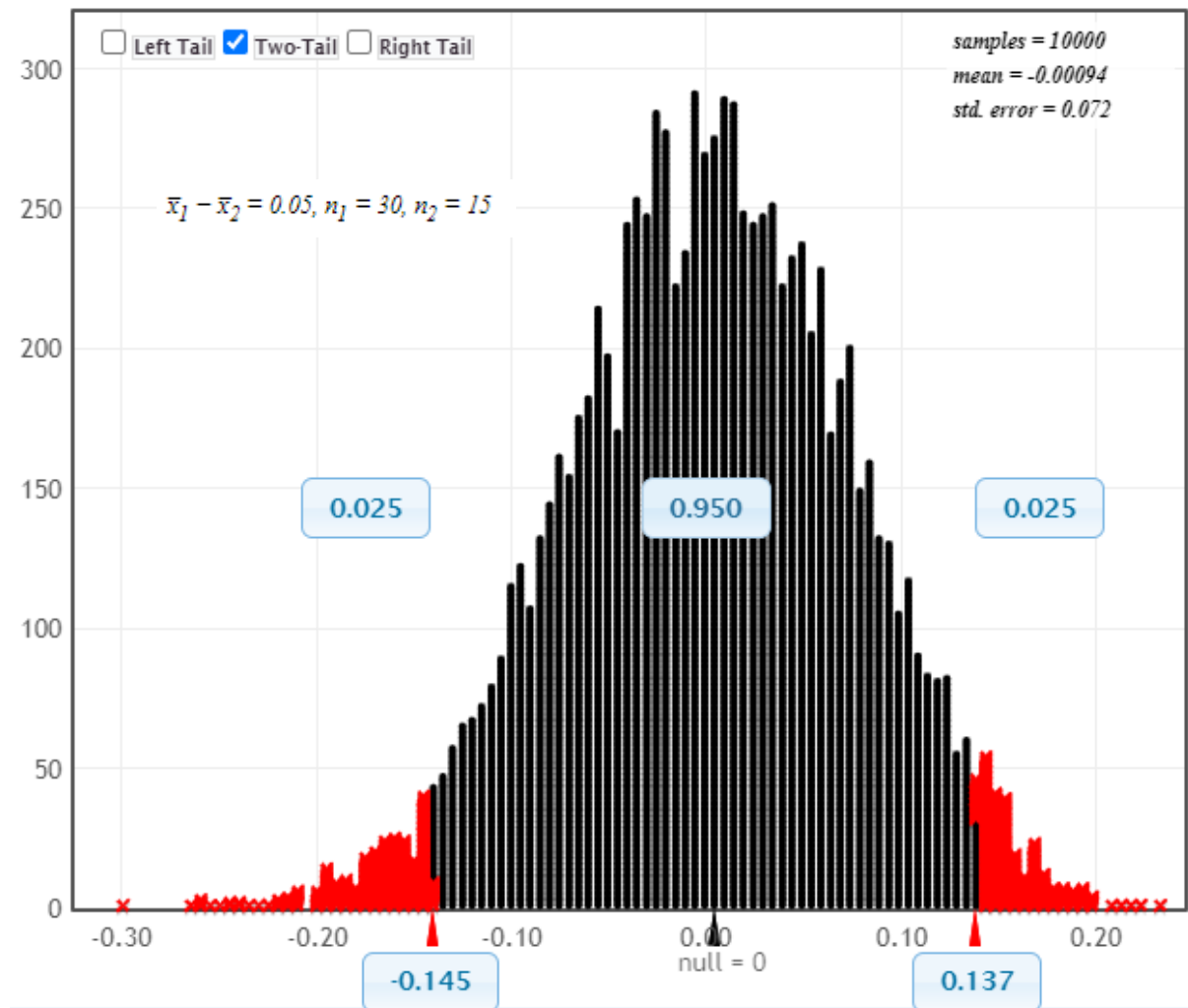


Figura 5.14. Calibración Vehicular Tramo 1
Fuente: Elaboración Propia

Conservando los mismos parámetros se corrió el programa con el modelo que cuenta con los datos de entrada para la validación. De esta manera, las figuras muestran que el modelo se encuentra calibrado y se pueden agregar las propuestas de mejora.

CAPÍTULO 6: ANÁLISIS DE RESULTADOS Y PROPUESTAS DE MEJORA

6.1 Análisis del modelo actual

Se realizó el análisis de la circulación vial, peatonal y accesibilidad de la intersección en estudio y se tuvieron distintas observaciones (VER ANEXO 05):

6.1.1 Circulación vial y peatonal:

- Los carriles principales de la avenida Brasil miden 3 metros de ancho. Según lo observado en campo, esta medida resulta ser insuficiente cuando se encuentran los vehículos que van en direcciones opuestas, ya que, para seguir su trayectoria, deben disminuir su velocidad en la intersección. Incluso, en ocasiones deben parar para que el vehículo opuesto pase, lo que ocasiona que el flujo de carros se detenga. En la Figura 6.1. se aprecia el encuentro de varios ómnibus que van en sentidos opuestos:



Figura 6.1. Ómnibus que van en sentidos opuestos

Fuente: Elaboración Propia

- En la avenida Húsares de Junín se tienen estacionamientos que disminuyen el ancho de la vereda y el ancho de los carriles debido a su diseño. Incluso, en ocasiones los

vehículos estacionados dificultan el uso de uno de los carriles de la avenida. En la Figura 6.2, se aprecia la serie de estacionamientos mencionados:



*Figura 6.2. Observaciones de la intersección en estudio
Fuente: Elaboración Propia*

- El grifo es un punto de conflicto entre peatones y vehículos, ya que la mayor parte de las veredas de esta esquina se encuentran a nivel de calzada o con una rampa, para facilitar que los carros entren y salgan del grifo. Esto ocasiona que los peatones tengan que detenerse o tengan que rodear al vehículo para seguir su camino en diferentes puntos de la esquina. Asimismo, se apreció que varias motos y vehículos realizan giros indebidos dentro del grifo para poder cambiar de carriles. En la Figura 6.3, se observa el giro indebido por parte del vehículo blanco:



*Figura 6.3. Giro indebido dentro de grifo
Fuente: Elaboración Propia*

- Existe una aglomeración de vehículos y personas en la esquina de la botica “Mifarma” debido a la demanda de vehículos que van hacia la Av. Bolívar. Asimismo, se aprecia a personas denominadas “jaladores” (término coloquial que se refiere a las personas que invitan a tomar determinado vehículo) que no dejan que los vehículos transiten libremente, ya que detienen el flujo del vehículo para conducir a las personas hacia los carros. Esto ocasiona que los vehículos se queden parados en tiempos de verde del semáforo y se formen colas de vehículos. En la Figura 6.4 se aprecia a un “jalador” obstaculizando el pase:



Figura 6.4. Colas en el carril secundario de la av. Brasil

Fuente: Elaboración Propia

- En general a nivel del país existe una falta de medidas, normativas o leyes que promuevan la educación vial y el respeto tanto de conductores hacia peatones como viceversa. Todo ello se evidencia en las diferentes calles limeñas y son una razón para la congestión vehicular. Específicamente en la zona de estudio se pudo evidenciar malas conductas viales, como:
 - Los vehículos (microbuses, buses), ignoran por largos lapsos de tiempo los semáforos en verde para poder acumular más pasajeros dentro de su unidad, mostrando el desinterés hacia los demás vehículos que forman colas tras de ellos para poder pasar. Además, estas colas ocasionan contaminación acústica, ya que

al no poder avanzar los conductores suenan sus bocinas o se gritan entre ellos incomodando a los demás conductores y peatones que transitan la zona. Asimismo, se apreció que los conductores no respetan las franjas de cebra para el paso de los peatones, muchas veces incluso se estacionan en todo el largo de la franja, dificultando a los transeúntes desplazarse de una calle a otra. También se identificó que, existen vehículos con conductores cobradores, los cuales al tener que realizar ambas tareas (conducir y cobrar) en una zona con alta congestión vehicular, tengan que desplazarse de manera muy lenta o se detengan por un lapso de tiempo para cobrar el pasaje a la fila de pasajeros que se ha formado, lo que trae consigo que se generen mas colas vehiculares.

- Los peatones, suelen ignorar el semáforo y cruzan la calle antes del tiempo previsto, lo que ocasiona que el flujo vehicular se rompa, se pierdan tiempos y se formen colas vehiculares. Sin contar que ponen en riesgo su vida ya que se podría ocasionar un accidente, si los conductores van a una alta velocidad o no se encuentran atentos. Además, muchas veces se ha visto que los peatones no cruzan por las franjas establecidas si no por los espacios entre vehículos por ganar tiempo.
- Las motocicletas, muchas veces ignoran los semáforos, cruzando las calles cuando los semáforos están en verde, esquivando a los peatones que están cruzando los pasos de cebra, lo cual resulta peligroso para ambas partes.

6.1.2 Accesibilidad:

- Las rampas de la intersección miden entre 0.85 a 1m de ancho. Según el Ministerio de Vivienda del Gobierno de España, el ancho mínimo de una rampa es 0.9m, por lo que la mayoría de las rampas tienen la medida mínima. No obstante, si el ancho de una silla

de ruedas va entre 0.8 a 0.9m, consideramos que 0.9m es muy angosto y dificultaría el desplazamiento de una persona en silla de rueda.

- Los pasos peatonales de las medianas miden en promedio 1m de ancho, lo cual dificulta el desplazamiento de personas con movilidad reducida, ya que se recomienda un mínimo de 1.2m de ancho, como lo menciona la “Corporación Ciudad Accesible”. La

Figura 6.5 muestra un paso peatonal de la avenida Brasil:



*Figura 6.5. Paso de un cruceo peatonal
Fuente: Elaboración Propia*

- En las 4 esquinas de la intersección se aprecia aglomeración de elementos urbanos (postes, señalizaciones, semáforos, teléfonos, puestos de venta, etc.), lo que obstaculiza el tránsito en las veredas y no permite un área libre para que los peatones se movilen de forma cómoda y segura. Asimismo, esta disposición de los elementos dificulta más al desplazamiento de una persona con movilidad reducida. En la Figura 6.6, se aprecia la aglomeración de elementos urbanos:



*Figura 6.6. Colas en el carril secundario de la av. Brasil
Fuente: Elaboración Propia*

6.1.3. Comparación de datos tomados antes y durante la pandemia

Se realizó una comparación de los datos tomados en el 2020, año en el cual el país estuvo en régimen de cuarentena debido a la pandemia por el COVID 19, con un grupo de datos tomados de la misma intersección en marzo del 2018, los cuales fueron extraídos de los Anexos de la tesis “Impacto de los proyectos inmobiliarios y transporte público informal en la circulación: un enfoque desde la microsimulación” (Molina, 2018) , donde compararon los datos más críticos es decir, los grupos de datos con mayores cantidades de vehículos o peatones:

Vehicular:

- Se compararon los datos de cantidad de vehículos totales que transitan por la intersección analizada y se obtuvo que en el 2020 se tenían 44% menos de vehículos que en el 2018 esto debido a la cuarentena por pandemia.
- Los vehículos que salen por la Avenida Bolívar hacia las otras avenidas representan un 21% menos en comparación con el año 2018.

- Los vehículos que salen de la principal de la Av. Brasil (desde la plaza Bolognesi hacia el mar) y siguen de frente por la principal representan un 128% menos en comparación con el año 2018.
- Los vehículos que salen de la principal de la Av. Brasil (desde el mar hacia la plaza Bolognesi) y siguen de frente por la principal, representan un 66% menos en comparación con el año 2018.
- Los vehículos que salen de la secundaria de la Av. Brasil (desde la plaza Bolognesi hacia el mar) hacia la Av. Bolívar o siguen de frente representan un 60% menos en comparación con el año 2018.
- Los vehículos que salen de la secundaria de la Av. Brasil (desde el mar hacia la plaza Bolognesi) y siguen de frente o voltean por la Av. Húsares representan un 76% menos en comparación con el año 2018.

En general los datos salieron como se esperaban ya que, debido a la cuarentena el tránsito era restringido y muchas empresas, colegios, universidad, etc. realizaban sus actividades desde sus hogares por lo que el nivel de vehículos se vio reducido.

Peatonal:

- Los peatones que transitan por la intersección analizada, disminuyeron en un 71% en comparación con los que transitaban en el 2018. Dato esperado ya que, las personas estuvieron restringidas de su movilidad debido a la pandemia.

6.2 Propuestas de mejora

Se realizó el rediseño de la intersección en estudio usando las recomendaciones, principios y las teorías mencionadas en el marco teórico, tanto para el diseño de vías, como para la accesibilidad, con la finalidad que la intersección sea más segura y cómoda para todos los usuarios.

6.2.1 Circulación vial y peatonal

- Se realizó una ampliación de los carriles principales de la Av. Brasil de 3m a 3.2m a cada carril para que el tránsito sea más fluido y evitar que los vehículos que van en sentidos opuestos disminuyan su velocidad o se detengan al encontrarse.
- Se cambiaron las dimensiones de los radios de esquina y en cada una se le puso un radio mínimo de 3m como lo recomienda la guía NACTO. De esta manera, los vehículos al voltear de una avenida a otra reducirán su velocidad y así disminuirá la probabilidad de accidentes en cada esquina. En la Figura 6.7 se aprecian una esquina con un radio de giro de 3m, al lado del modelo actual:



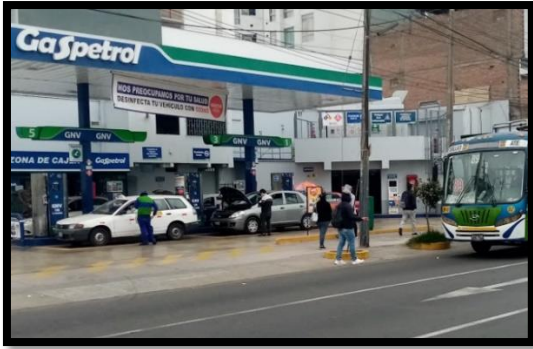
Modelo actual

Nueva propuesta

Figura 6.7. Esquina con un radio de giro de 3m

Fuente: Elaboración Propia

- Se realizó un nuevo diseño de las veredas del grifo poniendo rampas en puntos estratégicos para la entrada y salida de vehículos. Asimismo, este nuevo planteamiento evita giros indebidos. En la Figura 6.8 se aprecian los cambios mencionados:



Modelo actual



Nueva propuesta

Figura 6.8. Rediseño de la esquina del grifo
Fuente: Elaboración Propia

- Se adicionó un nuevo paradero a unos metros de la esquina de la av. Brasil con la av. Bolívar (Figura 6.9) para reducir la aglomeración de vehículos y personas. También se agregó un cruceo peatonal para facilitar el desplazamiento de las personas, y se adiciono un nuevo semáforo. Asimismo, se agregó un jardín para evitar que el transporte público suba o baje personas en un lugar prohibido.



Figura 6.9. Nuevo paradero
Fuente: Elaboración Propia

6.2.1 Accesibilidad

El diseño actual de la intersección presenta problemas que afectan la circulación de los peatones, ya que no cuenta con un diseño accesible ni con las medidas, ni condiciones idóneas

para su uso. Debido a ello, se plantean propuestas de mejora en cuanto al diseño urbano y a la distribución del mobiliario.

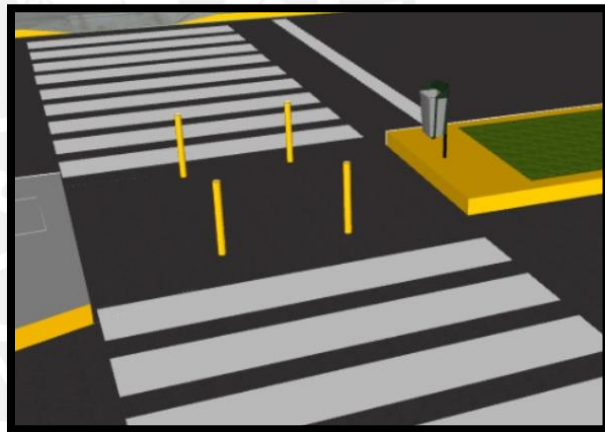
Elementos de diseño urbano

Luego del análisis del modelo actual se plantean los siguientes cambios:

- Islas de seguridad - medianas: Los pasos peatonales de las medianas de la av. Brasil y av. Bolívar miden entre 0.9 y 1 metro de ancho, lo cual no llega al mínimo recomendable para que una silla de rueda se desplace con comodidad (1.5 metros). Debido a ello, se replantearon las medidas de todas las medianas de tal manera que sean accesibles para los usuarios. Asimismo, se agregaron bolardos para brindar seguridad a los peatones. La Figura 6.10 muestra unas imágenes de los pasos peatonales de las medianas (izquierda – modelo actual, derecha – propuesta de mejora):



Modelo actual



Nueva propuesta

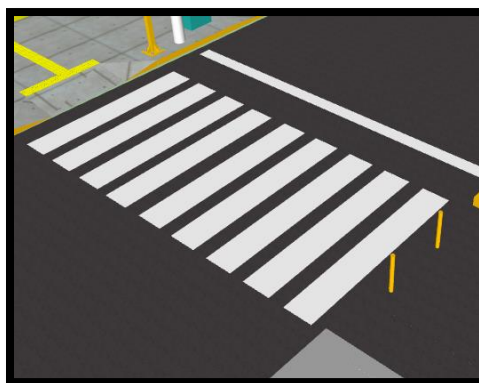
Figura 6.10: Paso peatonal de una mediana (Modelo actual y nuevo)

Fuente: Elaboración Propia.

- Cruces peatonales: Se replantearon los cruces peatonales de tal manera que sean compatibles y encajen con las medidas de las rampas y las medianas. Además, se usó un ancho de 4m para cumplir con el mínimo de 3m que recomienda la Guía NACTO.



Modelo actual

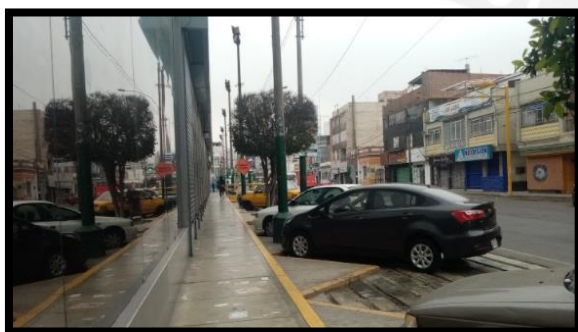


Nueva propuesta

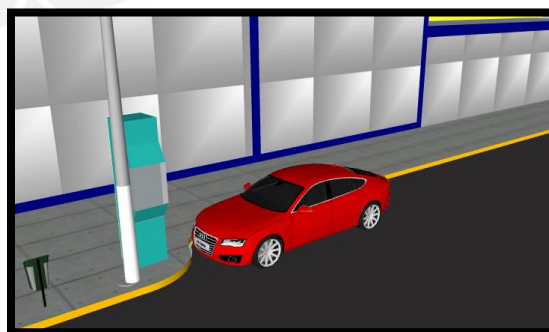
Figura 6.11: Cruces peatonales (Modelo actual y nuevo)

Fuente: Elaboración Propia.

- Veredas: En el diseño actual, las veredas de la av. Brasil y av. Bolívar miden más de 2 m cada una, lo que consideramos aceptable, pero el ancho efectivo se reduce debido a los elementos del mobiliario urbano: postes, señalizaciones, etc. Debido a ello, se plantea una redistribución del mobiliario en estas zonas. Asimismo, las veredas de la Av. Húsares de Junín miden 1.4 y 1.13 metros aproximadamente, debido a los estacionamientos ubicados en dicha avenida. Estas dimensiones no son inclusivas para personas con sillas de ruedas (recomendable 1.5m). Por ello, se planteó aumentar dichas dimensiones y reubicar los elementos del mobiliario urbano con el fin de que no se reduzca el ancho efectivo de la vereda y se mejore la circulación peatonal.



Modelo actual



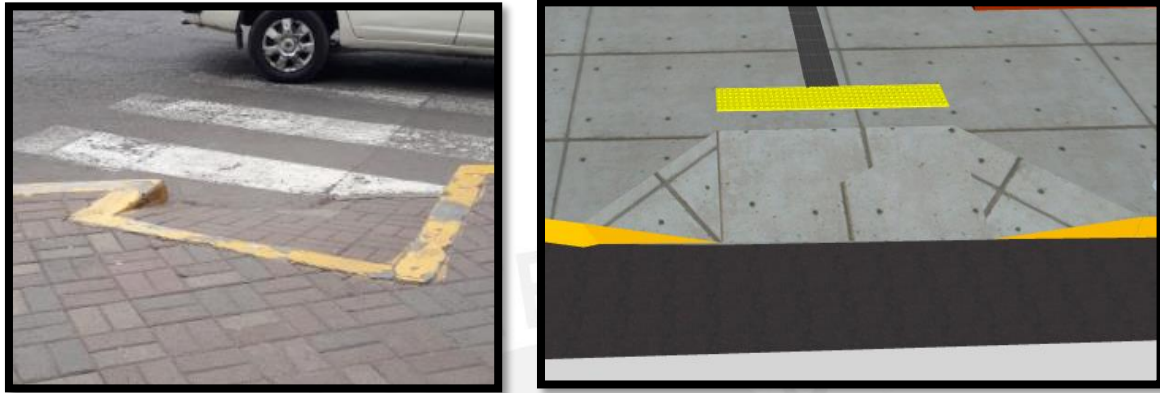
Nueva propuesta

Figura 6.12: Veredas de la Av Húsares de Junín (Modelo actual y nuevo)

Fuente: Elaboración Propia.

- Rampas:

Se plantaron rampas con 3 pendientes, con un ancho igual a la de los cruceros y se verificó que la pendiente máxima sea de 12% (pendiente usada 10%). La Figura 6.13 muestra el nuevo diseño de las rampas, junto al modelo actual:



Modelo actual

Nueva propuesta

Figura 6.13. Rampas de las veredas (Modelo actual y nuevo)

Fuente: Elaboración Propia.

En cuanto, al material a usar, se eligió el concreto pulido. Además, se planteó que sea uniforme en toda la intersección, y en todos los elementos (veredas, rampas, medianas).

- **Semáforos sonoros para invidentes**

Se adicionaron semáforos sonoros para invidentes para facilitar el desplazamiento de las personas con alguna limitación en la vista, estos serán colocados en la Avenida Brasil al ser está una avenida con una carga vehicular muy alta. Los semáforos sonaran cuando la luz este en verde para peatones indicando que pueden cruzar, además, tendrán un sonido diferente minutos antes de que empiece y termine el color verde, para evitar accidentes y las personas sepan cuando cruzar o si les alcanzará el tiempo.

- **Pisos podó táctiles**

Se adicionaron pisos podó táctiles en las esquinas de los cruces, que permita una guía que facilite el desplazamiento y brinde seguridad a las personas invidentes o con alguna limitación visual.

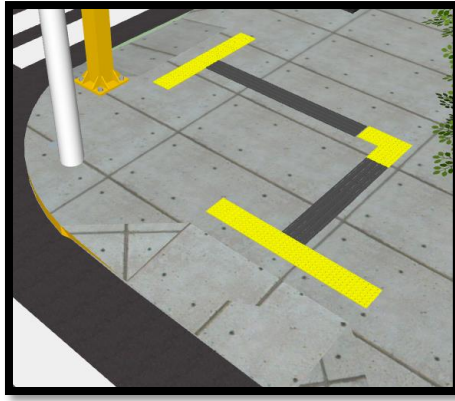


Figura 6.14. Implementación de pisos podotáctiles (Nuevo modelo)

Fuente: Elaboración Propia.

Distribución del mobiliario urbano

Se realizó una redistribución del mobiliario urbano para respetar las medidas necesarias para el desplazamiento de las personas con movilidad reducida. Asimismo, se planteó una franja de circulación libre de obstáculos de mínimo 1.5m de ancho en todas las veredas, como recomienda el Manual de Accesibilidad Universal de Chile (2010)

A continuación, en las siguientes figuras, se muestra el nuevo diseño de cada esquina:

- Esquina 1: Plaza Veá



Figura 6.15. Esquina de Plaza Veá

Fuente: Elaboración Propia

- Esquina 2: Tragamonedas



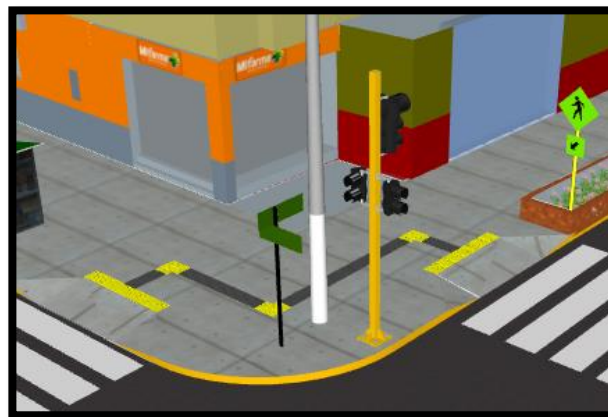
*Figura 6.16. Esquina de Tragamonedas
Fuente: Elaboración Propia*

- Esquina 3: Grifo



*Figura 6.17. Esquina de Grifo
Fuente: Elaboración Propia*

- Esquina 4: Botica Mifarma



*Figura 6.18. Esquina de Farmacia
Fuente: Elaboración Propia*

Finalmente, el nuevo modelo quedó de la siguiente forma. Las figuras 6.19 y 6.20 muestran el modelo final en 3D desde 2 ángulos diferentes:



Figura 6.19. Modelo Final ángulo 1
Fuente: Elaboración Propia



Figura 6.20. Modelo Final ángulo 2
Fuente: Elaboración Propia

Educación vial y respeto hacia los demás

Los gobiernos de turno, la municipalidad, universidades, colegios, etc. Deberían trabajar en conjunto para promover la educación vial y el respeto entre las personas ya que, sin ello, por más cambios físicos que se realicen a la intersección o señalética que se coloque va a ser ignorada y maltrata porque las personas generalmente solo piensan en su beneficio propio, por ejemplo, no se dan cuenta que al cruzar el semáforo cuando no deben van a acumulando minutos de tráfico y esto se repite entre calles y transeúntes. De igual forma se debe incentivar el respeto entre peatones y conductores, para que se logre una armonía en las calles y se evite estar compitiendo por quien cruza primero, o lleve mas pasajeros.

6.3 Análisis del nuevo modelo

Se analizaron los resultados obtenidos por el programa, del escenario actual y escenario con las propuestas de mejora implementadas. Para ello, se realizó una prueba de hipótesis considerando la diferencia de medias entre ambos escenarios, donde $u_1 \neq u_2$. El análisis se realizó de acuerdo a los resultados obtenidos de toda la intersección y, además, evaluando las mejoras en el tramo que corresponde a la implementación del nuevo paradero en una auxiliar de la avenida Brasil.

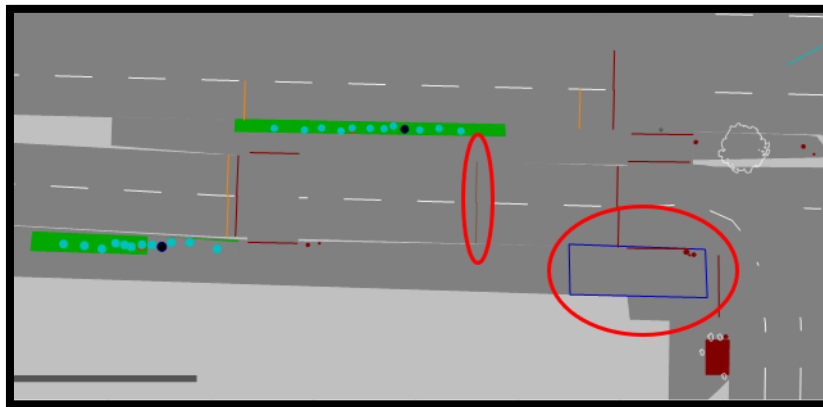


Figura 6.21. Puntos de recolección de datos en tramo auxiliar av. Brasil

Fuente: Elaboración Propia

6.3.1 Velocidades en tramo de nuevo paradero

Se asignaron dos puntos de recolección de datos en el tramo que corresponde a la auxiliar de la avenida Brasil que tiene como referencia “MIFARMA”, esto con el fin de evaluar el flujo vehicular como consecuencia de la implementación del nuevo paradero. Del escenario actual calibrado se obtuvo una velocidad promedio de 19.18 km/h, mientras que con las mejoras se obtuvo 22.81km/h; es decir, un incremento del 19% de velocidad. Para evaluar si estas mejoras son representativas se realizó un análisis estadístico por diferencia de medias. Se realizó la evaluación considerando la hipótesis que μ_1 (actual) es menor que μ_2 (mejoras); es decir $\mu_1 < \mu_2$. La Figura muestra la distribución obtenida por el programa Statkey, con los datos de velocidades actuales, con mejoras, y considerando una cola. La diferencia de medias en ambos escenarios es de -3.64km/h que, al llevarlo al gráfico, se encuentra dentro de la cola en color rojo. Esto significa que sí hubo mejoras significativas en cuanto a velocidades vehiculares.

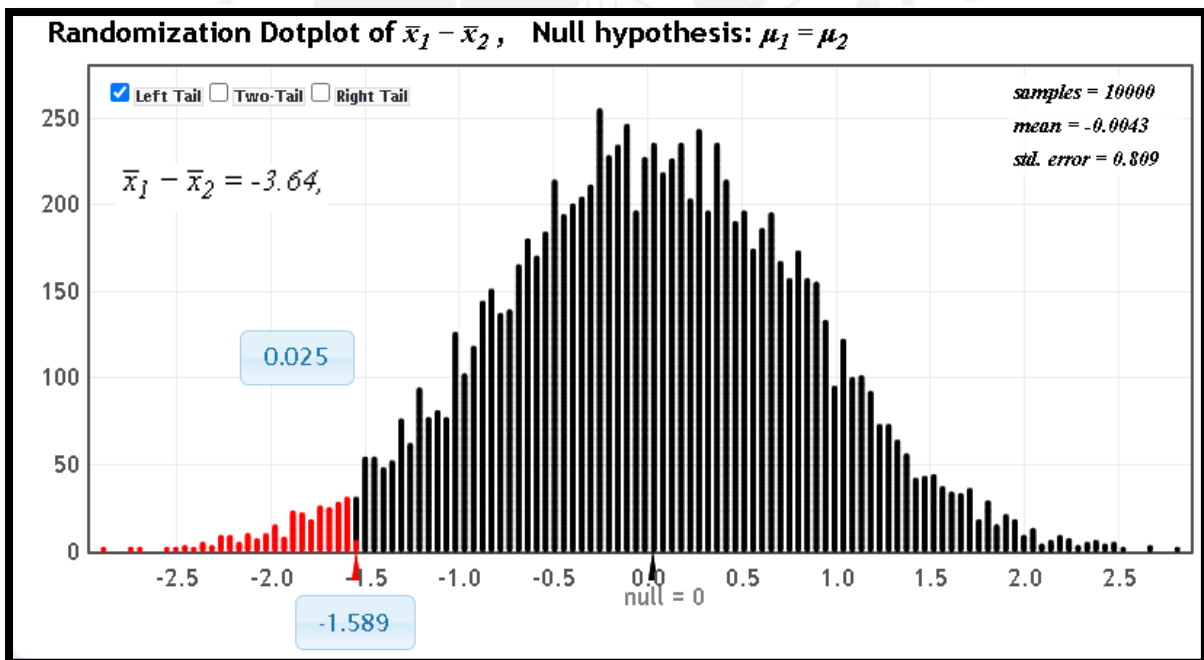


Figura 6.22. Evaluación de velocidades en tramo auxiliar av. Brasil

Fuente: Elaboración Propia

6.3.2 Velocidades peatones en esquina

Como se aprecia en la Figura 6.21, el recuadro azul representa una sección de evaluación para los peatones. La velocidad promedio obtenida en el escenario actual calibrado es de 2.47km/h mientras que el escenario con mejoras presenta una velocidad promedio de 2.65. Esto representa un incremento del 7%. Asimismo, se realizó el análisis mediante la hipótesis nula que dice que u_1 (actual) es menor que u_2 (mejoras); es decir $u_1 < u_2$. La Figura 6.22 muestra la distribución obtenida por el programa Statkey, con los datos de velocidades promedio actuales, con mejoras, y considerando una cola. La diferencia de medias en ambos escenarios es de -0.18 km/h que, al llevarlo al gráfico, se encuentra dentro de la cola en color rojo. Esto significa que sí hubo mejoras significativas en cuanto a velocidades promedio de los peatones. Finalmente, es importante resaltar que la sección definida representa la zona donde existe un paradero informal que ocasiona la aglomeración de peatones y transporte público. De esta manera, al trasladar el paradero de manera formal y reubicar el mobiliario urbano hace que los peatones tengan mayor espacio de circulación.

6.3.3 Demoras promedio vehiculares

Uno de los parámetros usados para evaluar el flujo vehicular en toda la intersección son las demoras promedio. El escenario real calibrado presenta una demora promedio de 52.5 segundos mientras que el promedio obtenido con las mejoras es de 35.44 segundos; es decir, las demoras se disminuyeron un 32.5%. La diferencia de medias es de 17.04. Esto significa que las propuestas mejoraron en buena medida las demoras totales en toda la intersección.

6.3.4 Velocidades promedio vehiculares

Otro parámetro usado para evaluar las mejoras en la intersección son las velocidades promedio. En el escenario actual calibrado se obtuvo una velocidad promedio de 10 km/h, mientras que con la implementación de las mejoras se obtuvo un promedio de 12.9 km/h; es decir, un

incremento del 29% con respecto a lo real. La diferencia de medias entre ambos escenarios es de -2.86 km/h. Esta diferencia, al llevarla a la distribución, se ubica dentro del tramo rojo, por lo que podemos afirmar que las mejoras en velocidad vehicular en toda la intersección son representativas.

6.3.5 Velocidad promedio peatonal

En cuanto al impacto de las mejoras en la circulación peatonal se ha usado la velocidad promedio peatonal en toda la intersección. Los resultados de velocidad promedio peatonal en el escenario real calibrado es de 2.3 km/h, mientras que en el escenario con mejoras se tiene una velocidad promedio de 3.12 km/h; es decir, un incremento de casi el 36%. La diferencia de medias entre ambos escenarios es de -0.85. Esta diferencia, al llevarla a la distribución de velocidades en Statkey, se ubica en el tramo de cola color rojo, por lo que podemos afirmar significa que las velocidades promedio de los peatones en toda la intersección mejoraron.

6.4 Reporte final

Luego de analizar el nuevo modelo, con la inclusión de las propuestas de mejora se obtuvieron los siguientes resultados finales:

- Resultados promedios totales respecto a toda la intersección:

Se obtuvieron resultados peatonales y vehiculares, donde se aprecia que el nuevo modelo presenta mejoras respecto al actual en las categorías evaluadas, los resultados se muestran a continuación:

Tabla 21.
Comparación de resultados, respecto a toda la intersección

	Peatonal		Vehicular	
	Densidad promedio	Vel. promedio (Km/h)	Demoras promedio (s)	Vel. promedio (Km/h)
Modelo Actual	0.03	2.27	52.47	10.01
Nuevo modelo	0.02	3.12	35.44	12.87

Fuente: Elaboración Propia

Asimismo, los resultados de las velocidades promedio obtenidas tanto para peatones y vehículos se muestran en los siguientes gráficos:

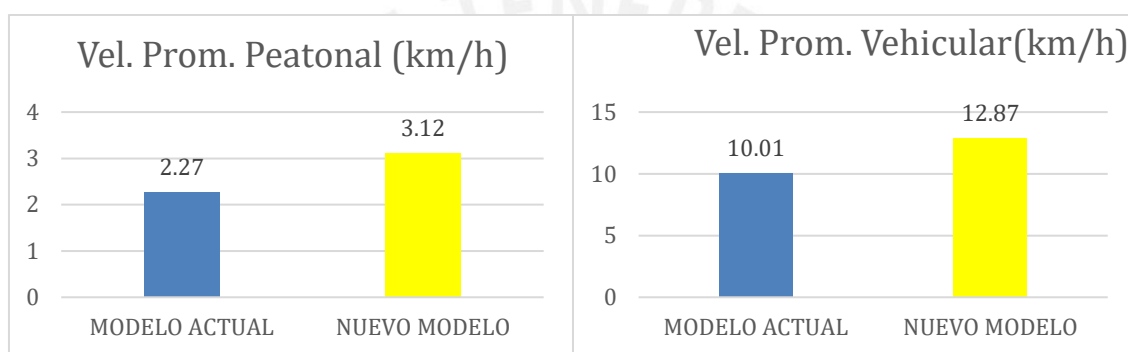


Figura 6.23. Gráficos de velocidades promedio, modelo actual y nuevo - Intersección

Fuente: Elaboración Propia

- Resultados promedios totales respecto al carril auxiliar de Brasil – Mifarma:

A continuación, se muestran los resultados peatonales y vehiculares. Como se observa, en cada categoría se aprecian que el nuevo modelo mejora el modelo actual:

Tabla 22.
Comparación de resultados, respecto a toda la intersección

	Peatonal		Vehicular	
	Densidad promedio	Vel. promedio (Km/h)	Colas (s)	Vel. promedio (Km/h)
Modelo Actual	0.03	2.47	45.25	19.18
Nuevo modelo	0.02	2.65	27.74	22.81

Fuente: Elaboración Propia

Asimismo, los resultados de las velocidades promedio obtenidas tanto para peatones y vehículos se muestran en los siguientes gráficos:

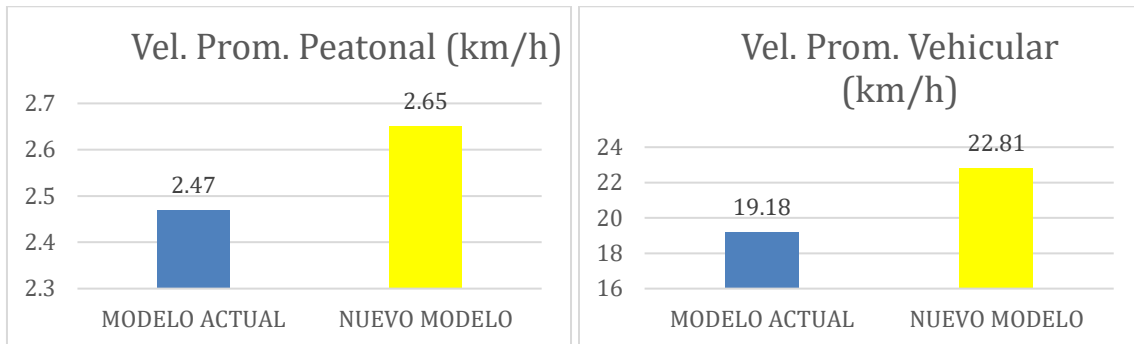


Figura 6.24. Gráficos de velocidades promedio, modelo actual y nuevo – Auxiliar Brasil

Fuente: Elaboración Propia

Finalmente, para las mejoras en cuanto a accesibilidad se verificó que los elementos urbanos (rampas, veredas, medianas y cruces peatonales) del nuevo modelo cumplan las dimensiones mínimas requeridas para el desplazamiento seguro y cómodo de las personas con alguna discapacidad, sobre todo los usuarios en silla de ruedas. Asimismo, se ubicó zonas específicas para el mobiliario urbano (señalizaciones, postes, quioscos, etc.) de tal forma que las veredas cuenten con una franja libre de mínimo 1.5 m. De esta manera, los usuarios podrán desplazarse sin encontrarse con obstáculos.

El nuevo modelo de la intersección se muestra en el plano de Anexo 05.

CAPÍTULO 7: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 Conclusiones

En base a la teoría expuesta, la investigación realizada y las propuestas de mejora en cuanto a las condiciones de circulación vehicular, peatonal y la accesibilidad en la intersección en estudio, se presenta las siguientes conclusiones:

- El primer objetivo planteado consistió en identificar las deficiencias de accesibilidad y circulación en la intersección. Por un lado, del trabajo se concluye que la intersección analizada presenta problemas que dificultan el desplazamiento seguro de los usuarios, específicamente de los que presentan movilidad reducida, ya que los elementos urbanos (rampas, medianas, cruceros peatonales, radios de esquina de veredas, etc.) no tienen un diseño óptimo ni las medidas mínimas necesarias, por lo que requieren de mantenimiento. Asimismo, el mobiliario urbano (señalizaciones, postes, semáforos, etc.) obstaculiza el flujo peatonal dado que no se cuenta con zonas específicas para su ubicación. Por otro lado, los principales problemas que generan la congestión en la intersección están ligados al comportamiento vehicular y peatonal: los vehículos de transporte público generan largas colas debido a que buscan que un buen número de usuarios suban a sus unidades; y los peatones buscan llegar lo más pronto posible a su destino, por lo que constantemente llega a formarse aglomeraciones.
- El segundo objetivo fue proponer medidas de mejora y con ello, plantear un nuevo modelo de la zona de estudio que facilite el tránsito peatonal, vehicular y evite aglomeraciones. Por un lado, se implementó un nuevo paradero que permite tener un espacio exclusivo y formal, que además reduce la aglomeración de peatones y las colas vehiculares. Asimismo, se realizaron cambios en los radios de giro de todas las esquinas de la intersección. Esto logró que los vehículos redujeran sus velocidades cuando

cambiaban de dirección, y de esta manera reducir el riesgo de accidentes de tránsito. Para mejorar el desplazamiento de los vehículos que se encontraban en rutas opuestas, se decidió ampliar el ancho de los carriles centrales de la av. Brasil, que permitió un tránsito más fluido. Por otro lado, se siguió las recomendaciones de manuales y guías de accesibilidad que toma en cuenta la geométrica (dimensiones mínimas para un adecuado desplazamiento) y considera franjas libres sin obstáculos que faciliten la libre circulación de los peatones.

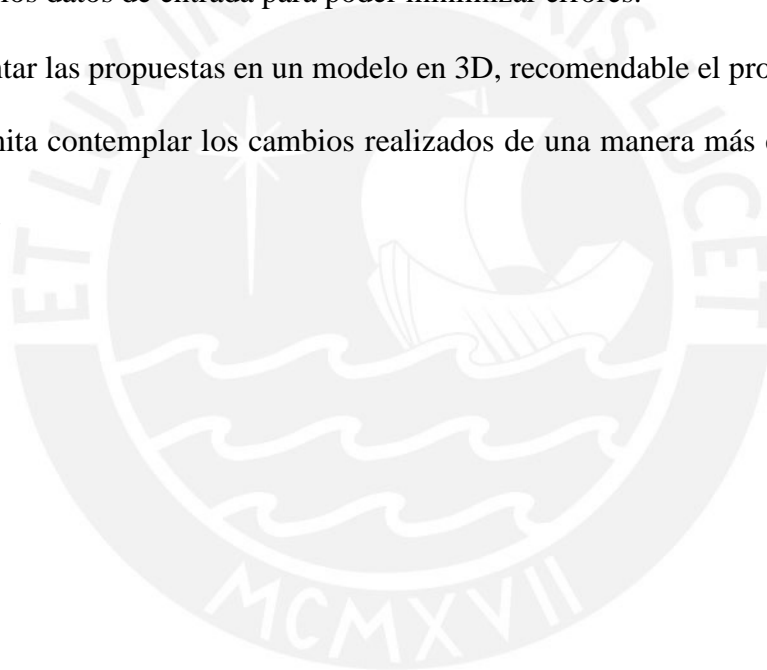
- Finalmente, el tercer objetivo consistió en simular el desplazamiento de los usuarios mediante un modelo de microsimulación de la intersección en estudio, que permita analizar el tránsito y evaluar las propuestas de mejora. En ese sentido, se concluye que el programa permitió representar el escenario actual y el nuevo modelo con las propuestas de mejora. Con ello, se evaluaron los cambios implementados que mostraron mejoras significativas tanto en las condiciones vehiculares (velocidades y demoras) como peatones (velocidades y densidad).

7.2 Recomendaciones

En base al trabajo al trabajo realizado, se recomienda lo siguiente:

- Recolectar información directamente de los usuarios que transitan por la intersección mediante encuestas o entrevistas. Con ello se busca conocer, desde su perspectiva, los problemas o dificultades que presentan al transitar por la zona en estudio y que cambios proponen para mejorarla.
- Recolectar información con tecnologías como drones que permitan reducir tiempos, personal y errores en la toma de datos, principalmente para los aforos vehiculares y peatonales.

- Diseñar la intersección como parte de una red que contemple la influencia de los cambios que se realicen en las zonas aledañas. Esto debido a que los cambios pueden mejorar la zona en estudio, pero pueden repercutir negativamente en los alrededores.
- Tener en cuenta los cambios que puedan producirse en un futuro, y tratar que las propuestas se adapten y sean resistentes con el tiempo. Por eso, se debe tener en cuenta la planificación a largo plazo del uso de suelo.
- Conocer las limitantes del programa y buscar opciones que se asemejen a lo que se quiere modelar. Asimismo, se recomienda manejar una lista de chequeo que permita verificar los datos de entrada para poder minimizar errores.
- Representar las propuestas en un modelo en 3D, recomendable el programa SketchUp, que permita contemplar los cambios realizados de una manera más estética y fácil de entender.



CAPÍTULO 8: BIBLIOGRAFÍA

- Barcelo, J. (2010). Fundamentals of Traffic Simulation. In *Simulation* (Vol. 145).
<https://doi.org/10.1007/978-1-4419-6142-6>
- Cabrera Vega, F. I. (2019). *Tesis doctoral MOVILIDAD URBANA , ESPACIO PÚBLICO Y CIUDADANOS SIN AUTONOMÍA El caso de Lima Autor : Félix Israel Cabrera Vega Director y tutor de tesis : Dr . Ángel Cebollada Frontera Doctorado en Geografía . Universidad Autónoma de Barcelona. 1, 652.*
- CGBVP. (2020). *ESTADISTICA DE EMERGENCIAS ATENDIDAS A NIVEL LIMA, CALLAO E ICA TIPO DE EMERGENCIA - 2020.*
http://www.bomberosperu.gob.pe/po_muestra_esta.asp
- Chen, X., Treiber, M., Kanagaraj, V., & Li, H. (2018). Social force models for pedestrian traffic—state of the art. *Transport Reviews*, 38(5), 625–653.
<https://doi.org/10.1080/01441647.2017.1396265>
- Consejo Nacional de Seguridad Vial. (2015). Informe de Caracterización de Tramos de Vía de Alta Incidencia de Accidentes de Tránsito en el Distrito de Jesus María. *MTC*.
- Corporación Ciudad Accesible. (2010). *Manual de accesibilidad universal.*
- Dextre, J. C. (2020). “El Estado debe subsidiar el transporte público para asegurar medidas sanitarias” | *PUCP. Punto Edu.* <https://puntoedu.pucp.edu.pe/entrevistas/es-momento-de-apostar-por-la-movilidad-no-motorizada/>
- DOCE (2015). “Pasblue, el semáforo accesible para personas con discapacidad visual.” <https://asociaciondoce.com/2015/07/07/pasblue-el-semaforo-accesible-para-personas-con-discapacidad-visual/>
- Dumbaugh, E., & King, M. (2018). Engineering Livable Streets: A Thematic Review of Advancements in Urban Street Design. *Journal of Planning Literature*, 33(4), 451–465.
<https://doi.org/10.1177/0885412218783471>
- El Comercio. (2016). *Lima: Lima, la inaccesible: imposible recorrerla en silla de ruedas.*
<https://elcomercio.pe/lima/lima-inaccesible-imposible-recorrerla-silla-ruedas-148437-noticia/>
- El Peruano. (2020). *Ordenanza N°2273: Ordenanza que promueve la accesibilidad universal y fomenta la inclusión de las personas con discapacidad en Lima Metropolitana*
- Fellendorf, M. (1994). VISSIM: A microscopic Simulation Tool to Evaluate Actuated Signal Control including Bus Priority. *64th Institute of Transportation Engineers Annual*

- Meeting, October 1994, 1–9.*
- Fernández, R. (2010). Apuntes de Gestión de Tránsito. In *Universidad de los Andes Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas. Santiago de Chile.*
- Fundación Once & Fundación COAM. (2011). *Accesibilidad Universal y Diseño para Todos* (Ediciones).
- Gobierno del Perú. (2020a). *Conoce las nuevas reglas que los conductores, cobradores y usuarios deben cumplir para el transporte urbano.* MTC. <https://www.gob.pe/institucion/mtc/noticias/152530-mtc-conoce-las-nuevas-reglas-que-los-conductores-cobradores-y-usuarios-deben-cumplir-para-el-transporte-urbano>
- Gobierno del Perú. (2020b). *Decreto de Urgencia que establece diversas medidas excepcionales y temporales para prevenir la propagación del Coronavirus (COVID-19) en el territorio nacional - DECRETO DE URGENCIA - N° 026-2020 - PODER EJECUTIVO - DECRETOS DE URGENCIA.* El Peruano. <https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/decreto-de-urgencia-que-establece-diversas-medidas-excepcion-decreto-de-urgencia-n-026-2020-1864948-1/>
- Gobierno del Perú. (2020c). *Gobierno transfiere S/50 millones a ATU para labores de prevención, limpieza y desinfección de vehículos de transporte masivo ante el coronavirus.* MTC. <https://www.gob.pe/institucion/mtc/noticias/108947-mtc-gobierno-transfiere-s-50-millones-a-atu-para-labores-de-prevencion-limpieza-y-desinfeccion-de-vehiculos-de-transporte-masivo-ante-el-coronavirus>
- Huallpa, A. (2016). *Modelo De La Fuerza Social Y Micro Simulación.*
- Huerta, J. (2007). Discapacidad y Diseño Accesible. *Lima, Peru*, 170.
- ICG. (2005). *Manual de diseño geométrico de vías urbanas - 2005 - VCHI.* 444–537.
- INEI. (2018). *Censos Nacionales 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas.*
- INEI. (2020). *Informe Técnico- Estadísticas de Seguridad Ciudadana: Noviembre 2019-Abril 2020.*
- ITDP. (2016). *Guía de diseño de calles e intersecciones para Buenos Aires.*
- ISO 2359. (2019). *Productos de apoyo para las personas ciegas con discapacidad visual- Pavimentos indicadores táctiles.*
- Lazar, H. (2019). Comparison of Microscopic Car following Models. *Proceedings - 2019 4th International Conference on Systems of Collaboration, Big Data, Internet of Things and Security, SysCoBIoTS 2019.* <https://doi.org/10.1109/SysCoBIoTS48768.2019.9028040>
- Lima Como Vamos. (2019). *Lima y Callao según sus ciudadanos Décimo Informe Urbano de*

Percepción sobre Calidad de Vida en la Ciudad. 64.

- Los Angeles County. (2011). *Model Design Manual for Living Streets. Los Angeles, USA.*
<https://www.lewis.ucla.edu/wp-content/uploads/sites/2/2014/02/Model-Design-Manual-for-Living-Streets.pdf>
- MIMDES, & CONADIS. (2003). *Adecuación urbanística para personas con discapacidad. Reglamento Nacional de Construcciones, 1, 1–476.*
<https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Ministerio de vivienda. (2010). *Accesibilidad en los espacios públicos urbanizados.*
<http://www.fomento.gob.es/NR/rdonlyres/EC23F871-B5EB-4482-8E3D-10B40D251397/116390/ACCESpPublicUrba.pdf>
- Ministerio de vivienda Construcción y Saneamiento. (2017). *Plan Nacional de Accesibilidad 2018 - 2023.* 98.
- MML. (2014). *PLAN METROPOLITANO DE DESARROLLO URBANO 2035.*
- Molina (2018) *Impacto de los proyecto inmobiliarios y transporte público informal en la circulación: Un enfoque desde la microsimulación"*
- MTC. (2015). *DETECCIÓN, PRIORIZACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE PUNTOS NEGROS EN 5 CIUDADES PRINCIPALES DEL PERÚ. MTC.*
- MTC. (2016). *Manual de dispositivos de control del tránsito automotor para calles y carreteras.*
- Nacional. (2020). *Desde hoy se levanta la cuarentena, excepto en siete departamentos.*
<https://www.radionacional.com.pe/noticias/nacional/desde-hoy-se-levanta-la-cuarentena-excepto-en-siete-departamentos>
- NACTO. (2013). *Urban Street Design Guide | National Association of City Transportation Officials.* <https://nacto.org/publication/urban-street-design-guide/>
- NACTO. (2016). *Transit Frequency & Volume | National Association of City Transportation Officials.* <https://nacto.org/publication/transit-street-design-guide/introduction/service-context/transit-frequency-volume/>
- ONCE. (2003). *Accesibilidad para personas con ceguera y deficiencia visual. Madrid: ONCE*
- Peters, P. A., & Skop, E. H. (2020). *Socio-spatial Segregation in Metropolitan Lima , Peru. JSTOR, 6(1), 149–171.*
- PTV GROUP. (2020a). *PTV Vissim/Traffic Simulation Software| PTV Group.*
<https://www.ptvgroup.com/en/solutions/products/ptv-vissim/>
- PTV GROUP. (2020b). *PTV Viswalk - Pedestrian Simulation Software | PTV Group.*
<https://www.ptvgroup.com/en/solutions/products/ptv-viswalk/>

- PTV Planung Transport Verkehr AG. (2012). *VISSIM 5.40 - Manual del usuario*. 814.
<http://www.ptvag.com/>
- Tom Tom. (2019). *Traffic congestion ranking* /. TomTom Traffic Index.
https://www.tomtom.com/en_gb/traffic-index/ranking/
- Wunderlich, K., Vasudevan, M., & Wang, P. (2019). *Traffic Analysis toolbox volume III: Guidelines for applying traffic microsimulation modeling software 2019 update to the 2004 version*. *III*(April).
<https://ops.fhwa.dot.gov/publications/fhwahop18036/fhwahop18036.pdf>





ANEXOS

ANEXOS

ANEXO 01. DATOS DE CONTROL.....	1
ANEXO 02. DATOS DE DEMANDA	2
ANEXO 03. DATOS PARA LA CALIBRACIÓN Y VALIDACIÓN.....	11
ANEXO 04: CALIBRACIÓN Y VALIDACIÓN	14
ANEXO 05: PLANOS DE LA INTERSECCIÓN	27



LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Fases semafóricas en la intersección	1
Figura 2. Fases semafóricas en la intersección	2
Figura 3. Movimientos con origen en Av. Simón Bolívar.....	2
Figura 4. Movimientos con origen en Av. Brasil-Tramo principal	4
Figura 5. Movimientos con origen en Av. Brasil-Auxiliares.....	5
Figura 6. Flujograma vehicular-Calibración (9am – 24/09/20).....	7
Figura 7. Flujograma vehicular-Validación (9:30am – 07/10/20).....	7
Figura 8. Accesos peatonales de la intersección.....	8
Figura 9. Tramos de calibración vehicular.	11
Figura 10. Tramos de calibración peatonal.....	13
Figura 11. Resultado Statkey Tramo 1 Vehicular-1era iteración.	16
Figura 12. Resultado Statkey Tramo 2 Vehicular-1era iteración.	16
Figura 13. Resultado Statkey Tramo 1 Peatonal-1era iteración.	17
Figura 14. Resultado Statkey Tramo 2 Peatonal-1era iteración.	17
Figura 15. Resultado Statkey Tramo 1 Vehicular-2da iteración.....	19
Figura 16. Resultado Statkey Tramo 2 Vehicular-2da iteración.....	19
Figura 17. Resultado Statkey Tramo 1 Peatonal-2da iteración.....	20
Figura 18. Resultado Statkey Tramo 2 Peatonal-2da iteración.....	20
Figura 19. Resultado Statkey Tramo 1 Vehicular-3era iteración.	22
Figura 20. Resultado Statkey Tramo 2 Vehicular-3era iteración.	22

Figura 21. Resultado Statkey Tramo 1 Peatonal-3era iteración.	23
Figura 22. Resultado Statkey Tramo 2 Peatonal-3era iteración.	23
Figura 23. Resultado Statkey Tramo 1 Vehicular-Validación.....	25
Figura 24. Resultado Statkey Tramo 2 Vehicular-Validación.....	25
Figura 25. Resultado Statkey Tramo 1 Peatonal-Validación.....	26
Figura 26. Resultado Statkey Tramo 2 Peatonal-Validación.....	26



LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Datos de control.....	1
Tabla 2. Aforo Vehicular con origen en la av. Bolívar (Calibración)	3
Tabla 3. Aforo Vehicular con origen en la av. Bolívar (Validación)	3
Tabla 4. Aforo Vehicular con origen en la av. Brasil-Tramo principal (Calibración).....	4
Tabla 5. Aforo Vehicular con origen en la av. Brasil-Tramo principal (Validación).....	5
Tabla 6. Aforo Vehicular con origen en la av. Brasil-Auxiliares (Calibración).....	6
Tabla 7. Aforo Vehicular con origen en la av. Brasil-Auxiliares (Validación).....	6
Tabla 8. Aforo Peatonal-Primeros 15min (Calibración).....	8
Tabla 9. Aforo Peatonal-Últimos 15min (Calibración)	9
Tabla 10. Aforo Peatonal-Primeros 15min (Validación).....	9
Tabla 11. Aforo Peatonal-Últimos 15min (Validación)	10
Tabla 12. Aforo Peatonal-peatones/hora (Calibración)	10
Tabla 13. Aforo Peatonal-peatones/hora (Validación)	11
Tabla 15. Tiempos de viaje en campo-Vehicular	12
Tabla 15. Tiempos de viaje en campo-Peatonal	14
Tabla 16. Resultados para primera iteración (Calibración)	15
Tabla 17. Resultados para segunda iteración (Calibración).....	18
Tabla 18. Resultados para tercera iteración (Calibración).....	21
Tabla 19. Resultados para la validación	24

ANEXO 01. DATOS DE CONTROL

La intersección cuenta con un ciclo de 100 segundos dispuesta en dos fases. La primera corresponde a los movimientos en el acceso de la av. Bolívar y la segunda a los de la av. Brasil, como se observa en la Figura 1.



Figura 1. Fases semafóricas en la intersección
Fuente: Elaboración Propia

Los tiempos obtenidos en la recolección de datos se muestran a continuación:

Tabla 1. Datos de control

		Tiempo (s)			Promedio	Tomado
		1	2	3		
FASE 1	VERDE	57.5	58.1	58.4	58.0	58.0
	ÁMBAR	3.0	2.9	2.8	2.9	3.0
	ROJO	39.7	38.9	39.0	39.2	39.0
FASE 2	VERDE	32.4	32.4	32.0	32.3	32.0
	ÁMBAR	2.6	2.7	3.0	2.8	3.0
	ROJO	64.6	65.4	65.0	65.0	65.0

De esta manera se obtuvo el ciclo semafórico



Figura 2. Fases semafóricas en la intersección
Fuente: Elaboración Propia

ANEXO 02. DATOS DE DEMANDA

La recolección de datos fue para un periodo de 30 minutos en rangos de 15 minutos, tanto para la calibración como validación.

a. Aforo vehicular

- Av. Simón Bolívar

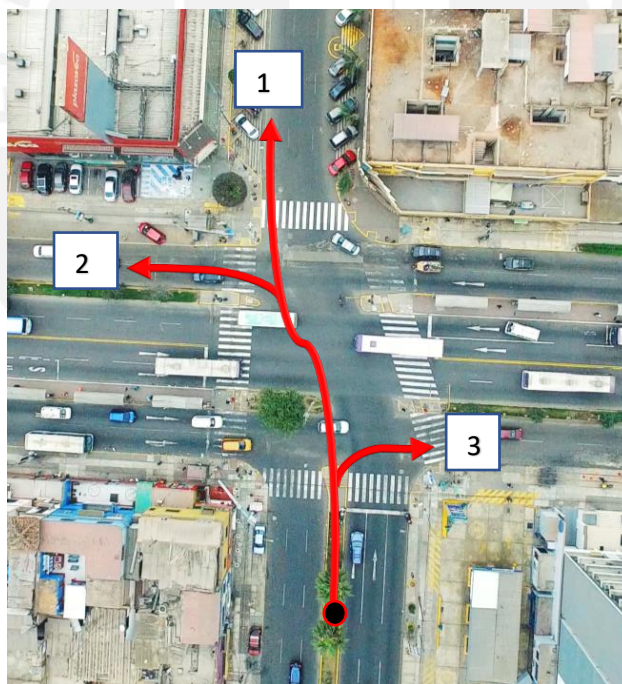


Figura 3. Movimientos con origen en Av. Simón Bolívar
Fuente: Elaboración Propia

De ello se obtuvo el volumen de entrada con origen en la av. Bolívar y su respectiva composición vehicular.

Calibración

La recolección de datos tuvo lugar el 24 de setiembre del 2020 de 9:00am a 9:30am

Tabla 2. Aforo Vehicular con origen en la av. Bolívar (Calibración)

CALIBRACIÓN									
Fecha y hora	24 setiembre-9:00 a 9:15 am								
Movimiento	Auto	Couster	Combi	Bus	Corredor morado	Bicicleta	Moto	Camión	Total
1	296	14	1	8	0	5	29	6	359
2	37	0	0	0	0	0	6	3	46
3	14	0	0	0	0	2	1	0	17
Total	347	14	1	8	0	7	36	9	422

CALIBRACIÓN									
Fecha y hora	24 setiembre-9:15 a 9:30 am								
Movimiento	Auto	Couster	Combi	Bus	Corredor morado	Bicicleta	Moto	Camión	Total
1	279	16	2	5	0	3	35	4	344
2	41	0	0	0	0	0	5	4	50
3	12	0	0	0	0	0	3	0	15
Total	332	16	2	5	0	3	43	8	409

Validación

La recolección de datos tuvo lugar el 07 de octubre del 2020 de 9:30am a 10:00am

Tabla 3. Aforo Vehicular con origen en la av. Bolívar (Validación)

VALIDACIÓN									
Fecha y hora	7 octubre-9:30 a 9:45 am								
Movimiento	Auto	Couster	Combi	Bus	Corredor morado	Bicicleta	Moto	Camión	Total
1	228	11	0	10	0	1	31	8	289
2	36	0	0	0	0	0	9	0	45
3	17	0	0	0	0	0	2	0	19
Total	281	11	0	10	0	1	42	8	353

VALIDACIÓN									
Fecha y hora	7 octubre-9:45 a 10:00 am								
Movimiento	Auto	Couster	Combi	Bus	Corredor morado	Bicicleta	Moto	Camión	Total
1	234	14	0	8	0	3	35	9	303
2	32	0	0	0	0	0	7	2	41
3	14	0	0	0	0	0	1	0	15
Total	280	14	0	8	0	3	43	11	359

- Av. Brasil-Tramo principal

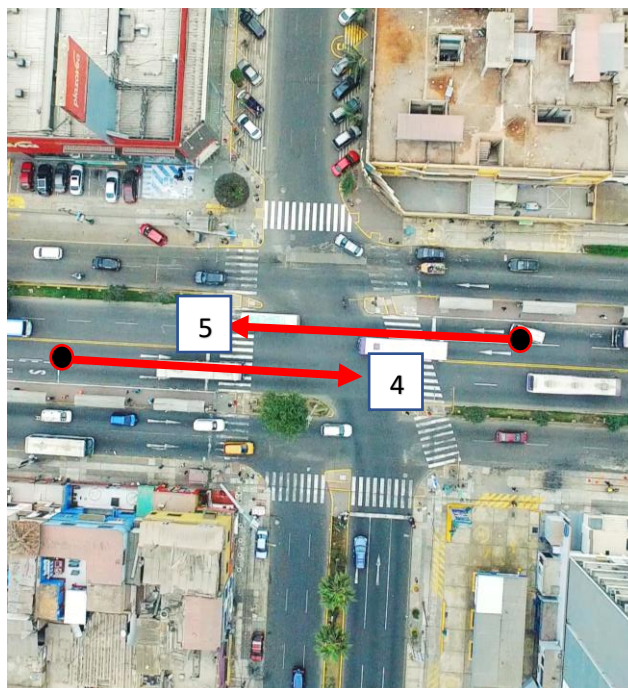


Figura 4. Movimientos con origen en Av. Brasil-Tramo principal
Fuente: Elaboración Propia

De ello se obtuvo los volúmenes de entradas con origen en los tramos principales de la av. Brasil en ambas direcciones y sus respectivas composiciones vehicular.

Calibración

La recolección de datos tuvo lugar el 24 de setiembre del 2020 de 9:00am a 9:30am

Tabla 4. Aforo Vehicular con origen en la av. Brasil-Tramo principal (Calibración)

CALIBRACIÓN									
Fecha y hora	24 setiembre-9:00 a 9:15 am								
Movimiento	Auto	Couster	Combi	Bus	Corredor morado	Bicicleta	Moto	Camión	Total
4	4	10	4	10	3	0	3	0	34
5	2	12	5	15	2	0	1	0	37

CALIBRACIÓN									
Fecha y hora	24 setiembre-9:15 a 9:30 am								
Movimiento	Auto	Couster	Combi	Bus	Corredor morado	Bicicleta	Moto	Camión	Total
4	7	6	5	11	2	0	2	0	33
5	2	4	3	10	1	0	4	0	24

Validación

La recolección de datos tuvo lugar el 07 de octubre del 2020 de 9:30am a 10:00am

Tabla 5. Aforo Vehicular con origen en la av. Brasil-Tramo principal (Validación)

VALIDACIÓN									
Fecha y hora	7 octubre-9:30 a 9:45 am								
Movimiento	Auto	Couster	Combi	Bus	Corredor morado	Bicicleta	Moto	Camión	Total
4	3	26	3	9	3	0	2	0	46
5	5	12	3	11	1	0	2	0	34

VALIDACIÓN									
Fecha y hora	7 octubre-9:45 a 10:00 am								
Movimiento	Auto	Couster	Combi	Bus	Corredor morado	Bicicleta	Moto	Camión	Total
4	5	24	3	12	2	0	1	1	48
5	4	15	5	12	2	0	4	0	42

- Av. Brasil- Auxiliares

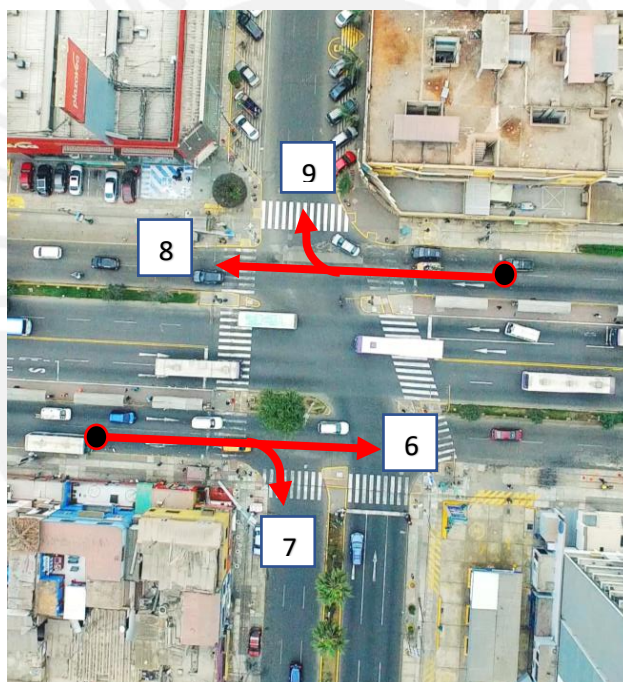


Figura 5. Movimientos con origen en Av. Brasil-Auxiliares
Fuente: Elaboración Propia

De ello se obtuvo los volúmenes de entradas con origen en los tramos auxiliares de la av. Brasil en ambas direcciones 9 y sus respectivas composiciones vehicular.

Calibración

La recolección de datos tuvo lugar el 24 de setiembre del 2020 de 9:00am a 9:30am

Tabla 6. Aforo Vehicular con origen en la av. Brasil-Auxiliares (Calibración)

CALIBRACIÓN									
Fecha y hora	24 setiembre-9:00 a 9:15 am								
Movimiento	Auto	Couster	Combi	Bus	Corredor morado	Bicicleta	Moto	Camión	Total
6	87	0	0	0	0	1	16	3	107
7	23	12	0	4	0	1	2	0	42
Total	110	12	0	4	0	2	18	3	149
8	72	0	0	0	0	1	9	0	82
9	18	0	0	0	0	1	4	0	23
Total	90	0	0	0	0	2	13	0	105
CALIBRACIÓN									
Fecha y hora	24 setiembre-9:15 a 9:30 am								
Movimiento	Auto	Couster	Combi	Bus	Corredor morado	Bicicleta	Moto	Camión	Total
6	84	0	0	0	0	0	12	2	98
7	15	15	0	6	0	1	1	0	38
Total	99	15	0	6	0	1	13	2	136
8	59	0	0	0	0	2	6	0	67
9	21	0	0	0	0	0	3	0	24
Total	80	0	0	0	0	2	9	0	91

Validación

La recolección de datos tuvo lugar el 07 de octubre del 2020 de 9:30am a 10:00am

Tabla 7. Aforo Vehicular con origen en la av. Brasil-Auxiliares (Validación)

VALIDACIÓN									
Fecha y hora	7 octubre-9:30 a 9:45 am								
Movimiento	Auto	Couster	Combi	Bus	Corredor morado	Bicicleta	Moto	Camión	Total
6	76	0	0	0	0	0	21	5	102
7	21	15	0	3	0	2	3	0	44
Total	97	15	0	3	0	2	24	5	146
8	69	0	0	0	0	0	7	0	76
9	19	0	0	0	0	1	2	0	22
Total	88	0	0	0	0	1	9	0	98
VALIDACIÓN									
Fecha y hora	7 octubre-9:45 a 10:00 am								
Movimiento	Auto	Couster	Combi	Bus	Corredor morado	Bicicleta	Moto	Camión	Total
6	82	0	0	0	0	3	30	2	117
7	17	11	1	5	0	0	1	1	36
Total	99	11	1	5	0	3	31	3	153
8	80	0	0	0	0	2	8	0	90
9	23	0	0	0	0	4	0	0	27
Total	103	0	0	0	0	6	8	0	117

De los 15 minutos más críticos se cada toma (calibración y validación) se obtuvo los siguientes flujogramas finales en vehículos /hora:

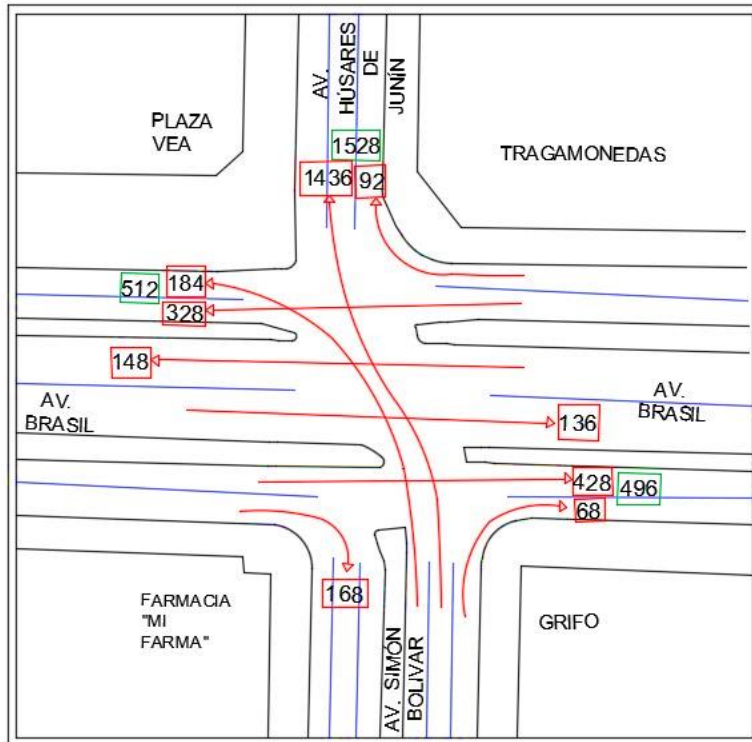


Figura 6. Flujograma vehicular-Calibración (9am – 24/09/20)
Fuente: Elaboración Propia

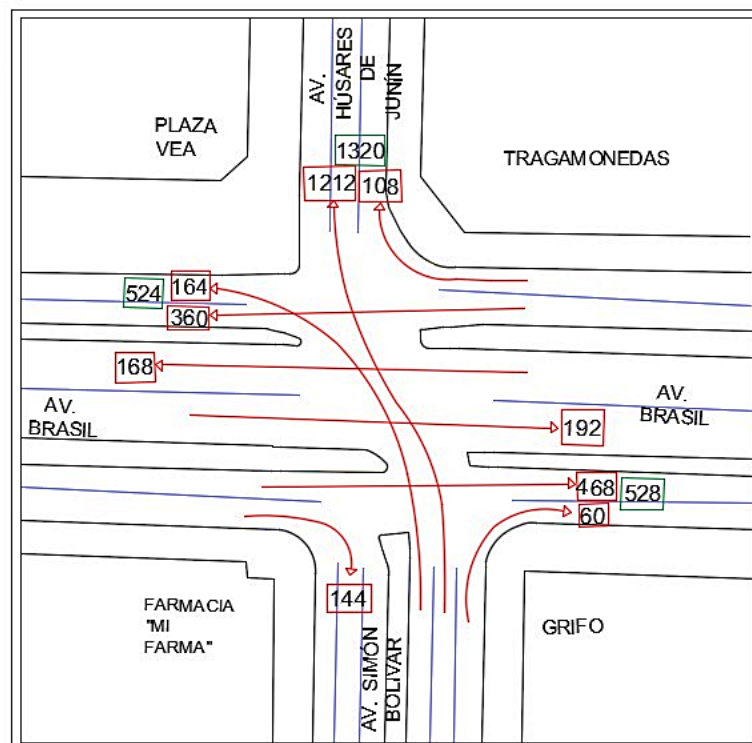


Figura 7. Flujograma vehicular-Validación (9:30am – 07/10/20)
Fuente: Elaboración Propia

b. Aforo peatonal

Los puntos de origen y destino se aprecian en la figura para lo cual se registra la data para 30 minutos de grabación en rangos de 15min al igual que el aforo vehicular tanto para calibración como validación:

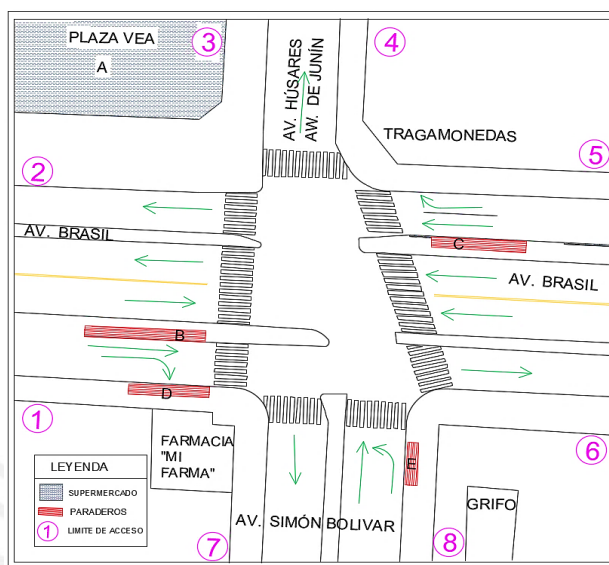


Figura 8. Accesos peatonales de la intersección.
Fuente: Elaboración Propia

Calibración

La recolección de datos tuvo lugar el 24 de setiembre del 2020 de 9:00am a 9:30am

Tabla 8. Aforo Peatonal-Primeros 15min (Calibración)

CALIBRACIÓN														
Fecha y Hora	24 setiembre-9:00 a 9:15 am													
O/D	1	2	3	4	5	6	7	8	A	B	C	D	E	Total
1	0	0	2	1	2	3	5	2	2	4	2	4	2	29
2	0	0	1	2	6	2	2	1	4	2	2	1	1	24
3	1	4	0	0	6	1	2	2	14	9	3	2	1	45
4	1	1	0	0	6	2	1	2	2	2	9	1	1	28
5	1	2	2	2	0	0	3	2	4	2	2	2	1	23
6	2	1	2	6	0	0	2	5	2	1	4	1	3	29
7	2	2	2	1	1	1	0	0	2	2	2	2	1	18
8	2	1	2	2	6	8	0	0	3	5	4	4	2	39
B	2	1	3	1	2	2	4	4	3	6	0	6	3	37
C	1	2	2	1	1	2	2	3	4	0	7	4	2	31
D	1	1	2	1	1	2	3	3	2	2	1	2	1	22
E	2	1	1	2	3	3	1	0	2	4	3	0	1	23
Total	15	16	19	19	34	26	25	24	44	39	39	29	19	348

Tabla 9. Aforo Peatonal-Últimos 15min (Calibración)

CALIBRACIÓN														
Fecha y Hora	24 setiembre-9:15 a 9:30 am													
O/D	1	2	3	4	5	6	7	8	A	B	C	D	E	Total
1	0	0	1	1	1	8	3	3	2	4	1	6	1	31
2	0	0	4	1	4	1	3	1	5	5	4	1	0	29
3	2	6	0	0	1	1	1	1	6	2	2	3	1	26
4	1	2	0	0	3	4	1	5	1	1	6	1	0	25
5	2	3	4	6	0	0	2	2	5	2	5	1	0	32
6	2	1	2	1	0	0	2	4	1	1	5	2	1	22
7	2	1	2	1	1	2	0	0	3	5	1	2	1	21
8	3	3	2	3	4	4	0	0	3	6	6	3	2	39
B	3	4	3	6	3	1	10	3	7	1	0	6	2	49
C	2	6	3	1	1	3	5	1	2	0	1	2	2	29
D	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	3	0	16
E	1	1	1	2	1	3	1	0	1	1	2	0	0	14
Total	19	28	23	24	21	28	29	21	37	29	34	30	10	333

Validación

La recolección de datos tuvo lugar el 07 de octubre del 2020 de 9:30am a 10:00am

Tabla 10. Aforo Peatonal-Primeros 15min (Validación)

VALIDACIÓN														
Fecha y Hora	07 de octubre-9:30 a 9:45 am													
O/D	1	2	3	4	5	6	7	8	A	B	C	D	E	Total
1	0	0	1	1	2	6	4	5	3	3	1	7	2	35
2	0	0	2	2	3	2	3	2	5	6	4	1	1	31
3	2	3	0	0	1	1	1	1	9	1	2	2	1	24
4	1	1	0	0	2	3	2	6	2	1	5	2	1	26
5	1	4	3	3	0	0	2	1	3	3	4	1	0	25
6	2	1	2	1	0	0	3	2	3	1	4	2	0	21
7	2	1	1	2	1	2	0	0	4	4	1	2	2	22
8	4	2	2	2	2	6	0	0	5	9	3	2	1	38
B	2	6	4	4	2	1	9	4	9	1	0	5	1	48
C	2	2	1	1	1	4	4	1	2	0	1	2	0	21
D	4	1	1	1	3	1	2	3	2	2	1	4	0	25
E	2	1	1	2	1	2	1	0	2	3	1	0	0	16
Total	22	22	18	19	18	28	31	25	49	34	27	30	9	332

Tabla 11. Aforo Peatonal-Últimos 15min (Validación)

VALIDACIÓN														
Fecha y Hora	07 de octubre-9:45 a 10:00 am													
O/D	1	2	3	4	5	6	7	8	A	B	C	D	E	Total
1	0	0	1	1	1	2	4	4	1	1	1	5	1	22
2	0	0	5	1	8	1	1	1	4	3	6	1	1	32
3	2	2	0	0	1	1	2	1	10	4	1	1	0	25
4	2	2	0	0	5	1	1	3	1	3	3	2	0	23
5	1	4	2	8	0	0	1	3	3	4	2	2	1	31
6	3	1	2	4	0	0	3	3	2	3	6	3	2	32
7	2	1	4	1	2	2	0	0	4	4	3	2	1	26
8	4	4	2	3	4	5	0	0	4	5	6	4	1	42
B	6	1	1	9	1	3	2	10	3	8	0	4	1	49
C	1	2	5	2	1	3	5	1	2	0	14	4	2	42
D	1	1	1	3	1	1	1	1	1	3	1	4	1	20
E	1	1	2	1	1	1	2	1	1	2	1	1	0	15
Total	23	19	25	33	25	20	22	28	36	40	44	33	11	359

De los 15 minutos más críticos se cada toma (calibración y validación) se obtuvo los siguientes flujos finales en peatones /hora:

Tabla 12. Aforo Peatonal-peatones/hora (Calibración)

CALIBRACIÓN														
PEATONES/HORA														
O/D	1	2	3	4	5	6	7	8	A	B	C	D	E	Total
1	0	0	8	4	8	12	20	8	8	16	8	16	8	116
2	0	0	4	8	24	8	8	4	16	8	8	4	4	96
3	4	16	0	0	24	4	8	8	56	36	12	8	4	180
4	4	4	0	0	24	8	4	8	8	8	36	4	4	112
5	4	8	8	8	0	0	12	8	16	8	8	8	4	92
6	8	4	8	24	0	0	8	20	8	4	16	4	12	116
7	8	8	8	4	4	4	0	0	8	8	8	8	4	72
8	8	4	8	8	24	32	0	0	12	20	16	16	8	156
B	8	4	12	4	8	8	16	16	12	24	0	24	12	148
C	4	8	8	4	4	8	8	12	16	0	28	16	8	124
D	4	4	8	4	4	8	12	12	8	8	4	8	4	88
E	8	4	4	8	12	12	4	0	8	16	12	0	4	92
Total	60	64	76	76	136	104	100	96	176	156	156	116	76	1392

Tabla 13. Aforo Peatonal-peatones/hora (Validación)

VALIDACIÓN														
PEATONES/HORA														
O/D	1	2	3	4	5	6	7	8	A	B	C	D	E	Total
1	0	0	4	4	4	8	16	16	4	4	4	20	4	88
2	0	0	20	4	32	4	4	4	16	12	24	4	4	128
3	8	8	0	0	4	4	8	4	40	16	4	4	0	100
4	8	8	0	0	20	4	4	12	4	12	12	8	0	92
5	4	16	8	32	0	0	4	12	12	16	8	8	4	124
6	12	4	8	16	0	0	12	12	8	12	24	12	8	128
7	8	4	16	4	8	8	0	0	16	16	12	8	4	104
8	16	16	8	12	16	20	0	0	16	20	24	16	4	168
B	24	4	4	36	4	12	8	40	12	32	0	16	4	196
C	4	8	20	8	4	12	20	4	8	0	56	16	8	168
D	4	4	4	12	4	4	4	4	4	12	4	16	4	80
E	4	4	8	4	4	4	8	4	4	8	4	4	0	60
Total	92	76	100	132	100	80	88	112	144	160	176	132	44	1436

ANEXO 03. DATOS PARA LA CALIBRACIÓN Y VALIDACIÓN

a. Vehicular

Para la calibración vehicular se tomó como referencia dos tramos en la Av. Brasil. El primero con una distancia de 20m y el segundo de 30m como en la Figura.



Figura 9. Tramos de calibración vehicular.

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 15. Tiempos de viaje en campo-Vehicular

N°	CALIBRACIÓN		N°	VALIDACIÓN	
	Tramo 1=20m	Tramo 2= 30m		Tramo 1=20m	Tramo 2= 30m
	t (s)	t (s)		t (s)	t (s)
1	2.35	3.79	1	2.23	3.56
2	2.17	3.51	2	2.12	4.07
3	3.03	3.46	3	3.26	3.5
4	2.34	2.96	4	2.38	3.18
5	2.35	3.11	5	2.4	3.11
6	2.21	4.23	6	2.47	2.86
7	2.87	3.34	7	2.48	4.04
8	2.1	2.87	8	2.76	3.36
9	2.35	3.79	9	2.83	4.25
10	2.08	2.11	10	3.28	3.73
11	2.45	4.16	11	2.77	2.38
12	2.7	4.21	12	2.51	2.07
13	2.24	3.76	13	2.96	4.16
14	2.17	3.93	14	2.81	2.49
15	2.42	2.17	15	2.63	2.9
16	2.52	3.58	16	2.14	3.95
17	2.94	3.51	17	2.41	4.61
18	2.26	3.52	18	2.33	4.42
19	2.15	3.48	19	2.32	3.47
20	2.23	3.09	20	2.79	2.77
21	2.25	2.32	21	2.43	4.25
22	2.25	3.88	22	3.13	3.47
23	2.42	2.4	23	2.41	2.68
24	2.08	2.58	24	2.84	4.54
25	2.27	3.58	25	2.45	3.84
26	2.41	3.7	26	2.36	3.32
27	2.88	3.71	27	2.69	3.89
28	2.94	3.65	28	2.58	4.36
29	2.45	4.18	29	2.47	3.96
30	2.7	3.91	30	2.69	4
Promedio	2.419	3.416	Promedio	2.598	3.573
Desv. Std	0.280	0.609	Desv. Std	0.301	0.682
Error	0.242	0.342	Error	0.260	0.357
t-Student	2.045	2.045	t-Student	2.045	2.045
N° mínimo	6	14	N° mínimo	6	16

b. Peatonal

Para la calibración peatonal se tomó como referencia dos tramos en los cruces de la Av. Brasil. El primero con una distancia de 13.20m y el segundo de 14m como en la Figura.

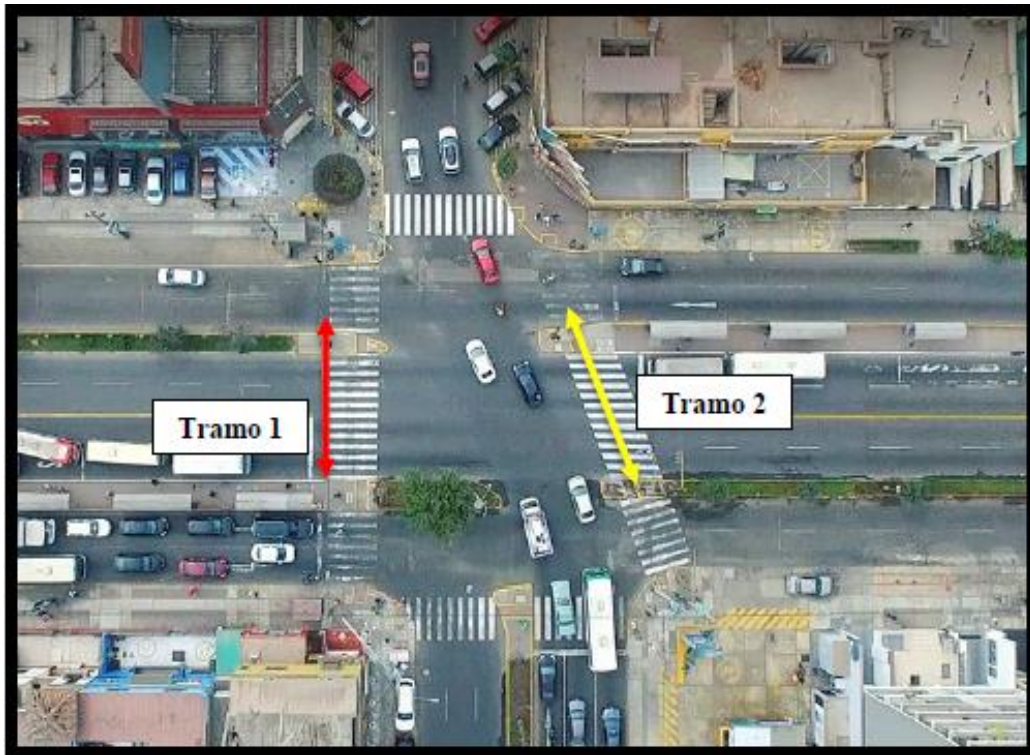


Figura 10. Tramos de calibración peatonal.

Fuente: Elaboración Propia

MCMXVII

Tabla 15. Tiempos de viaje en campo-Peatonal

N°	CALIBRACIÓN		N°	VALIDACIÓN	
	Tramo 1=13.2m	Tramo 2= 14m		Tramo 1=13.2m	Tramo 2= 14m
	t (s)	t (s)		t (s)	t (s)
1	12.10	13.10	1	12.50	12.80
2	11.30	12.60	2	11.90	12.30
3	11.60	11.90	3	11.30	12.10
4	12.00	12.40	4	11.50	13.30
5	11.90	12.70	5	11.40	12.60
6	12.20	13.20	6	11.70	11.80
7	11.90	12.80	7	11.60	12.90
8	12.50	12.60	8	11.90	11.90
9	11.90	12.80	9	12.30	13.40
10	12.80	12.00	10	12.20	12.20
11	12.10	12.50	11	11.90	12.10
12	11.70	12.40	12	11.80	11.80
13	12.70	13.00	13	13.10	12.90
14	13.30	12.60	14	12.00	12.50
15	11.60	11.80	15	11.80	12.70
16	11.00	12.90	16	11.70	12.80
17	13.20	12.70	17	12.10	11.90
18	11.10	12.10	18	12.60	13.10
19	11.00	12.60	19	12.20	12.50
20	11.60	13.20	20	12.50	12.70
Promedio	11.975	12.595	Promedio	12.000	12.515
Desv. Std	0.667	0.407	Desv. Std	0.447	0.489
Error	1.198	1.260	Error	1.200	1.252
t-Student	2.093	2.093	t-Student	2.093	2.093
N° mínimo	2	1	N° mínimo	1	1

ANEXO 04: CALIBRACIÓN Y VALIDACIÓN

a) Calibración

Para calibrar el modelo se realizó una iteración cambiando los parámetros de comportamiento vehicular de Wiedemann y de fuerza social.

1era iteración

Se corrió el modelo con valores de $a_x=1$, $b_x=1.5$, $c_x=1.5$ y $\tau=0.2$ y se obtuvo los siguientes resultados que fueron procesados en statkey.

Tabla 16. Resultados para primera iteración (Calibración)

VEHICULAR			PEATONAL		
Data	Tramo 1	Tramo 2	Data	Tramo 1	Tramo 2
Campo	2.35	3.79	Campo	12.10	13.10
Campo	2.17	3.51	Campo	11.30	12.60
Campo	3.03	3.46	Campo	11.60	11.90
Campo	2.34	2.96	Campo	12.00	12.40
Campo	2.35	3.11	Campo	11.90	12.70
Campo	2.21	4.23	Campo	12.20	13.20
Campo	2.87	3.34	Campo	11.90	12.80
Campo	2.10	2.87	Campo	12.50	12.60
Campo	2.35	3.79	Campo	11.90	12.80
Campo	2.08	2.11	Campo	12.80	12.00
Campo	2.45	4.16	Campo	12.10	12.50
Campo	2.70	4.21	Campo	11.70	12.40
Campo	2.24	3.76	Campo	12.70	13.00
Campo	2.17	3.93	Campo	13.30	12.60
Campo	2.42	2.17	Campo	11.60	11.80
Campo	2.52	3.58	Campo	11.00	12.90
Campo	2.94	3.51	Campo	13.20	12.70
Campo	2.26	3.52	Campo	11.10	12.10
Campo	2.15	3.48	Campo	11.00	12.60
Campo	2.23	3.09	Campo	11.60	13.20
Campo	2.25	2.32	Simulación	11.53	13.09
Campo	2.25	3.88	Simulación	12.67	12.83
Campo	2.42	2.40	Simulación	11.97	12.66
Campo	2.08	2.58	Simulación	12.34	12.80
Campo	2.27	3.58	Simulación	12.43	13.16
Campo	2.41	3.70	Simulación	13.05	12.64
Campo	2.88	3.71	Simulación	12.18	13.03
Campo	2.94	3.65	Simulación	12.05	12.63
Campo	2.45	4.18	Simulación	11.89	12.77
Campo	2.70	3.91	Simulación	12.17	13.25
Simulación	2.41	2.91	Simulación	12.17	13.06
Simulación	2.38	3.04	Simulación	12.95	12.49
Simulación	2.46	2.94	Simulación	12.46	13.17
Simulación	2.35	2.99	Simulación	12.17	12.49
Simulación	2.35	2.88	Simulación	12.33	12.62
Simulación	2.37	2.89			
Simulación	2.38	3.40			
Simulación	2.37	2.87			
Simulación	2.35	3.03			
Simulación	2.35	2.88			
Simulación	2.39	2.86			
Simulación	2.40	3.08			
Simulación	2.35	2.72			
Simulación	2.38	3.08			
Simulación	2.41	2.94			

Tramo 1: Vehicular

Estado: Calibrado

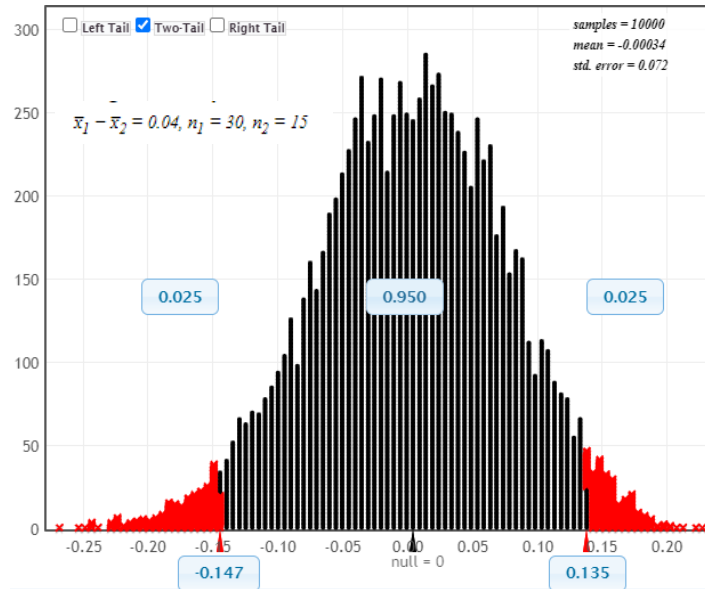


Figura 11. Resultado Statkey Tramo 1 Vehicular-1era iteración.
Fuente: Elaboración Propia

Tramo 2: Vehicular

Estado: No calibrado

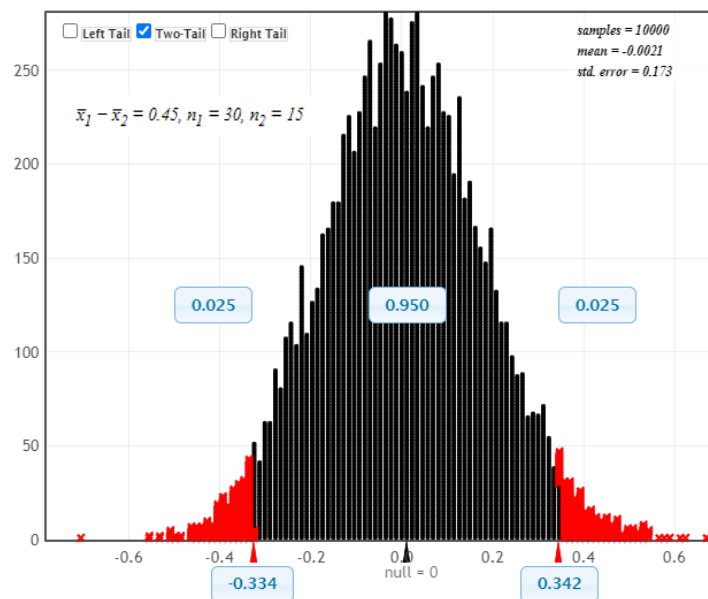


Figura 12. Resultado Statkey Tramo 2 Vehicular-1era iteración.
Fuente: Elaboración Propia

Tramo 1: Peatonal

Estado: Calibrado

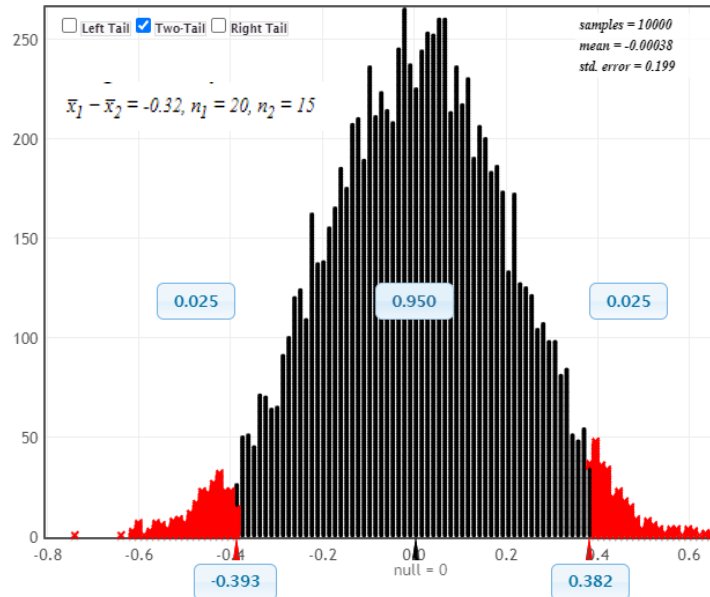


Figura 13. Resultado Statkey Tramo 1 Peatonal-1era iteración.

Fuente: Elaboración Propia

Tramo 2: peatonal

Estado: No calibrado

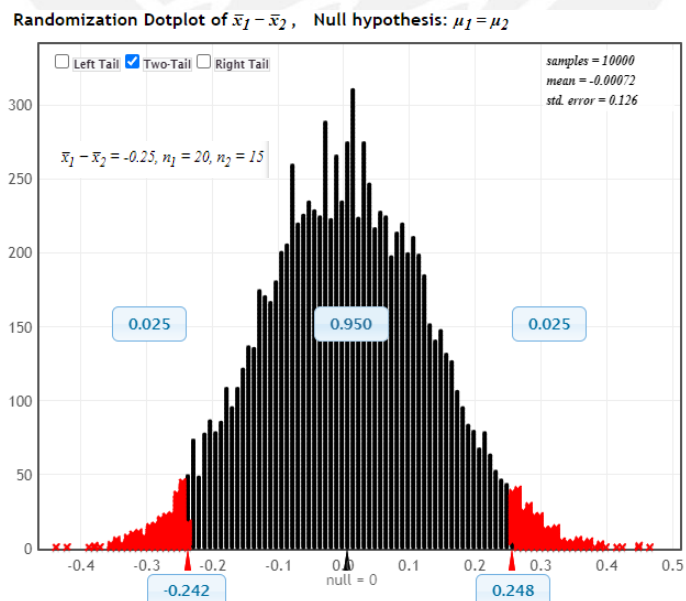


Figura 14. Resultado Statkey Tramo 2 Peatonal-1era iteración.

Fuente: Elaboración Propia

2da iteración

Se corrió el modelo con valores de $ax=1$, $bx=1.5$, $cx=3$ y $\tau=0.4$ y se obtuvo los siguientes resultados que fueron procesados en statkey.

Tabla 17. Resultados para segunda iteración (Calibración)

VEHICULAR			PEATONAL		
Data	Tramo 1	Tramo 2	Data	Tramo 1	Tramo 2
Campo	2.35	3.79	Campo	12.10	13.10
Campo	2.17	3.51	Campo	11.30	12.60
Campo	3.03	3.46	Campo	11.60	11.90
Campo	2.34	2.96	Campo	12.00	12.40
Campo	2.35	3.11	Campo	11.90	12.70
Campo	2.21	4.23	Campo	12.20	13.20
Campo	2.87	3.34	Campo	11.90	12.80
Campo	2.10	2.87	Campo	12.50	12.60
Campo	2.35	3.79	Campo	11.90	12.80
Campo	2.08	2.11	Campo	12.80	12.00
Campo	2.45	4.16	Campo	12.10	12.50
Campo	2.70	4.21	Campo	11.70	12.40
Campo	2.24	3.76	Campo	12.70	13.00
Campo	2.17	3.93	Campo	13.30	12.60
Campo	2.42	2.17	Campo	11.60	11.80
Campo	2.52	3.58	Campo	11.00	12.90
Campo	2.94	3.51	Campo	13.20	12.70
Campo	2.26	3.52	Campo	11.10	12.10
Campo	2.15	3.48	Campo	11.00	12.60
Campo	2.23	3.09	Campo	11.60	13.20
Campo	2.25	2.32	Simulación	11.66	13.23
Campo	2.25	3.88	Simulación	12.59	12.41
Campo	2.42	2.40	Simulación	12.18	12.89
Campo	2.08	2.58	Simulación	12.19	12.84
Campo	2.27	3.58	Simulación	12.67	13.39
Campo	2.41	3.70	Simulación	12.71	12.83
Campo	2.88	3.71	Simulación	12.25	13.14
Campo	2.94	3.65	Simulación	12.04	12.46
Campo	2.45	4.18	Simulación	11.89	12.79
Campo	2.70	3.91	Simulación	12.17	12.89
Simulación	2.39	2.84	Simulación	12.23	13.32
Simulación	2.39	2.83	Simulación	13.13	12.39
Simulación	2.40	3.13	Simulación	12.33	13.24
Simulación	2.33	3.06	Simulación	12.27	12.24
Simulación	2.36	3.10	Simulación	12.44	12.52
Simulación	2.36	2.94			
Simulación	2.38	3.43			
Simulación	2.35	2.84			
Simulación	2.33	3.33			
Simulación	2.32	2.99			
Simulación	2.38	3.20			
Simulación	2.35	2.97			
Simulación	2.36	2.73			
Simulación	2.37	3.00			
Simulación	2.42	3.01			

Tramo 1: Vehicular

Estado: Calibrado

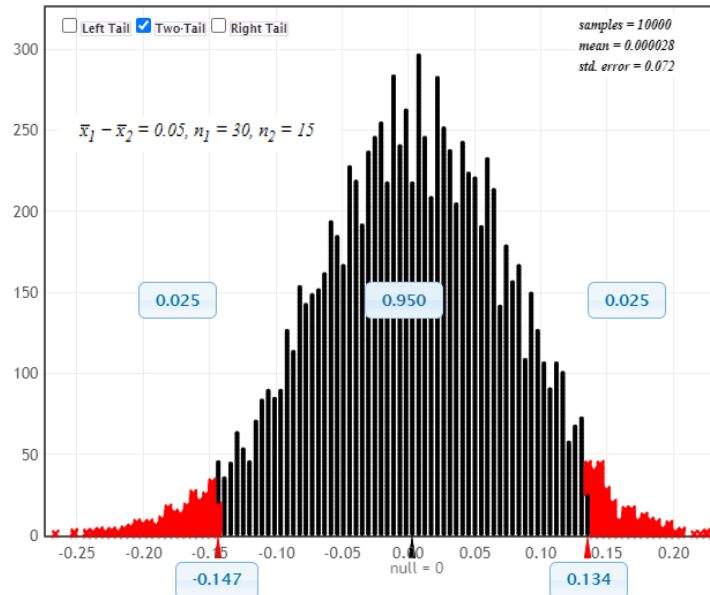


Figura 15. Resultado Statkey Tramo 1 Vehicular-2da iteración.

Fuente: Elaboración Propia

Tramo 2: Vehicular

Estado: No calibrado

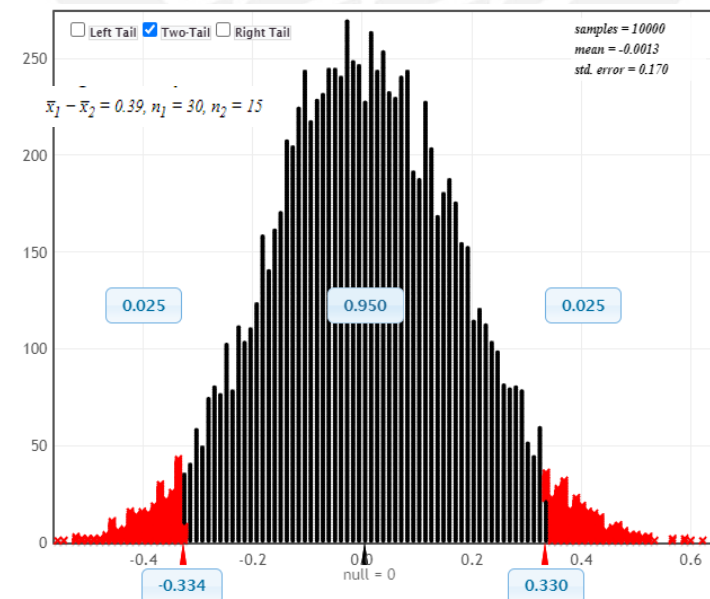


Figura 16. Resultado Statkey Tramo 2 Vehicular-2da iteración.

Fuente: Elaboración Propia

Tramo 1: Peatonal

Estado: Calibrado

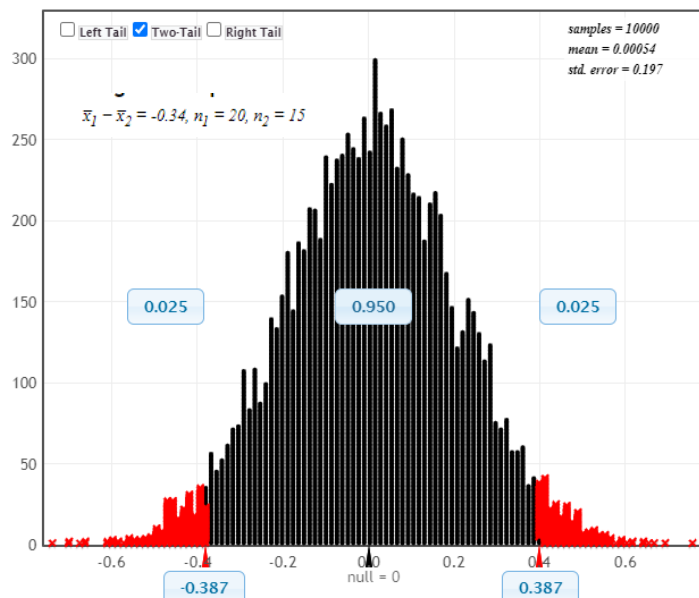


Figura 17. Resultado Statkey Tramo 1 Peatonal-2da iteración.
Fuente: Elaboración Propia

Tramo 2: Peatonal

Estado: Calibrado

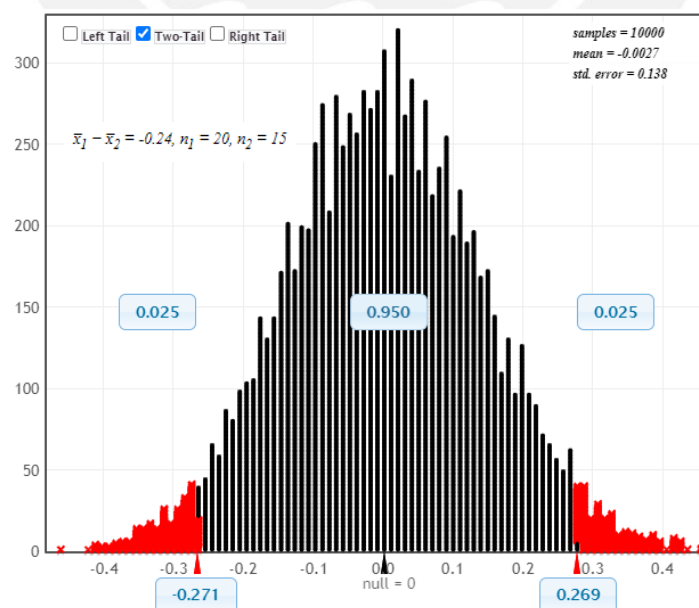


Figura 18. Resultado Statkey Tramo 2 Peatonal-2da iteración.
Fuente: Elaboración Propia

3era iteración

Se corrió el modelo con valores de $ax=1$, $bx=1.5$, $cx=2$ y $\tau=0.2$ y se obtuvo los siguientes resultados que fueron procesados en statkey.

Tabla 18. Resultados para tercera iteración (Calibración)

VEHICULAR			PEATONAL		
Data	Tramo 1	Tramo 2	Data	Tramo 1	Tramo 2
Campo	2.35	3.79	Campo	12.10	13.10
Campo	2.17	3.51	Campo	11.30	12.60
Campo	3.03	3.46	Campo	11.60	11.90
Campo	2.34	2.96	Campo	12.00	12.40
Campo	2.35	3.11	Campo	11.90	12.70
Campo	2.21	4.23	Campo	12.20	13.20
Campo	2.87	3.34	Campo	11.90	12.80
Campo	2.10	2.87	Campo	12.50	12.60
Campo	2.35	3.79	Campo	11.90	12.80
Campo	2.08	2.11	Campo	12.80	12.00
Campo	2.45	4.16	Campo	12.10	12.50
Campo	2.70	4.21	Campo	11.70	12.40
Campo	2.24	3.76	Campo	12.70	13.00
Campo	2.17	3.93	Campo	13.30	12.60
Campo	2.42	2.17	Campo	11.60	11.80
Campo	2.52	3.58	Campo	11.00	12.90
Campo	2.94	3.51	Campo	13.20	12.70
Campo	2.26	3.52	Campo	11.10	12.10
Campo	2.15	3.48	Campo	11.00	12.60
Campo	2.23	3.09	Campo	11.60	13.20
Campo	2.25	2.32	Simulación	11.63	13.17
Campo	2.25	3.88	Simulación	12.50	12.71
Campo	2.42	2.40	Simulación	12.04	12.71
Campo	2.08	2.58	Simulación	12.33	12.82
Campo	2.27	3.58	Simulación	12.67	13.10
Campo	2.41	3.70	Simulación	12.87	12.59
Campo	2.88	3.71	Simulación	12.14	13.24
Campo	2.94	3.65	Simulación	11.95	12.81
Campo	2.45	4.18	Simulación	11.96	13.28
Campo	2.70	3.91	Simulación	12.14	12.75
Simulación	2.44	3.44	Simulación	12.28	12.95
Simulación	2.36	3.29	Simulación	13.05	12.43
Simulación	2.48	3.19	Simulación	12.41	12.93
Simulación	2.34	3.33	Simulación	12.19	12.38
Simulación	2.35	3.18	Simulación	12.50	12.66
Simulación	2.38	3.14			
Simulación	2.37	3.60			
Simulación	2.34	3.23			
Simulación	2.33	3.44			
Simulación	2.36	3.05			
Simulación	2.39	3.14			
Simulación	2.39	3.47			
Simulación	2.32	2.93			
Simulación	2.33	3.30			
Simulación	2.32	3.17			

Tramo 1: Vehicular

Estado: Calibrado

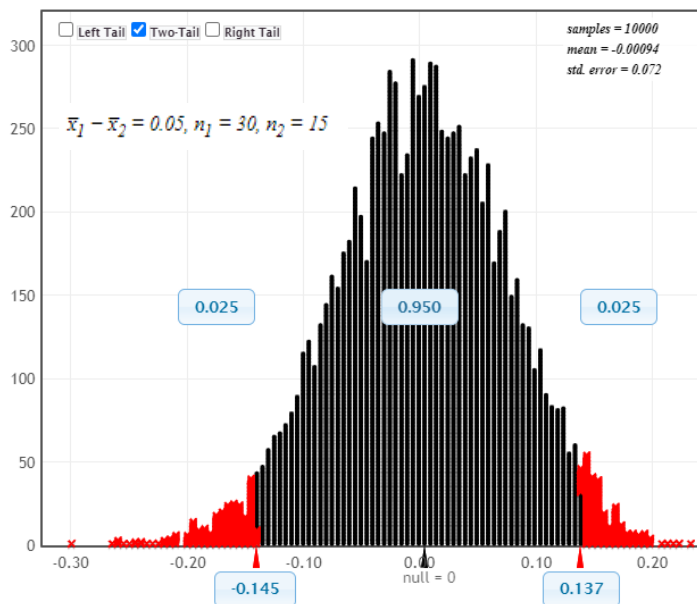


Figura 19. Resultado Statkey Tramo 1 Vehicular-3era iteración.
Fuente: Elaboración Propia

Tramo 2: Vehicular

Estado: Calibrado

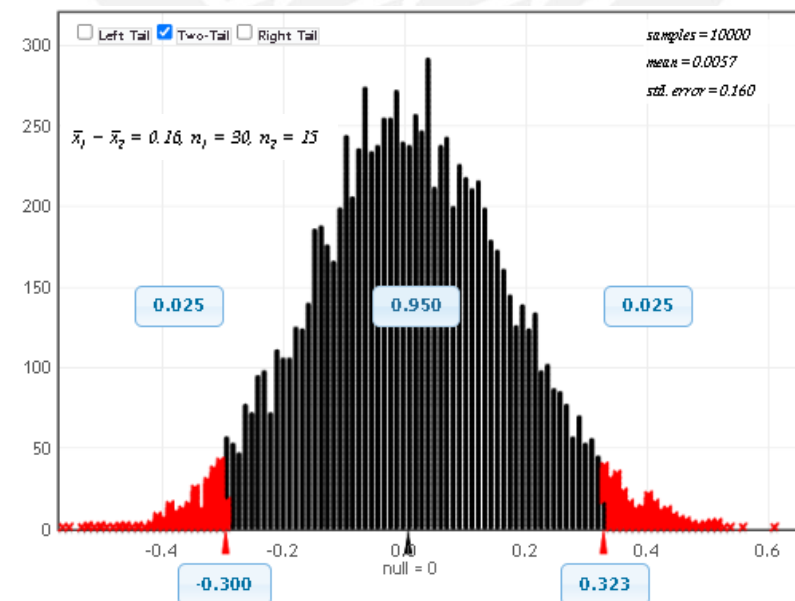


Figura 20. Resultado Statkey Tramo 2 Vehicular-3era iteración.
Fuente: Elaboración Propia

Tramo 1: Peatonal

Estado: Calibrado

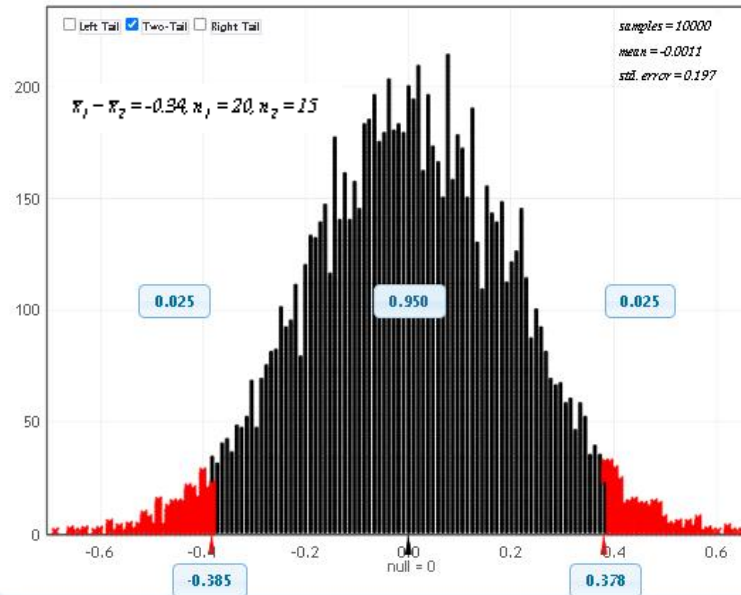


Figura 21. Resultado Statkey Tramo 1 Peatonal-3era iteración.

Fuente: Elaboración Propia

Tramo 2: Peatonal

Estado: Calibrado

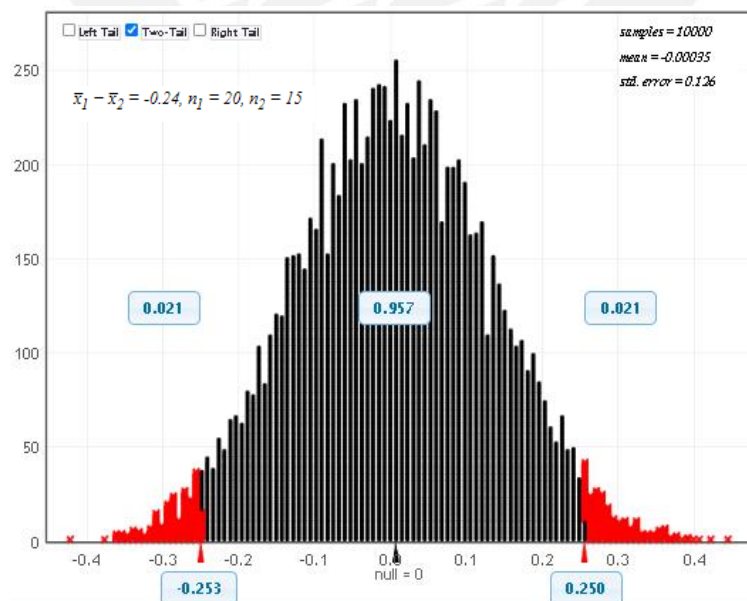


Figura 22. Resultado Statkey Tramo 2 Peatonal-3era iteración.

Fuente: Elaboración Propia

b) Validación

Con el modelo ya calibrado se procedió a validar el modelo a partir de la data obtenida en campo y los resultados obtenidos con el programa.

Tabla 19. Resultados para la validación

VEHICULAR			PEATONAL		
Data	Tramo 1	Tramo 2	Data	Tramo 1	Tramo 2
Campo	2.23	3.56	Campo	12.50	12.80
Campo	2.12	4.07	Campo	11.90	12.30
Campo	3.26	3.50	Campo	11.30	12.10
Campo	2.38	3.18	Campo	11.50	13.30
Campo	2.40	3.11	Campo	11.40	12.60
Campo	2.47	2.86	Campo	11.70	11.80
Campo	2.48	4.04	Campo	11.60	12.90
Campo	2.76	3.36	Campo	11.90	11.90
Campo	2.83	4.25	Campo	12.30	13.40
Campo	3.28	3.73	Campo	12.20	12.20
Campo	2.77	2.38	Campo	11.90	12.10
Campo	2.51	2.07	Campo	11.80	11.80
Campo	2.96	4.16	Campo	13.10	12.90
Campo	2.81	2.49	Campo	12.00	12.50
Campo	2.63	2.90	Campo	11.80	12.70
Campo	2.14	3.95	Campo	11.70	12.80
Campo	2.41	4.61	Campo	12.10	11.90
Campo	2.33	4.42	Campo	12.60	13.10
Campo	2.32	3.47	Campo	12.20	12.50
Campo	2.79	2.77	Campo	12.50	12.70
Campo	2.43	4.25	Simulación	11.73	12.69
Campo	3.13	3.47	Simulación	12.48	12.26
Campo	2.41	2.68	Simulación	11.96	12.56
Campo	2.84	4.54	Simulación	12.32	12.69
Campo	2.45	3.84	Simulación	12.50	12.18
Campo	2.36	3.32	Simulación	12.49	12.65
Campo	2.69	3.89	Simulación	12.25	13.17
Campo	2.58	4.36	Simulación	12.05	12.61
Campo	2.47	3.96	Simulación	12.03	13.13
Campo	2.69	4.00	Simulación	12.18	12.69
Simulación	2.90	3.30	Simulación	12.19	12.93
Simulación	2.93	3.33	Simulación	12.34	12.60
Simulación	2.88	3.28	Simulación	12.18	12.89
Simulación	2.76	3.16	Simulación	12.11	12.34
Simulación	2.79	3.19	Simulación	12.48	12.55
Simulación	2.93	3.33			
Simulación	3.19	3.59			
Simulación	2.82	3.22			
Simulación	2.95	3.35			
Simulación	2.64	3.04			
Simulación	2.96	3.36			
Simulación	3.08	3.48			
Simulación	2.50	2.90			
Simulación	2.86	3.26			
Simulación	2.97	3.37			

Tramo 1: Peatonal

Estado: Validado

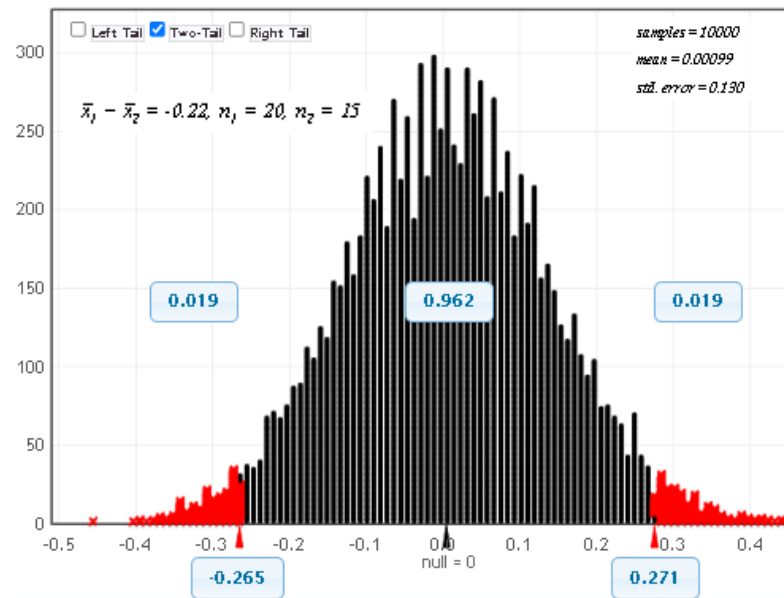


Figura 25. Resultado Statkey Tramo 1 Peatonal-Validación

Fuente: Elaboración Propia

Tramo 2: Peatonal

Estado: Validado

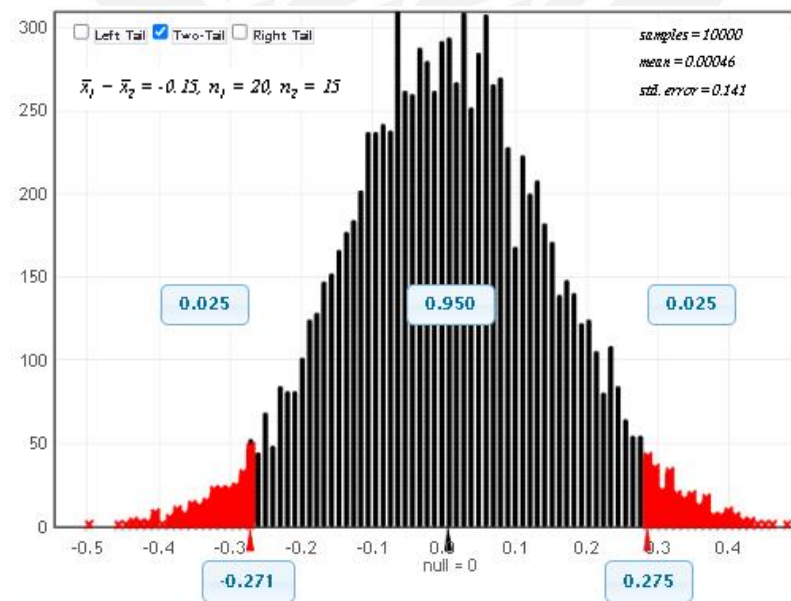
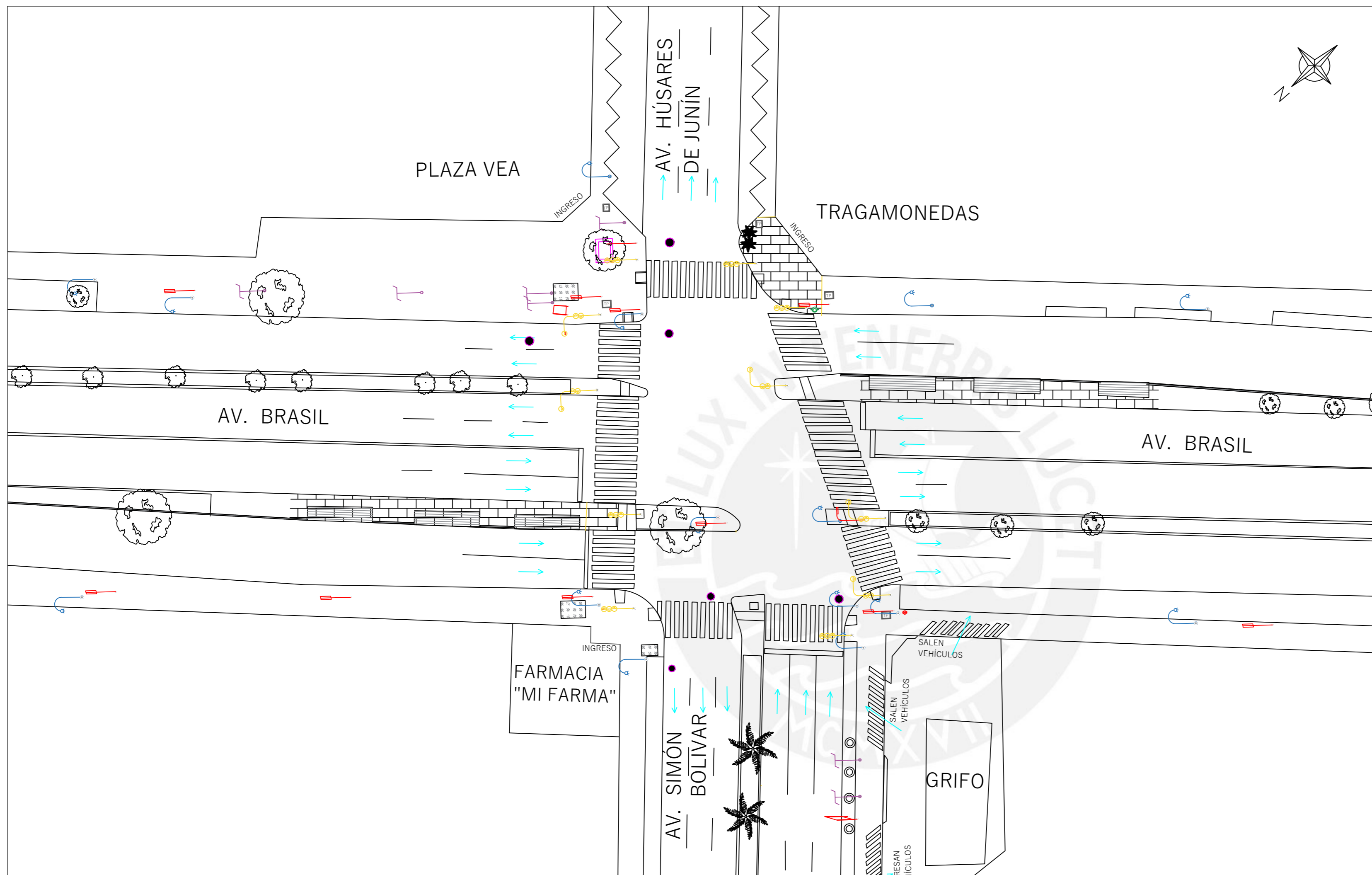


Figura 26. Resultado Statkey Tramo 2 Peatonal-Validación

Fuente: Elaboración Propia

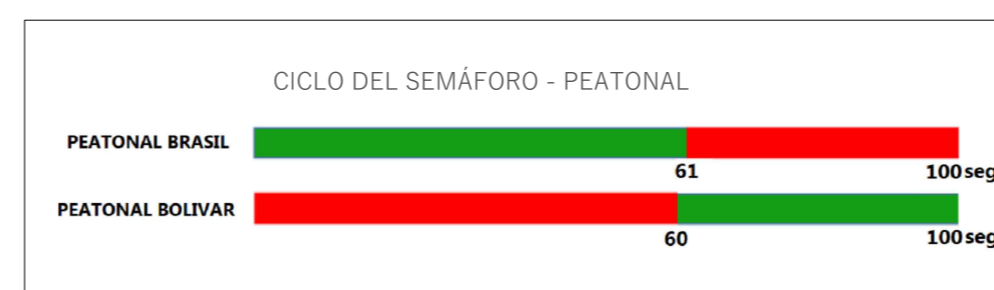
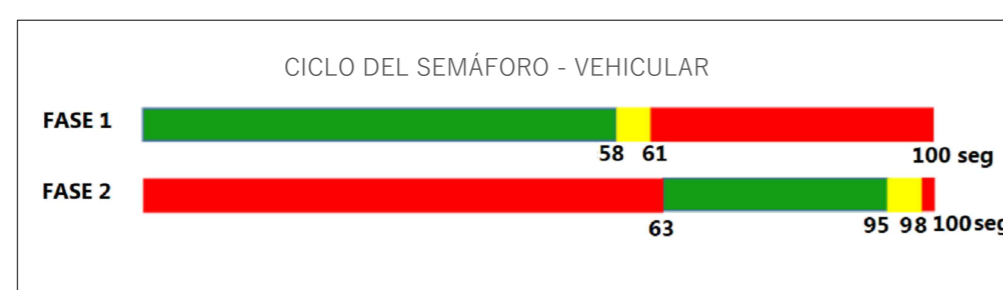


**ANEXO 05: PLANOS DE LA
INTERSECCIÓN**

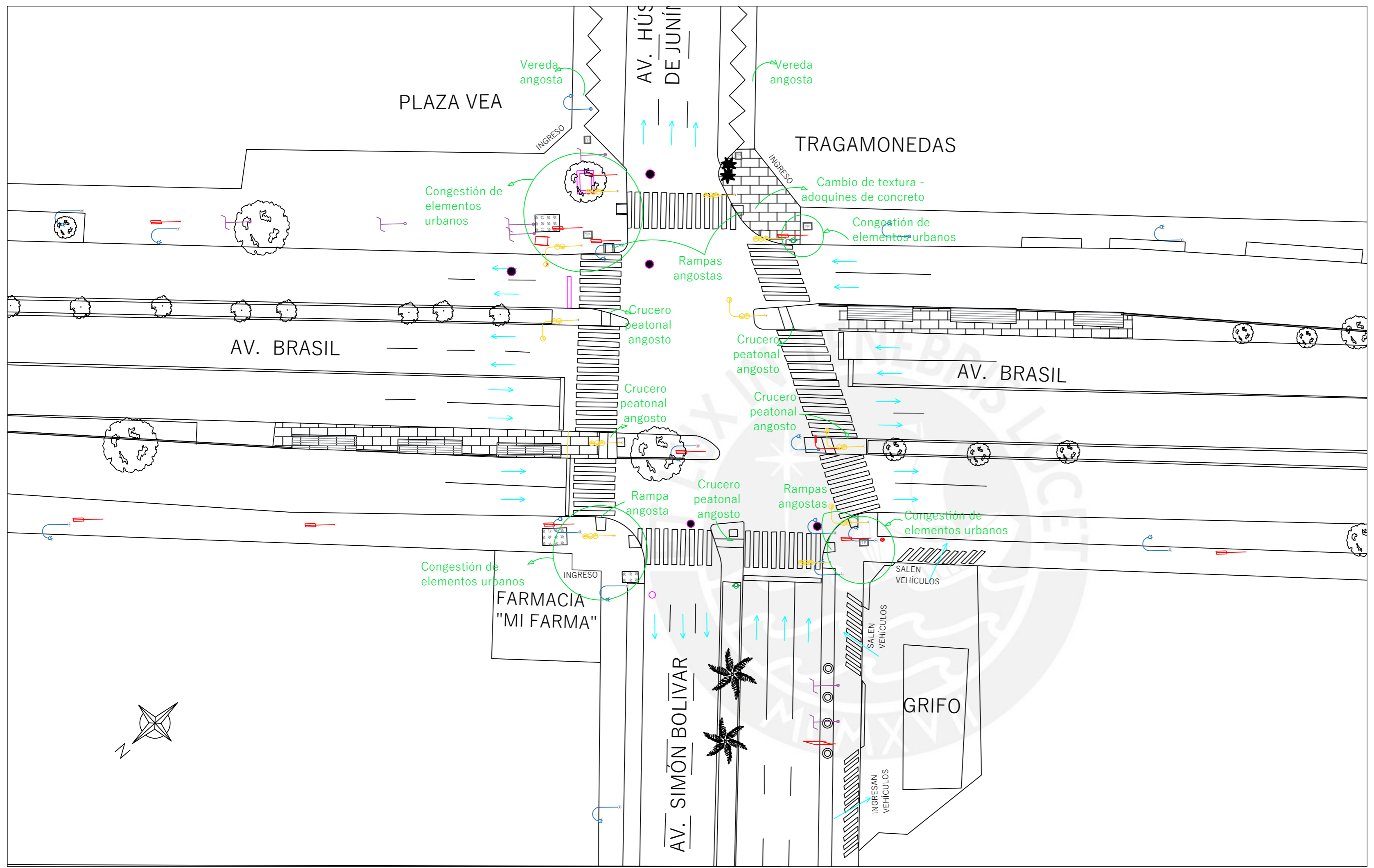


LEYENDA			
	Botes de basura		Panel publicitario
	Árboles		Postes
	Kiosko		Poste de Alumbrado
	Puesto de periódicos		Semáforo 1
	Carrito de venta		Semáforo 2
	Teléfono público		Señalización 1
	Paradero		Señalización 2
	Jardín pequeño		Hidrante de incendio
			Buzones

INTERSECCIÓN ENTRE LAS AVENIDAS BRASIL, HÚSARES DE JUNIN Y SIMÓN BOLIVAR - SITUACIÓN ACTUAL
 ESC: 1/350



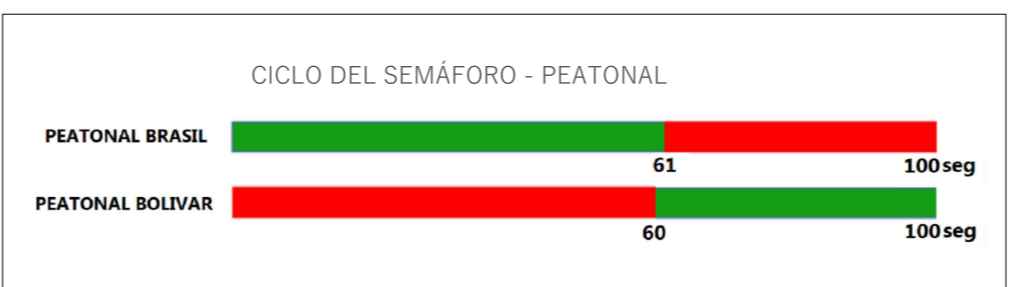
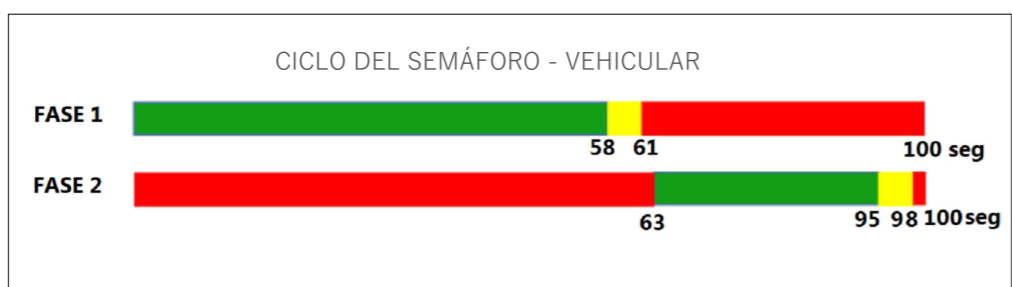
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ Facultad de Ciencias e Ingeniería Sección Ingeniería Civil	
PLANO: PLANO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA INTERSECCIÓN	LÁMINA
TESISISTAS: HUAPAYA TERRONES YESSABEL ROJAS RAMOS JANET SOFÍA	
UBICACIÓN: AV. BRASIL- Cuadra 15.	DEPARTAMENTO: LIMA
ESCALA: 1/350	FECHA: 03-2022



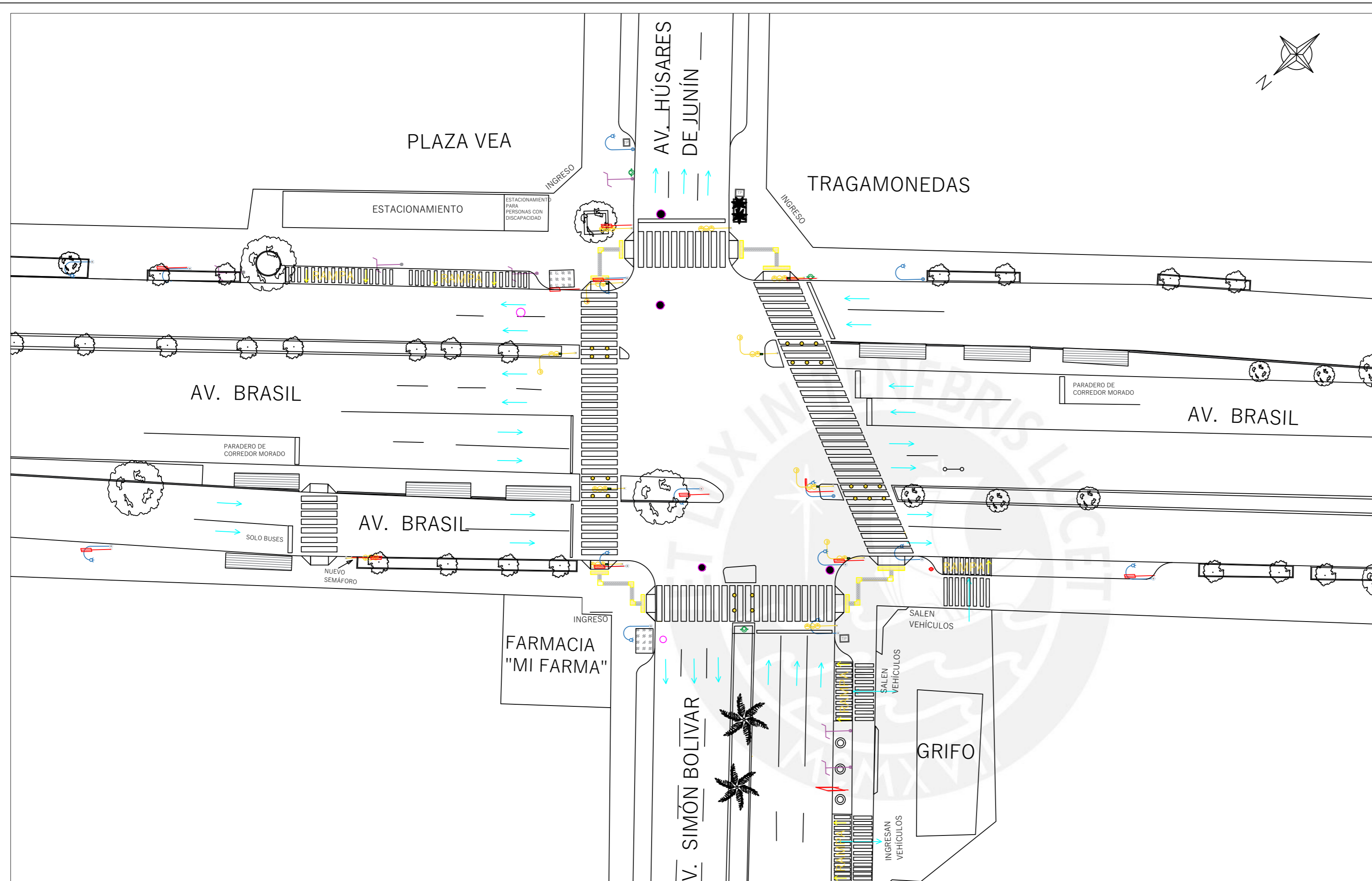
LEYENDA

	Botes de basura		Panel publicitario
	Árboles		Postes
	Kiosko		Poste de Alumbrado
	Puesto de periódicos		Semáforo 1
	Carrito de venta		Semáforo 2
	Teléfono público		Señalización 1
	Paradero		Señalización 2
	Jardín pequeño		Hidrante de incendio
			Buzones

NUEVO MODELO CON PROPUESTAS DE MEJORA
ESC: 1/350

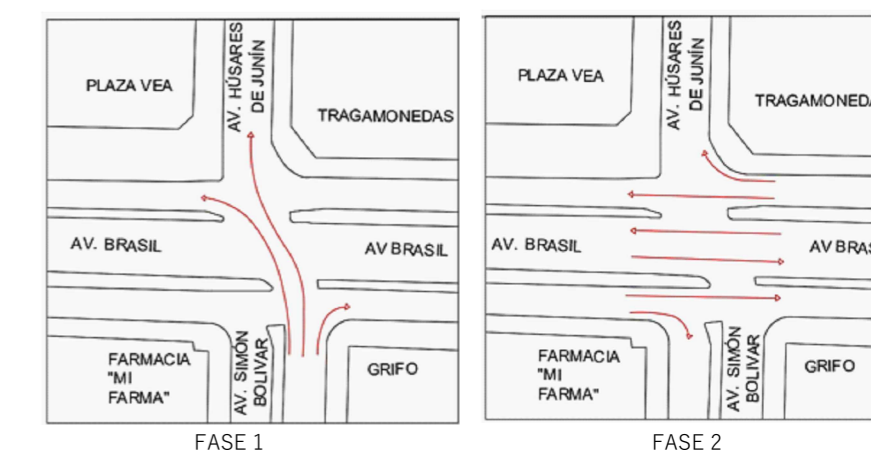
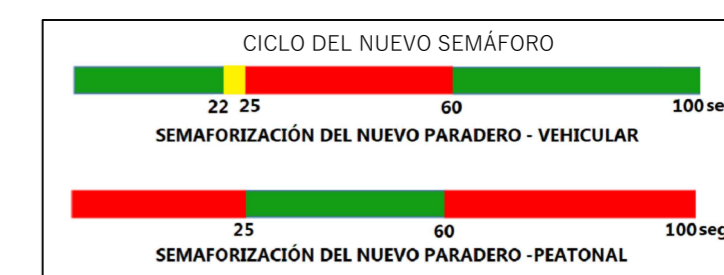
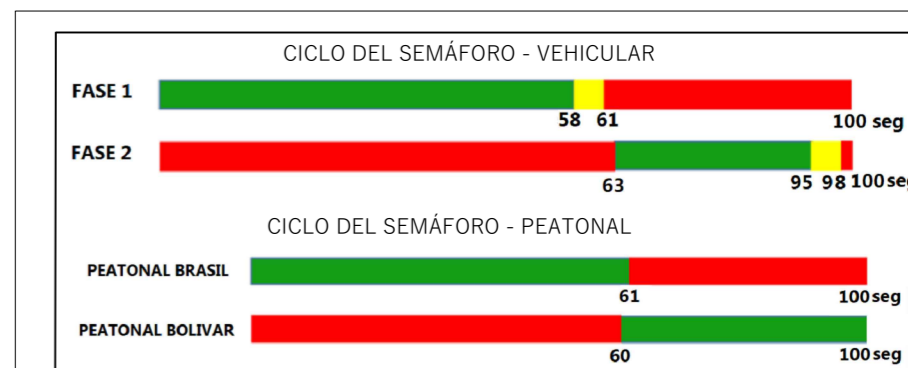


 PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ Facultad de Ciencias e Ingeniería Sección Ingeniería Civil		
PLANO: DIAGNOSTICO DE LA INTERSECCIÓN EN ESTUDIO	LÁMINA	
TESISTAS: HUAPAYA TERRONES YESSABEL ROJAS RAMOS JANET SOFÍA	02	
UBICACIÓN: AV. BRASIL- Cuadra 15.		DEPARTAMENTO: LIMA
ESCALA: 1/350		FECHA: 03-2022



NUEVO MODELO CON PROPUESTAS DE MEJORA
ESC: 1/350

LEYENDA			
	Botes de basura		Panel publicitario
	Árboles		Postes
	Kiosko		Poste de Alumbrado
	Puesto de periódicos		Semáforo 1
	Carrito de venta		Semáforo 2
	Teléfono público		Señalización 1
	Paradero		Señalización 2
	Jardín pequeño		Hidrante de incendio
	Pisos Podotáctiles		Buzones
	Semáforos sonoros		Bolardos



PROPUESTAS DE MEJORA

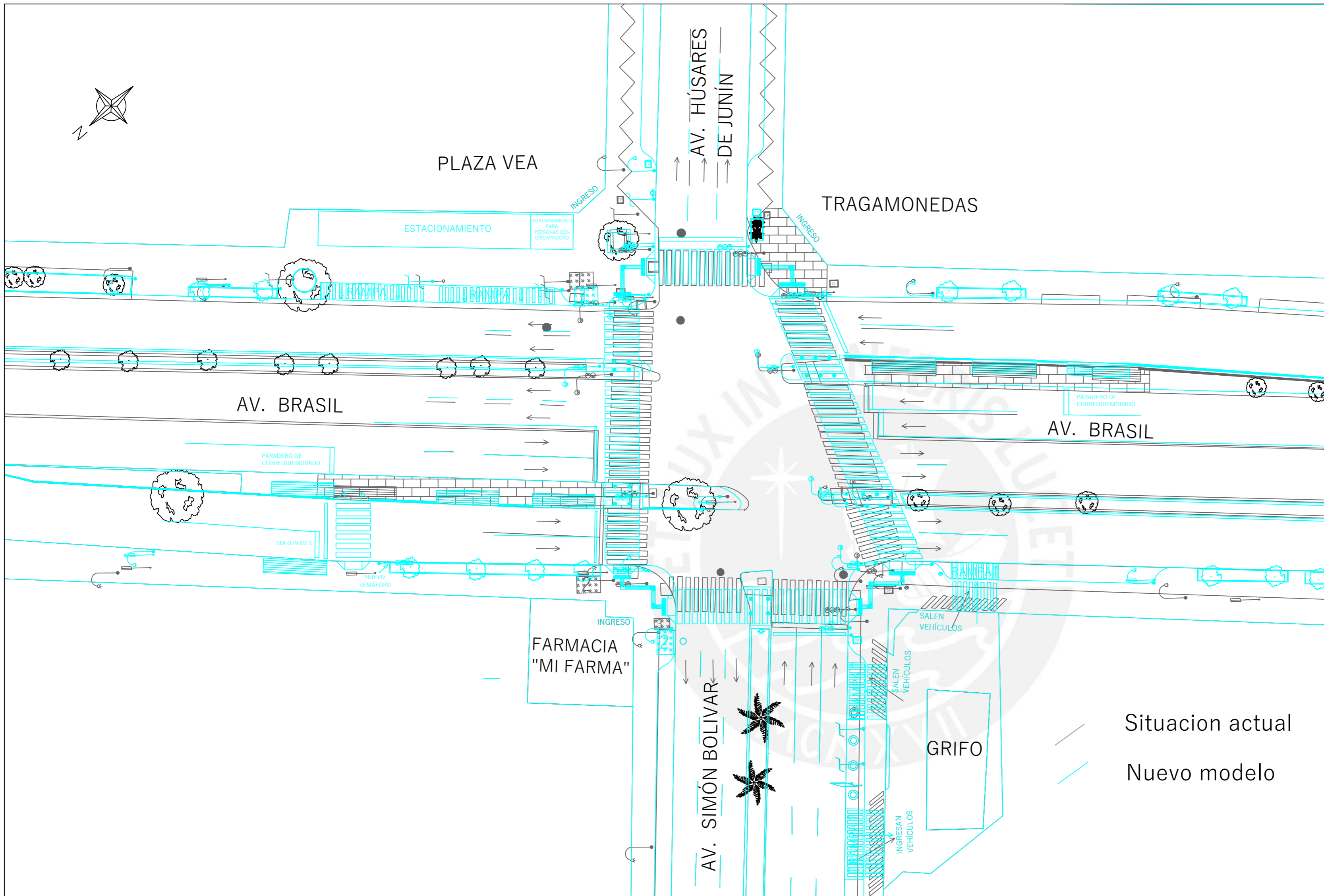
Circulación vial y peatonal:

- Se ampliaron los carriles principales de la avenida Brasil de 3m a 3.20m.
- Se cambiaron las dimensiones de los radios de esquina.
- Se adicionó un nuevo paradero permitido solo para buses de transporte público.
- Se propuso instalar áreas verdes (jardines) en las veredas de las calles secundarias de la avenida Brasil.

Accesibilidad:

- Se cambió el tamaño de las medianas y se adicionaron bolardos.
- Se replantaron los cruces peatonales para que encajen con veredas y medianas.
- Se ampliaron las veredas de la avenida Húsares de Junín.
- Se cambiaron la forma de las rampas, ahora tendran 3 pendientes.
- Se redistribuyó el mobiliario urbano.
- Se agregaron pisos podotáctiles y semáforos sonoros.

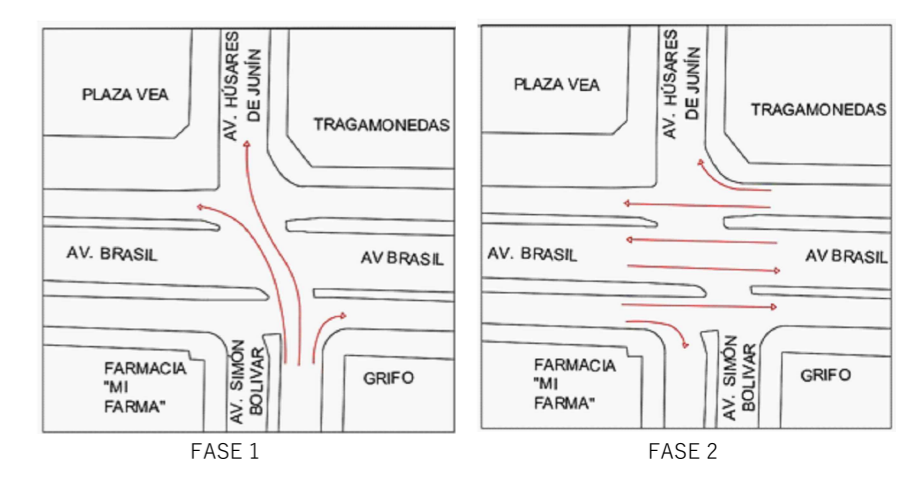
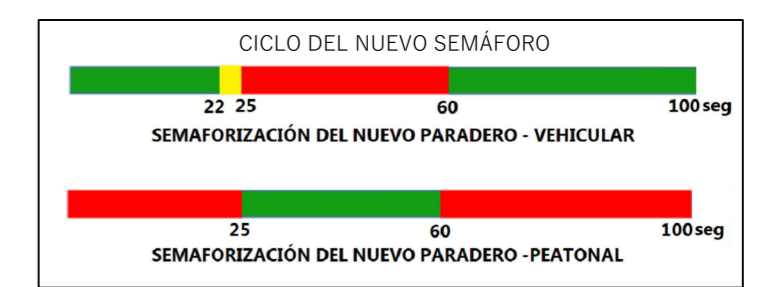
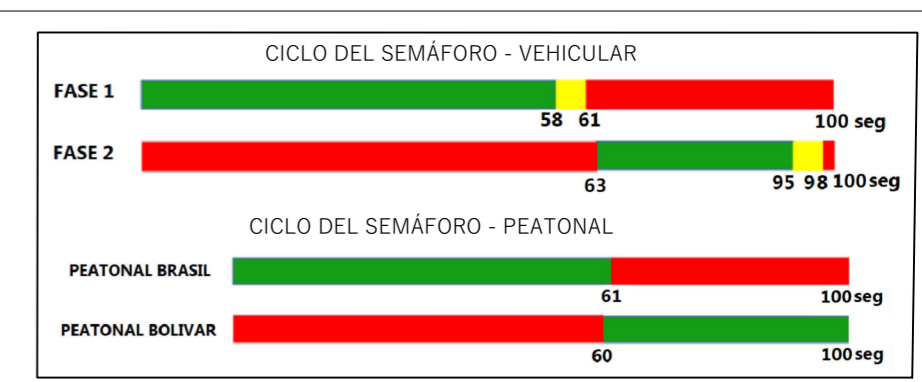
	PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ Facultad de Ciencias e Ingeniería Sección Ingeniería Civil	
PLANO:	NUEVO MODELO CON PROPUESTAS DE MEJORA	LÁMINA
TESISTAS:	HUAPAYA TERRONES YESSABEL ROJAS RAMOS JANET SOFÍA	
UBICACIÓN:	AV. BRASIL- Cuadra 15.	DEPARTAMENTO: LIMA
ESCALA:	1/350	FECHA: 03-2022



INTERSECCIÓN ENTRE LAS AVENIDAS BRASIL, HÚSARES DE JUNIN Y SIMÓN BOLIVAR
ESC: 1/350

LEYENDA

	Botes de basura		Panel publicitario
	Árboles		Postes
	Kiosko		Poste de Alumbrado
	Puesto de periódicos		Semáforo 1
	Carrito de venta		Semáforo 2
	Teléfono público		Señalización 1
	Paradero		Señalización 2
	Jardín pequeño		Hidrante de incendio
	Pisos Podotáctiles		Buzones
	Semáforos sonoros		Bolardos



PROPUESTAS DE MEJORA

- Circulación vial y peatonal:**
- Se ampliaron los carriles principales de la avenida Brasil de 3m a 3.20m.
 - Se cambiaron las dimensiones de los radios de esquina.
 - Se adicionó un nuevo paradero permitido solo para buses de transporte público.
 - Se propuso instalar áreas verdes (jardines) en las veredas de las calles secundarias de la avenida Brasil.

- Accesibilidad:**
- Se cambió el tamaño de las medianas y se adicionaron bolardos.
 - Se replantaron los cruces peatonales para que encajen con veredas y medianas.
 - Se ampliaron las veredas de la avenida Húsares de Junín.
 - Se cambiaron la forma de las rampas, ahora tendran 3 pendientes.
 - Se redistribuyó el mobiliario urbano.
 - Se agregaron pisos podotáctiles y semáforos sonoros.

	PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ Facultad de Ciencias e Ingeniería Sección Ingeniería Civil	
PLANO:	SITUACIÓN ACTUAL Y PROPUESTAS DE MEJORA	LÁMINA
TESISTAS:	HUAPAYA TERRONES YESSABEL ROJAS RAMOS JANET SOFÍA	
UBICACIÓN:	AV. BRASIL- Cuadra 15.	DEPARTAMENTO: LIMA
ESCALA:	1/350	FECHA: 03-2022