

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



REDISEÑO DEL ACCESO PEATONAL AL MERCADO BOLÍVAR A PARTIR DE LA
CARACTERIZACIÓN DEL FLUJO PEATONAL Y MICRO SIMULACIÓN EN VISWALK 8

Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil

AUTOR:

Gianfranco Carpio Millones

ASESOR:

Ing. Fernando José Campos De la Cruz

Lima, junio 2020

Resumen

En el diseño del espacio público se suele beneficiar a los vehículos, y se deja al peatón con un espacio muy reducido, inseguro e incómodo. Ante esta realidad, resulta necesario dar a los peatones mayores facilidades dentro de la vía pública, lo cual no solo implica darles un espacio para desplazarse, sino que este se adecúe a sus necesidades. Para esto es necesario estudiar más a fondo las características de desplazamiento peatonal en distintos escenarios, para así poder representarlas mejor en los programas de modelamiento, y evaluar efectivamente los impactos de los diseños propuestos. En la presente tesis se estudió el comportamiento peatonal en el ingreso al mercado Bolívar. Se realizó un estudio de vida pública y un aforo peatonal para identificar las principales características del desplazamiento peatonal. De estos se encontró que existen tipos de peatones que suelen hallarse exclusivamente en los mercados. Estos peatones poseen dimensiones distintas y portan diversos objetos, lo cual modifica las necesidades de anchos efectivos. El flujo se caracteriza por la presencia de personas que se detienen a comprar a vendedores ambulantes, lo que tiene un efecto sobre el desplazamiento de los demás peatones. Además, se encontró que el mercado posee gran cantidad de deficiencias en su diseño, como son pendientes de rampas muy grandes, anchos de vereda no uniformes y angostas, entre otros. En base a esto, se plantearon propuestas de mejora que consideran las necesidades y características peatonales. Se simuló el estado actual de la entrada al mercado Bolívar mediante el programa de micro simulación VisWalk 8. Se calibró y validó el modelo en base a la velocidad peatonal usando los parámetros de comportamiento peatonal convencionales junto con el parámetro ASocMean, con el que se reflejó la interacción entre peatones. Se realizó otro modelo que considera las propuestas de mejora planteadas y se comparó las características del flujo en ambas situaciones. En la propuesta de mejora los peatones se desplazaban con mayor libertad. Por ejemplo, la densidad y la demora promedio en la zona más saturada se redujeron en 65% y 70%, respectivamente. Estas propuestas también brindan un mayor *comfort* a los peatones, basándose en los criterios de calidad del espacio público de Jan Gehl. Finalmente, se concluye que las características del desplazamiento peatonal están relacionadas con el espacio en el que los peatones se encuentran. Por esto, resulta importante tomarlas en cuenta, para así realizar diseños que beneficien el flujo y el *comfort* peatonal.

Palabras clave

Desplazamiento peatonal, comportamiento peatonal, espacio público, accesibilidad, *comfort* peatonal.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por bendecirme con todo lo que tengo y lo que no tengo, porque sabe exactamente lo que necesito.

A mis padres y hermana por su constante e incondicional apoyo y amor. Gracias a ellos soy quien soy hoy en día.

A mi asesor Fernando Campos por estar siempre dispuesto a ayudarme a terminar este proyecto de tesis.

A mis amigos por estar siempre que los necesito y tolerarme como soy.



Tabla de contenidos

Capítulo 1: Introducción	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Justificación	5
1.3 Objetivos	6
1.3.1 Objetivo general.....	6
1.3.2 Objetivos específicos	6
1.4. Alcance y limitaciones de la investigación	7
1.5 Hipótesis	7
Capítulo 2: Marco teórico	8
2.1 El espacio público	8
2.1.1. Definición de espacio público.....	8
2.1.2 La vida pública.....	9
2.1.2.1 Estudios de vida pública	9
2.1.2.2 Vida pública en mercados	10
2.2 El peatón	11
2.2.1 Definición de peatón	11
2.2.2 Clasificación de peatones.....	11
2.3 La movilidad	13
2.3.1 Etapas de la movilidad	13
2.4 Accesibilidad.....	15
2.4.1 Definición de accesibilidad.....	16
2.4.2 Tipos de accesibilidad.....	16
2.4.3 La accesibilidad y el diseño universal	17
2.5 Modelos peatonales.....	18
2.5.1 Modelos macroscópicos.....	18
2.5.2 Modelos microscópicos	18
2.5.2.1. Modelos de fuerza social	19
2.5.3 La micro simulación peatonal.....	21
2.5.3.1 VisWalk 8	21
2.5.3.1.1. Modelo estocástico y número de semilla	22

2.5.3.1.2. Distribución de arribo de peatones	22
2.5.3.2.3. Múltiples corridas y nivel de confiabilidad	22
2.5.3.2.4. Mecanismo de actualización del modelo	24
2.4.3.2.5. Periodo de Warm – Up	25
2.4.3.2.6. Sub-Modelos	25
Capítulo 3: Metodología	26
3.1 Estudios de campo	26
3.1.1 Estudio de vida pública.....	26
3.1.1.1 Análisis de características de la zona de estudio	27
3.1.1.2 Análisis de actividades estáticas	27
3.1.1.3 Cuento de flujos peatonales y vehiculares	28
3.1.1.4 Entrevistas a participantes.....	30
3.2 Análisis de resultados	30
3.2.1 Análisis de resultados de campo.....	30
3.2.1.1 Análisis de resultados de conteo de flujos peatonales	31
3.2.1.2 Análisis de resultados de registros de velocidades	32
3.2.1.3 Análisis de resultados de entrevistas.....	33
3.2.1.4 Elaboración de plano de distribución de entrada del mercado	33
3.3 Elaboración, calibración y validación del modelo	33
3.4 Desarrollo de propuesta de mejora y evaluación de estas.....	35
Capítulo 4: Caso de estudio.....	37
4.1 Caso de estudio: Mercado Bolívar	37
4.1.2 Descripción de accesos del mercado Bolívar	38
4.1.3 Análisis de distribución de elementos en el corredor de entrada al mercado	39
4.1.4 Plano de distribución de la entrada del mercado Bolívar	39
4.2 Estudio de Vida Pública.....	40
4.2.1. Tipos de peatones.....	41
4.2.2. Características de los tipos de peatones	42
4.2.3. Características del flujo peatonal en conjunto	45
4.2.4. Zonas de desplazamiento peatonal y problemas encontrados.....	49

4.2.5. Elementos que obstaculizan el desplazamiento	52
4.3 Aforo peatonal	54
4.3.1 Aforo peatonal 1 – Información para la calibración	54
4.3.1.1 Flujo peatonal.....	54
4.3.1.2 Velocidades Peatonales.....	56
4.3.2 Aforo peatonal 2 – Datos para la validación.....	59
4.4 Registros de tiempo de actividades estáticas	60
4.5 Aforo vehicular	61
4.6 Ciclo semafórico	62
4.7 Estudio de seguridad vial	63
4.8 Principales características de desplazamiento peatonal	64
Capítulo 5: Micro simulación con Viswalk 8.....	66
5.1 Elaboración del modelo	66
5.2. Calibración del modelo	70
5.3 Validación del modelo	73
Capítulo 6: Propuestas de mejora	75
6.1 Normas utilizadas en las propuestas de mejora	75
6.2 Propuestas de mejora	76
6.2.1 Propuestas de mejora de flujo peatonal	77
6.2.2 Propuestas de mejora de comfort peatonal	84
6.2.2.1 Evaluación de propuestas de mejora de <i>comfort</i> peatonal	101
6.3 Plano de propuesta de mejora	104
Capítulo 7: Conclusiones y comentarios	105
Referencias bibliográficas	1

Índice de Figuras

Capítulo 2

FIGURA 2. 1 - CLASIFICACIÓN DE PEATONES	12
FIGURA 2. 2 - EVOLUCIÓN DE LA MOVILIDAD.	15
FIGURA 2. 3 - PEATONES Y TIPO DE DISEÑO ASOCIADO.....	17
FIGURA 2. 4 - CLASIFICACIÓN DE MODELOS PEATONALES.....	19
FIGURA 2. 5 - GRÁFICA DE ACELERACIÓN VS TIEMPO, SEGÚN INTERVALOS DE ACTUALIZACIÓN.....	24

Capítulo 4

FIGURA 4. 1 - UBICACIÓN DEL MERCADO BOLÍVAR.....	37
FIGURA 4. 2 - ÁREA DEL MERCADO BOLÍVAR Y ACCESOS A ESTE.....	37
FIGURA 4. 3 - ACCESOS AL MERCADO BOLÍVAR: 1)ENTRADA PEATONAL PRINCIPAL. 2) ZONA DE DESCARGA 1. 3) ENTRADA PEATONAL POSTERIOR. 4) ZONA DE DESCARGA 2.	38
FIGURA 4. 4 - TIPOS DE PEATONES: 1)PEATÓN SIN CARGA. 2) PEATÓN CON BOLSAS. 3) PEATÓN CON CARRO DE COMPRAS. 4)PEATÓN CON NIÑO. 5) PEATONES EN PAREJA.	42
FIGURA 4. 5 - ANCHO PERSONA CON BOLSAS.	43
FIGURA 4. 6 - DIMENSIONES DE UN CARRITO DE COMPRAS.....	43
FIGURA 4. 7 - DIFERENCIA DE ÁREAS DE INFLUENCIA.....	44
FIGURA 4. 8 - DIMENSIONES DE PAREJAS CAMINANDO	45
FIGURA 4. 9 - ORDEN DE PRIORIDAD DEL PASO.....	46
FIGURA 4. 10 - PUNTOS DE ACCESO PEATONAL AL PASILLO DE ENTRADA.....	47
FIGURA 4. 11 - FLUJO PEATONAL ALTO: 1) CON ORIGEN EN LA PUERTA PRINCIPAL. 2) CON ORIGEN EN LA AVENIDA BOLÍVAR.....	48
FIGURA 4. 12 - PERSONAS QUE ASISTEN AL MERCADO DURANTE 1 HORA.....	49
FIGURA 4. 13 - PEATONES CRUZANDO LA AVENIDA BOLÍVAR.....	49
FIGURA 4. 14 - VEREDA ALEDAÑA AL MERCADO BOLÍVAR.....	50
FIGURA 4. 15 – PROBLEMAS DE DISEÑO DE RAMPA: 1). PENDIENTE ELEVADA, 2). PRESENCIA DE PEATONES QUE SE DETIENEN A LEER EL PERIÓDICO MURAL.....	51
FIGURA 4. 16 - PROTECCIÓN DE PEATONES POR BOLARDOS METÁLICOS.....	52
FIGURA 4. 17 - TIPOS DE VENDEDORES AMBULANTES: 1) VENDEDOR SENTADO EN EL CORREDOR. 2) VENDEDORES CON PUESTOS AL COSTADO DE LA PUERTA PRINCIPAL. 3) VENDEDOR PARADO EN EL CORREDOR. 4) PUESTO DE PERIÓDICOS Y CARRITO DE COMIDA.....	53
FIGURA 4. 18 - PUNTOS DE ANÁLISIS DE AFORO PEATONAL.....	54
FIGURA 4. 19 - DISTRIBUCIÓN PEATONAL EN GRÁFICO DE PIE.....	55
FIGURA 4. 20 - HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS DE VELOCIDADES PARA PEATONES SIN CARGA Y EVALUACIÓN DE N MIN.....	56
FIGURA 4. 21 – HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS DE VELOCIDADES DE PEATONES CON BOLSAS Y EVALUACIÓN DE N MIN.....	57
FIGURA 4. 22 – HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS VELOCIDADES DE PEATONES CON CARRITO DE COMPRAS Y EVALUACIÓN DE N MIN.....	57

FIGURA 4. 23 – HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS DE VELOCIDADES DE PADRES CON HIJOS Y EVALUACIÓN DE N MIN.....	58
FIGURA 4. 24 – HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS DE VELOCIDADES DE PAREJAS Y EVALUACIÓN DE N MIN.....	58
FIGURA 4. 25 - GRÁFICA DE FRECUENCIAS ACUMULADAS – SIN CARGA.....	59
FIGURA 4. 26 - FRECUENCIAS RELATIVAS ACUMULADAS DE TIEMPOS DE PARADA.....	61
FIGURA 4. 27 - CICLO DEL SEMÁFORO.....	63

Capítulo 5

FIGURA 5. 1 - MODELO DE MICRO SIMULACIÓN DEL MERCADO BOLÍVAR.....	66
FIGURA 5. 2 - CONFIGURACIÓN DE ÁREAS CON SERVICE POINT SELECTION.....	69
FIGURA 5. 3 - GRÁFICA DE EVALUACIÓN DE DIFERENCIA DE MEDIAS DE CALIBRACIÓN.....	72
FIGURA 5. 4 - GRÁFICA DE EVALUACIÓN DE MEDIAS DE VALIDACIÓN.....	73

Capítulo 6

FIGURA 6. 1 - MODELO DE PROPUESTA DE MEJORA.....	76
FIGURA 6. 2 - CRUCERO PEATONAL: 1)ESTADO ACTUAL. 2) PROPUESTA DE MEJORA.....	77
FIGURA 6. 3 - VENDEDORES AMBULANTES EN CORREDOR: 1)ESTADO ACTUAL.2) PROPUESTA DE MEJORA. 3)NUEVA UBICACIÓN DEL PUESTO DE PERIÓDICOS.....	80
FIGURA 6. 4 - ENTRADA AL MERCADO: 1)ESTADO ACTUAL. 2) PROPUESTA DE MEJORA.....	80
FIGURA 6. 5 - NUEVO CICLO DEL SEMÁFORO.....	83
FIGURA 6. 6 - CRITERIOS DE CALIDAD DEL ESPACIO PÚBLICO.....	85
FIGURA 6. 7 - CAMBIOS DE NIVEL EN EL CORREDOR: 1)INICIO DEL CORREDOR-ESTADO ACTUAL. 2) INICIO DEL CORREDOR - PROPUESTA DE MEJORA, RAMPA DE 2.7 M. 3) ENTRADA AL MERCADO-ESTADO ACTUAL. 4)ENTRADA AL MERCADO-PROPUESTA DE MEJORA, RAMPA DE 3.4 M.....	86
FIGURA 6. 8 - PLANO DE LA ENTRADA AL MERCADO: 1)ESTADO ACTUAL. 2) PROPUESTA DE MEJORA.....	87
FIGURA 6. 9 - VEREDAS : 1)VISTA 3D DE ESTADO ACTUAL. 2) VISTA 3D DE PROPUESTA DE MEJORA. 3) PLANO DE ESTADO ACTUAL. 4)PLANO DE PROPUESTA DE MEJORA.....	89
FIGURA 6. 10 – BANCAS.....	90
FIGURA 6. 11 – POSTES DE LUZ.....	90
FIGURA 6. 12 - ÁRBOLES.....	90
FIGURA 6. 13 - ZONA DE VEREDA REDUCIDA POR PRESENCIA DE ESTACIONAMIENTO PREFERENCIAL.....	91
FIGURA 6. 14 - LUCES EN EL CORREDOR PRINCIPAL.....	91
FIGURA 6. 15 - TACHO ESTACIONARIO.....	91
FIGURA 6. 16 - ESTACIONAMIENTOS: 1)ESTADO ACTUAL. 2) PROPUESTA DE MEJORA.....	92
FIGURA 6. 17 - PLANO DE ESTACIONAMIENTOS.....	92
FIGURA 6. 18 - ESTACIONAMIENTO DE BICICLETAS: 1)VISTA 3D. 2) PLANO.....	94

FIGURA 6. 19 - SEMÁFORO: 1)ESTADO ACTUAL. 2) PROPUESTA DE MEJORA.	95
FIGURA 6. 20 – GEOMETRÍA DE LOS NUEVOS SEMÁFOROS	95
FIGURA 6. 21 - UBICACIÓN DE BOLARDOS: 1) ESTADO ACTUAL. 2) PROPUESTA DE MEJORA.	96
FIGURA 6. 22 - BANDA DE SEGURIDAD ESTACIONAMIENTO PREFERENCIAL.....	97
FIGURA 6. 23 - TIPOS DE PODO TÁCTIL: 1)DISPOSICIÓN. 2) GEOMETRÍA.	97
FIGURA 6. 24 - CARACTERÍSTICAS DE LOS PODO TÁCTILES: 1) GEOMETRÍA. 2) DISTRIBUCIÓN.	98
FIGURA 6. 25 - SISTEMA DE ENCAMINAMIENTO EMPLEADO	99
FIGURA 6. 26 - CAMBIO DE DIRECCIÓN SIN ROSETA NI FRANJAS DE ADVERTENCIA	99
FIGURA 6. 27 - EJEMPLO DE SEÑALES VERTICALES UTILIZADAS	100



Índice de tablas

Capítulo 1

TABLA 1. 1 - MEDIOS DE TRANSPORTE USADOS EN VIAJES CON DESTINO DISTINTO AL CENTRO DE TRABAJO O ESTUDIO.....	2
TABLA 1. 2 - PORCENTAJE DE PERSONAS POR GÉNERO QUE REALIZAN VIAJES CON DESTINO DISTINTO AL CENTRO DE TRABAJO O ESTUDIO	3
TABLA 1. 3 - PRINCIPAL MEDIO DE TRANSPORTE USADO POR CADA PERSONA PARA IR A TRABAJAR O ESTUDIAR	3
TABLA 1. 4 - MEDIOS DE TRANSPORTE USADOS PARA IR A TRABAJAR O ESTUDIAR.	4

Capítulo 2

TABLA 2. 1 - PARÁMETROS DE COMPORTAMIENTO PEATONAL.	20
TABLA 2. 2 - VALORES DE α EN BASE A GRADOS DE LIBERTAD Y GRADO DE CONFIABILIDAD	23

Capítulo 3

TABLA 3. 1 - EJEMPLO DE MATRIZ ORIGEN – DESTINO.....	31
--	----

Capítulo 4

TABLA 4. 1 - RESULTADOS DE ENTREVISTAS SOBRE HORA DE MAYOR AFLUENCIA	40
TABLA 4. 2 - MATRIZ DE ORIGEN – DESTINO DEL 1ER AFORO PEATONAL	55
TABLA 4. 3 - DISTRIBUCIÓN DE CLASIFICACIÓN DE PEATONES	55
TABLA 4. 4 - VELOCIDADES PROMEDIO DE PEATONES SEGÚN EDAD Y SEXO.....	59
TABLA 4. 5 - FRECUENCIAS RELATIVAS ACUMULADAS DE VELOCIDADES DE PEATONES SIN CARGA	59
TABLA 4. 6 - MATRIZ ORIGEN-DESTINO DEL SEGUNDO AFORO PEATONAL	60
TABLA 4. 7 - TIEMPOS DE DEMORA DE PEATONES EN CORREDOR CENTRAL	60
TABLA 4. 8 - FRECUENCIAS RELATIVAS ACUMULADAS DE TIEMPOS DETENIDOS	61
TABLA 4. 9 - RESULTADOS DE AFORO VEHICULAR	62

Capítulo 5

TABLA 5. 1 - DIMENSIONES MODIFICADAS DE MODELOS 3D.....	67
TABLA 5. 2 - COMPORTAMIENTOS AL CAMINAR.....	68
TABLA 5. 3 - COMPOSICIÓN PEATONAL.	68
TABLA 5. 4 - FLUJOS PEATONALES	68
TABLA 5. 5 - FLUJOS VEHICULARES.....	69
TABLA 5. 6 - PARÁMETROS DE COMPORTAMIENTO PEATONAL.	71
TABLA 5. 7 - VELOCIDAD PEATONAL PROMEDIO MEDIDA EN VISWALK	71
TABLA 5. 8 - VERIFICACIÓN DEL NÚMERO MÍNIMO DE CORRIDAS	72
TABLA 5. 9 - VELOCIDADES HALLADAS CON LOS RESULTADOS DEL MODELO.	73
TABLA 5. 10 - VERIFICACIÓN DEL NÚMERO MÍNIMO DE CORRIDAS	74

Capítulo 6

TABLA 6. 1 - RESULTADOS DE ANÁLISIS DE DENSIDAD EN LA ISLA PEATONAL	78
TABLA 6. 2 - RESULTADOS DE ANÁLISIS DE CARACTERÍSTICAS DE DESPLAZAMIENTO EN LA ISLA PEATONAL	78
TABLA 6. 3 - RESULTADOS DE ANÁLISIS DE TIEMPOS DE CRUCE.....	78
TABLA 6. 4 - RESULTADOS DE ANÁLISIS DE CORREDOR COMPLETO	81
TABLA 6. 5 - RESULTADOS DE ANÁLISIS DE PARTE MÁS SATURADA DEL CORREDOR	81
TABLA 6. 6 - TIEMPOS DE VIAJE EN EL CORREDOR PRINCIPAL	81
TABLA 6. 7 - COMPARACIÓN DE FASES DEL CICLO DEL SEMÁFORO	83
TABLA 6. 8 - DIFERENCIAS DE TIEMPOS PEATONALES	83
TABLA 6. 9 - DIFERENCIAS DE LONGITUDES DE COLA	84
TABLA 6. 10 - DIMENSIONES PASO Y CONTRAPASO DE ESCALERAS	88
TABLA 6. 11 - N° MÍNIMO DE ESTACIONAMIENTOS PREFERENCIALES.....	93
TABLA 6. 12 - CRITERIOS DE EVALUACIÓN DE CRITERIOS DE CALIDAD DEL ESPACIO PÚBLICO...101	
TABLA 6. 13 - CRITERIOS DE CALIDAD CUMPLIDOS POR CADA DISEÑO	102
TABLA 6. 14 - RESULTADOS DE ENTREVISTAS EN MERCADO.....	103



Índice de fórmulas

FÓRMULA 1: CANTIDAD MÍNIMA DE DATOS.....	23
FÓRMULA 2: VALORES ATÍPICOS LEVES.....	32
FÓRMULA 3: VALORES ATÍPICOS EXTREMOS.....	32



Capítulo 1: Introducción

1.1 Antecedentes

Las ciudades en las que vivimos han evolucionado a lo largo de la historia. Uno de los mayores cambios inició hace 140 años con la invención del automóvil, el cual surgió como respuesta a la creciente necesidad de transporte originada por la expansión de las ciudades. Consecuentemente, los viajes a pie se volvieron menos usuales, originándose así diversos problemas de salud, económicos y ambientales (ITF, 2012).

Las ciudades antiguas contaban con espacios diseñados para los peatones. Tal es el caso de las ciudades griegas, en las que la vida pública era muy importante, por lo cual el diseño de sus calles y centros se adaptaba a ello. Estas contaban con lugares como el ágora, que era el centro político y el eje de la vida social. Del mismo modo, ciudades como Lima también presentan evidencias de centros de dicho tipo. Este es el caso de la Plaza de Armas de Lima, la cual fue construida junto con la fundación de la ciudad en el siglo XVI como un espacio donde tenía lugar la vida pública (Cobo, 1882). Hoy en día es un atractivo turístico que reúne a muchas personas; sin embargo, presenta una marcada diferencia con respecto a su diseño original. Esta se encuentra rodeada de vías para el flujo vehicular lo cual evidencia el gran efecto que el automóvil ha tenido en el diseño del espacio público desde su invención.

El diseño centrado en el automóvil tiene como resultado la construcción de mucha infraestructura vial. La sobreoferta de esta lleva al crecimiento del parque automotor, lo cual agrava los problemas de tráfico y genera una mayor necesidad de infraestructura. Por esto, dar mucho espacio para el desplazamiento vehicular no es la solución para las diversas necesidades de desplazamiento de la población. Un ejemplo de esto es la autopista Embarcadero en San Francisco. Esta tuvo grandes

destrozos por causa de un terremoto y fue clausurada por reparaciones. A pesar de ser una autopista ampliamente usada, el flujo vehicular logró reacomodarse y se llegó a la conclusión de que esta no era necesaria, convirtiéndose en un boulevard (Jan Gehl, 2014).

En el caso de Lima se observa que existe una marcada prioridad por el desarrollo de proyectos viales orientados a los vehículos. En el año 2016, la Municipalidad de Lima anunció en su Plan de Desarrollo 2016-2021 la construcción de 29 proyectos viales, de los cuales solo 3 eran para peatones (El Comercio, 2016). Si bien los limeños se desplazan constantemente en vehículos motorizados, también existe una gran necesidad de transporte por medios no motorizados. La Tabla 1. 1 muestra los medios de transporte usados por los limeños cuando se dirigen a lugares que no son su centro de trabajo o de estudio. De esta podemos observar que los viajes a pie son ampliamente usados para los distintos motivos de viaje. Por ejemplo, 47.6% de las personas que realizan compras para el hogar lo realizan a pie. Esto adquiere una relevancia aún mayor cuando se analiza el porcentaje de personas que realiza cada tipo de viaje. Como se puede ver en la Tabla 1. 2 , el 80.4% de personas realiza compras para el hogar. Por lo cual se puede ver que existe una alta presencia de peatones que se desplazan a pie.

Tabla 1. 1 - Medios de transporte usados en viajes con destino distinto al centro de trabajo o estudio

Modo de viaje	Compras para el hogar	Realizar una visita	Recreación / comer / tomar algo / hacer deporte	Acompañar a alguien	Trámites personales	Dejar o recoger niños	Asistencia médica
Camino o voy a pie	47.6%	12.4%	22.7%	34.1%	5.1%	49.6%	18.6%
Combi o cúster	15.9%	30.2%	21.9%	20.0%	32.3%	15.3%	26.5%
Bus	11.6%	24.6%	20.5%	15.9%	33.7%	7.5%	20.4%
Mototaxi	10.6%	6.9%	7.2%	7.5%	5.4%	14.3%	9.4%
Automóvil propio	8.2%	11.1%	11.6%	9.1%	9.8%	7.5%	8.9%
Taxi	3.1%	6.6%	8.9%	7.2%	6.4%	1.1%	9.4%
Colectivo	1.2%	3.0%	2.3%	1.4%	3.7%	1.8%	4.8%
Motocicleta propia	0.9%	1.6%	1.7%	1.2%	1.0%	0.9%	1.0%

Adaptado de “IX informe de percepción de calidad de vida en Lima y Callao” (Lima Cómo Vamos, 2018)

Tabla 1. 2 - Porcentaje de personas por género que realizan viajes con destino distinto al centro de trabajo o estudio

	2018	Hombres	Mujeres
Compras para el hogar	80.4%	70.9%	89.0%
Realizar alguna visita	54.1%	54.9%	53.4%
Recreación / comer/ tomar algo / hacer deporte	42.8%	47.4%	38.5%
Trámites personales	21.3%	25.0%	17.9%
Asistencia médica	20.5%	15.9%	24.6%
Dejar o recoger a niños de su hogar	28.3%	21.7%	34.4%
Acompañar a alguien	35.9%	37.8%	34.2%
Otros	0.4%	0.4%	0.3%

Tomado de “IX informe de percepción de calidad de vida en Lima y Callao” (Lima Cómo Vamos, 2018)

Por otro lado, existe una considerable presencia de limeños que se desplazan a pie a sus centros de trabajo o de estudio. En la Tabla 1. 3 se observa que el 12% de limeños tiene como principal medio de transporte el viajar a pie, superando inclusive a la cantidad de personas que se desplazan en automóviles particulares. Cabe resaltar que esta tabla muestra los principales medios de transporte usados por las personas; sin embargo, la mayoría de estas usa más de uno en un mismo viaje. En la Tabla 1. 4 se puede ver que el 77% de las personas se desplazan a pie en algún tramo de su viaje hacia su centros de estudio o trabajo. Esto nos hace ver que existe una necesidad de espacios peatonales y una falta de inversión en proyectos que respondan a esta. Entonces encontramos una “desarticulación absoluta entre el estudio social de las necesidades de los usuarios y la realización de los estudios de ingeniería de tránsito” (Quintero, 2017, pp. 5).

Tabla 1. 3 - Principal medio de transporte usado por cada persona para ir a trabajar o estudiar

	Lima
Combi o coaster (cúster)	29.2%
Bus	29.1%
Camino o voy a pie	12.0%
Automóvil propio	10.8%

Adaptado de “IX informe de percepción de calidad de vida en Lima y Callao” (Lima Cómo Vamos, 2018)

Tabla 1. 4 - Medios de transporte usados para ir a trabajar o estudiar.

	2018	A/B	C	D/E
Camino o voy a pie	77.0%	73.1%	79.8%	80.5%
Bicicleta	1.2%	1.2%	1.2%	1.3%
Automóvil propio	11.9%	22.1%	5.4%	1.3%
Motocicleta propia	1.6%	1.4%	1.5%	2.5%
Bus	36.5%	40.2%	36.3%	28.0%
Combi o coaster (cúster)	36.2%	25.0%	43.9%	47.9%
Colectivo	6.1%	5.4%	7.6%	5.1%
Taxi	5.1%	7.7%	3.4%	2.1%
Mototaxi	14.9%	8.9%	18.5%	22.0%

Adaptado de “IX informe de percepción de calidad de vida en Lima y Callao” (Lima Cómo Vamos, 2018)

Resulta necesario que el enfoque de los proyectos viales evolucione, dándole una mayor importancia a los medios de transporte no motorizados. Dextre y Avellaneda (2014) identifican 4 etapas en cuanto a la evolución del transporte y la manera cómo se diseñan las calles, que son el tráfico, el transporte público, la movilidad, y la movilidad sostenible. En la primera, el personaje principal es el automóvil. En la segunda, se buscan maneras más eficientes y ecológicas de transportar personas, como el transporte público. En la tercera, el peatón y los medios de transporte no motorizados se convierten en los personajes principales. Finalmente, en la cuarta se relaciona los diferentes desplazamientos con el uso del suelo. En el caso de Lima, predominan las etapas del tráfico y el transporte público. Por esto, resulta necesario que se desarrollen estudios y proyectos que nos permitan avanzar hacia la etapa de la movilidad, e inclusive a la movilidad sostenible.

El enfoque centrado en el transporte por medios no motorizados está empezando a surgir entre las entidades encargadas del diseño del espacio público. Casos como el distrito de Miraflores, en el que existe una red de ciclo vías y veredas con sistemas de encaminamiento con losetas podotáctiles, nos muestran que existe un interés por el desplazamiento peatonal. Sin embargo, existen

casos, en los que los diseños ofrecen mayores desafíos para el desplazamiento. Por ejemplo, podemos encontrar el puente peatonal ubicado en la entrada del Hospital del Niño en Breña. Si bien este permite que las personas atraviesen la avenida Brasil de manera segura, no toma en consideración las características de sus usuarios. Estos son, por lo general, niños enfermos acompañados de sus familiares, los cuales pueden inclusive ser adultos mayores que encuentran en el puente más desafíos que oportunidades. Ante esto resulta necesario realizar diseños que se ajusten a las características del desplazamiento peatonal. Por lo cual, es necesario elaborar estudios que permitan caracterizar el flujo peatonal en distintos escenarios.

Además, es importante tener en consideración a los peatones con discapacidad, los cuales requieren de diseños especiales para su libre desplazamiento. En la actualidad en el Perú existen normas acerca de la modificación arquitectónica de los establecimientos con el fin de adecuarla a las personas con discapacidad. Un ejemplo de ello es la norma A.120 sobre accesibilidad universal en edificaciones. El uso de esta asegura la inserción de todo tipo de peatones dentro de la vida pública de nuestro país. En base a todas estas consideraciones, se busca generar espacios que se adecúen a las necesidades y características de los diversos tipos de peatones presentes en cada escenario de la vida pública.

1.2 Justificación

Actualmente en Lima se está dando un avance en cuanto al enfoque de los estudios de movilidad y transporte. Se están llevando a cabo más investigaciones enfocadas en el peatón y su transporte por medios no motorizados. Sin embargo, la información que poseemos acerca de las características del desplazamiento peatonal en los diversos tipos de espacios públicos es aún limitada. Por esto, resulta necesario estudiar dichas características en distintos escenarios de la

vida pública, como es el caso de los mercados. Los estudios centrados en ellos presentan una gran importancia ya que cuentan con tipos de peatones exclusivos a este tipo de ambientes. Como por ejemplo los peatones con carritos de compras, cuyo comportamiento es distinto a aquel de una persona que no porta ningún objeto. Del mismo modo se pueden encontrar en estos una gran presencia de adultos mayores, los cuales no suelen ser tomados en cuenta en el diseño del espacio público. Esto representa un riesgo, ya que un inadecuado diseño arquitectónico puede tener efectos nocivos en su salud.

Un ejemplo de este tipo de ambientes es el mercado Bolívar en el distrito de Pueblo Libre. La entrada a este posee numerosas deficiencias arquitectónicas que representan un peligro inminente para sus distintos usuarios. Además, el espacio disponible en esta es usado de tal manera que genera dificultades para el libre desplazamiento de las personas. Es por ello que se necesita emplear un nuevo enfoque en cuanto al diseño arquitectónico y distribución del espacio en la entrada a este mercado. Para esto se requiere de estudios que permitan entender el comportamiento y características de los peatones en este espacio, para así poder generar diseños que se adecúen a ellos. Estos diseños deben brindar seguridad a los usuarios del mercado, especialmente a aquellos peatones que están imposibilitados de transitar cómodamente por este.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Caracterizar el comportamiento peatonal en la entrada del mercado Bolívar para proponer mejoras de diseño del mercado que se adecúen a las necesidades de los peatones.

1.3.2 Objetivos específicos

Los objetivos específicos del presente tema de tesis son los siguientes:

- Caracterizar el desplazamiento de los usuarios del mercado
- Desarrollar un modelo de micro simulación peatonal del flujo en el mercado Bolívar que represente con mayor precisión el comportamiento peatonal.
- Desarrollar propuestas de mejora de la distribución del mercado, que se adecúen a las necesidades peatonales.

1.4. Alcance y limitaciones de la investigación

Se caracterizó el desplazamiento peatonal de 2 maneras, siendo la primera según los tipos de peatones observados en el mercado Bolívar y la segunda en base a los peatones como un conjunto. Para la 1ra se tomó en cuenta el número de personas que viajaban juntas y los objetos que estos portaban. En base a la clasificación hecha se halló la velocidad y las dimensiones propias de cada tipo de peatón. Para los peatones como un conjunto se observó si estos se desplazaban continuamente, si hacían paradas, si su desplazamiento era lineal y qué afectaba el libre tránsito de estos. Cabe resaltar que para el propósito de la presente tesis no se consideró el área de influencia de los distintos tipos de peatones observados, pues dicho parámetro no puede ser directamente simulado en VisWalk.

Se estudió también las oportunidades que los peatones tenían para desplazarse en la entrada al mercado Bolívar, así como las deficiencias que esta posee en cuanto a su diseño.

1.5 Hipótesis

En el ingreso al mercado Bolívar, el desplazamiento peatonal varía en función de las características de los peatones. Para grupos de personas, personas que portan objetos (carritos de compra o bolsas), o personas que salen del mercado este es más lineal y la velocidad es menor. En cuanto al diseño, este no permite el libre, cómodo y seguro desplazamiento de todos los peatones. El diseño se mejora al tomar en cuenta el comportamiento peatonal y las actividades generadas en el espacio.

Capítulo 2: Marco teórico

En el presente capítulo se explican conceptos relacionados al desplazamiento peatonal en los espacios públicos, el diseño de dichos espacios y la evaluación de estos. Para ello se empieza por definir qué es un espacio público y el papel que este cumple en la vida de las personas. Además, se analiza el caso específico de los mercados y su relevancia dentro de la vida pública. A continuación, se define quiénes son los usuarios del espacio público, es decir los peatones. Se analiza la actividad más común que realizan los peatones en el espacio público, que es la de moverse a través de este, en lo que se conoce como la movilidad. Se define movilidad y su evolución en base a distintos enfoques a lo largo de la historia. Una vez definidos estos conceptos, se explica cómo el espacio público es diseñado para satisfacer las necesidades de movilidad de los distintos tipos de peatones. Para ello se explican 2 conceptos que buscan generar diseños que faciliten el desplazamiento de la persona con discapacidad, que son la accesibilidad y el diseño universal. Finalmente, se indican las maneras a través de las cuales se evalúan los diseños peatonales, que son los modelos peatonales. Se estudia en específico el modelo de fuerza social y su aplicación a través del software de micro simulación VisWalk 8.

2.1 El espacio público

2.1.1. Definición de espacio público

Existen muchos términos similares para referirse a este (espacio público, lugar público, la esfera pública, entre otros). Las definiciones varían según cada autor debido a que estos lo definen en base a parámetros distintos. Varna (2014), condensando los diversos conceptos, define al espacio público en base a 5 parámetros. Estos parámetros son los siguientes: propiedad, control, configuración física, animación y nivel de civilización. Cabe resaltar que el término espacio

público es un concepto general; mientras que, un lugar público se refiere a un espacio puntual y concreto. En base a esto, se define al término lugar público como:

“El concepto que se refiere a toda área pública, que son propiedad pública de un ente democráticamente elegido, con una buena conexión con la cuadrícula urbana que lo rodea y que está diseñado en base a principios que albergan actividades e interacciones sociales, usados por un gran y diverso público en una variedad de maneras, controladas en una manera no opresiva y caracterizada por tener un ambiente ordenado y acogedor” (Varna, 2014: 54)

2.1.2 La vida pública

La vida pública se define como “la actividad social que ocurre en espacios públicos cotidianos- las calles, parques y plazas y espacios entre los edificios” (Gehl Institute, 2017). Es esta la que nos permite relacionarnos con los demás, ya sea de manera positiva o negativa. Esta forma parte del día a día de todas las personas a través de actividades como el transportarse al trabajo, ir a una tienda, caminar en el parque, montar bicicleta, etc. Es por esto que la vida pública tiene un gran efecto en el desarrollo de cada persona como individuo, y de todos como comunidad.

2.1.2.1 Estudios de vida pública

Un estudio de vida pública es un “análisis de elementos físicos y sociales de un lugar” (Gehl Institute, 2017). Este tipo de estudios se realizan con el fin de entender qué es aquello que caracteriza a la vida pública en un lugar determinado. En estos se evalúan parámetros específicos con el fin de entenderlos mejor y poder plantear propuestas que generen beneficios a la zona analizada. Existen diversos tipos de herramientas que se usan en este tipo de estudios. Entre estas podemos encontrar las siguientes:

- Conteo de personas en movimiento (Aforo peatonal)

- Conteo de edad y genero
- Mapeo de actividades estáticas
- Encuestas para participantes

2.1.2.2 Vida pública en mercados

Los mercados existen desde hace miles de años y han formado parte importante en el desarrollo de la vida pública a través de la historia. Ejemplo de ello son los mercados en la antigua Grecia, los cuales eran el espacio principal para el desarrollo de la vida comunal del pueblo (Kitto, 1951). En estos los habitantes podían tanto comerciar como socializar.

Los mercados son aquellos lugares donde la gente puede encontrar aquellos productos necesarios para su alimentación, además de otros productos básicos necesarios para el día a día. En un mercado se pueden encontrar proveedores de frutas, verduras, carnes, legumbres, golosinas, restaurantes, tiendas de ropa, tiendas de útiles escolares, ferreterías, centros de reparaciones de electrodomésticos, entre otros. Estos proveen a las personas de todo aquello que pueden necesitar para satisfacer sus necesidades básicas. En la actualidad son ampliamente usados pues ofrecen opciones de precios significativamente menores a aquellos de los supermercados e hipermercados.

Los mercados a parte de garantizar el abastecimiento de las personas, tienen otra función de gran importancia, que es ser el punto de encuentro de los ciudadanos (INDISA, 2012). Es aquel lugar donde la gente se puede encontrar y socializar con aquellas personas que viven cerca de ellos. Por ello, es que el comportamiento peatonal dentro de ellos es distinto a aquel de los demás lugares, ya que no son espacios donde simplemente la gente transita sin detenerse, si no que, son lugares donde las personas pueden socializar con aquellos que los rodean. Por ello resulta importante estudiar el comportamiento peatonal dentro de lugares donde la dinámica social tiene una gran relevancia.

2.2 El peatón

Debido a que el objetivo de la presente investigación es analizar el comportamiento y las características del desplazamiento de los peatones en el mercado Bolívar, es necesario saber quiénes son los peatones y como estos pueden ser clasificados.

2.2.1 Definición de peatón

Los peatones se definen como “todas las personas que transitan a pie por las vías (calles, pistas, veredas y caminos), quien empuja un coche, una silla de ruedas o conduce a pie un triciclo o ciclomotor de dos ruedas” (Ministerio de Transporte y Comunicaciones del Perú, 2008, pp.31). Entonces podemos entender que un peatón es toda aquella persona que transita por el espacio público por medios no motorizados (a excepción de aquellos que usan bicicletas con motor).

2.2.2 Clasificación de peatones

Estos podrían ser clasificados tanto por edad, como por sexo, medio de transporte (a pie o con vehículos de propulsión humana como bicicletas, skate boards, etc.), condición de salud, etc. Sin embargo, si nos basamos en la manera a través de la cual se ha diseñado el espacio público encontramos que existen 2 tipos de peatones. Estos son los peatones promedio y no promedio:

- **Peatón promedio:** Es aquella persona que no posee algún tipo de condición física o mental que de alguna manera dificulta las tareas que este debe realizar. Entonces dentro de estos se suele encontrar a los hombres y mujeres jóvenes y adultos menores de 40 años.
- **Peatón no promedio:** Es aquella persona que posee alguna condición temporal o permanente que de alguna manera dificulta su libre desplazamiento y las tareas que este necesita realizar. Incluye a las personas con discapacidad, niños, mujeres embarazadas, etc.

Una persona con discapacidad se define en la norma NTE A.120 de la siguiente manera:

“Es aquella que, tiene una o más deficiencias físicas, sensoriales, mentales o intelectuales de carácter permanente que, al interactuar con diversas barreras actitudinales y del entorno, no ejerza o pueda verse impedida en el ejercicio de sus derechos y su inclusión plena y efectiva en la sociedad, en igualdad de condiciones que los demás” (Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2019, pp. 4)

Dentro de las personas con discapacidad podemos encontrar a las que tienen discapacidades sensoriales (visual, auditiva), cognitivas (síndrome de Down, Asperger, etc.) y físicas (hemiplejía, cuadriplejía, personas con fracturas, etc.) (Huerta, 2007). Cabe resaltar que dentro de los peatones con discapacidad física se encuentra a los adultos mayores. Todos estos tipos de peatones son los que tienen mayores necesidades de adecuación del espacio público en favor de su desplazamiento. Sin embargo, son aquellos que han sido más relegados hasta la actualidad. Cada peatón tiene sus propias características y necesidades, las cuales deben ser tomadas en consideración al momento de analizar el desplazamiento peatonal y el diseño del espacio público.

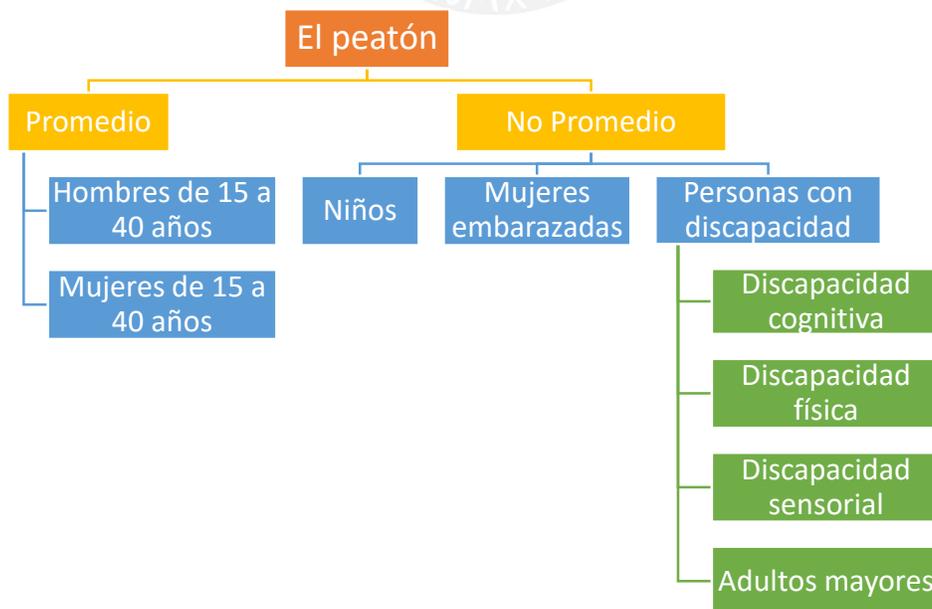


Figura 2. 1 - Clasificación de peatones
Elaboración Propia

2.3 La movilidad

Para poder satisfacer las necesidades básicas de cada persona, estas necesitan estar en movimiento. El ser humano se desplaza para ir a estudiar, trabajar, ir de compras, visitar amigos o familiares, etc. Es una necesidad que cada vez se hace más grande ya que mientras el tiempo avanza, la población crece, las ciudades se expanden y las distancias que debemos recorrer lo hacen también. Entonces debemos recurrir a diversos medios para poder desplazarnos. Podemos hacerlo caminando, en bicicleta, en automóvil, en transporte público, etc. Entonces entendemos como movilidad a todo ello que involucra el desplazamiento por medios motorizados o no motorizados. La movilidad involucra el movimiento de personas y cosas desde un punto a otro, ya que ambos afectan la manera en cómo el otro se desplaza (Schroegel, Mathieu y Lukaczyk, 2009).

2.3.1 Etapas de la movilidad

La movilidad ha evolucionado a lo largo de la historia. Dicho cambio se puede clasificar en función de cuál fue el énfasis que se tuvo en cada una de estas. Como se observa en la Figura 2. 2, existen 4 etapas de la movilidad que son el tráfico, el transporte público, la movilidad, y la movilidad sostenible (Dextre y Avellaneda, 2014).

El tráfico se refiere a la etapa de la movilidad en la cual el personaje principal es el automóvil. Es decir, que el diseño de la red vial y el espacio público, se hace en función del automóvil. Esta etapa se caracteriza por mucha infraestructura para una gran cantidad de vehículos que transportan pocas personas. Además, tiene como consecuencia un gran efecto sobre el ambiente producto de las grandes emisiones de CO y otros tipos de gases. Esta etapa fue muy importante a lo largo del mundo producto de la invención del automóvil y el descubrimiento del uso de los combustibles fósiles. Esta impulsó el desarrollo de muchos países, producto del consumo de este tipo de

combustible. Sin embargo, generó un gran daño en el ambiente a niveles que no fueron previstos. Es por ello que hoy en día, las ciudades más avanzadas, optan por diseños no orientados en el automóvil, puesto que no son sostenibles.

El transporte público se refiere a la etapa en la cual el personaje principal es el transporte masivo de personas por medios motorizados de transporte público. Esta surgió debido a que la etapa anterior era muy dañina para el ambiente. Ante esto, surgió la necesidad de transportar a más personas, contaminando menos. Por esto, se crearon los medios de transporte masivo como los buses, trenes, subterráneos, etc. Del mismo modo, fue necesario que las ciudades se adecuasen a estos, por lo cual se modificó el diseño del espacio público para poder recibirlos.

La movilidad se refiere a la etapa en la cual la persona que se desplaza por medios no motorizados empieza a tener una mayor importancia en cuanto al diseño del espacio público. Si bien con el transporte público se responde a una necesidad de cuidado ambiental, el diseño de las calles sigue siendo pensado en función de los vehículos motorizados. Es por ello que los desplazamientos a pie y a través de medios no motorizados como las bicicletas, empiezan a tener una mayor importancia. Esta etapa plantea una nueva jerarquía, en la cual el peatón es el más importante, seguido por el ciclista, el transporte público, el transporte de carga, y finalmente el automóvil. Esta incluye la modificación del espacio urbano, centrándose en los desplazamientos no motorizados, lo que conlleva a la implementación de ciclo vías, el diseño de mejores veredas, cruces peatonales elevados, etc.

Finalmente, la etapa de la movilidad sostenible introduce un nuevo concepto que hasta el momento no es tomado en cuenta: el uso del suelo. En esta se toma en consideración la planeación de la ciudad en función de dos conceptos principales, el poli centrismo y la compacidad. Esto quiere

decir que una ciudad debería estar compuesta de muchos núcleos en los que se pueda hallar todo lo que una persona necesite para subsistir. De esta manera todos los desplazamientos dentro del núcleo se realizan a través de medios no motorizados. Los únicos viajes que las personas deberían realizar por medios motorizados, serían aquellos viajes entre núcleos.

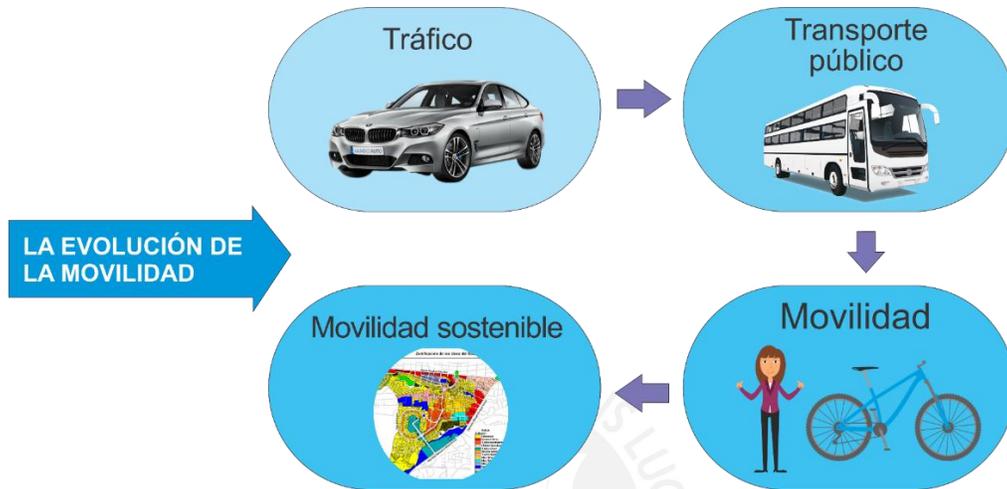


Figura 2. 2 - Evolución de la movilidad.
Elaboración Propia

Si bien la movilidad ha ido evolucionando como concepto, esto no implica que todas las ciudades lo han hecho de manera conjunta. Las ciudades europeas son aquellas que presentan un mayor avance en cuanto a movilidad. También se pueden encontrar buenos ejemplos de desarrollo en América, como es el caso de Curitiba en Brasil. Sin embargo, todavía existen ciudades que se centran en el automóvil y dejan de lado al peatón.

2.4 Accesibilidad

Los espacios por donde las personas transitan han sido diseñados pensando en el peatón promedio. Esta orientación ha causado que aquellas personas que no entran dentro de dicha definición sean incapaces de usar libremente el espacio público. Entonces, hoy en día se opta cada vez más por incorporar un diseño que piense en todas las personas, lo cual incluye a los hombres, mujeres,

niños, ancianos, personas con movilidad reducida, etc. Es así que nace la idea de la accesibilidad.

2.4.1 Definición de accesibilidad

La accesibilidad se define como,

“La condición de acceso que presta la infraestructura urbanística y edificatoria para facilitar la movilidad y el desplazamiento autónomo de la persona con discapacidad, propiciando su integración y la equiparación de oportunidades para el desarrollo de sus actividades cotidianas, en condiciones de seguridad.” (CEEDIS, 2004, pp. 35)

Entonces podemos ver que la accesibilidad está orientada a la incorporación de las personas con discapacidad en el espacio público, puesto que estas requieren de diseños distintos a los empleados hasta la actualidad.

2.4.2 Tipos de accesibilidad

La accesibilidad se puede entender en 3 niveles distintos pero que trabajan de manera conjunta en beneficio de la calidad de vida de las personas con discapacidad. Estos son la movilidad, la comunicación y la comprensión. (CEEDIS, 2004)

La accesibilidad en cuanto a la movilidad se refiere a la capacidad de las personas de desplazarse libremente de un lugar a otro, por lo cual involucra al diseño del espacio público. En cuanto a comunicación, hace referencia a la capacidad de las personas de comunicarse con los demás. Esta involucra a la facilidad que brindan los medios de comunicación actual a las personas con discapacidad. Y la accesibilidad en cuanto a la comprensión hace referencia a la capacidad de las personas de entender mensajes o instrucciones.

Estos tres niveles son muy importantes, ya que a través de ellos es que se logra insertar a la persona

con discapacidad dentro del espacio público. Para propósitos del presente trabajo, se tomará en consideración principalmente la accesibilidad en cuanto a la movilidad.

2.4.3 La accesibilidad y el diseño universal

Si bien la accesibilidad se centra en el diseño orientado a las personas con discapacidad, es necesario que esta trabaje de manera conjunta con otro concepto que permite tener una mirada más global e inclusiva. La CEEDIS (2004) describe al diseño universal como aquel que busca que el espacio público se adecue a todos los tipos de peatones de manera conjunta. Eso quiere decir que no solo se piensa en la persona con discapacidad, si no en todas las personas que harán uso del espacio público, de tal manera que puedan desplazarse libremente de manera simultánea.

Entonces podemos clasificar al diseño en tres categorías según a quién este esté orientado. Como se observa en la Figura 2. 3, si el diseño se orienta solo en el peatón promedio, este será convencional. Si el diseño se orienta al peatón no promedio, este aplicará conceptos de accesibilidad. Finalmente, si este está orientado a todos los peatones, este aplicará un diseño universal.



Figura 2. 3 - Peatones y tipo de diseño asociado.
Elaboración Propia

2.5 Modelos peatonales

Un modelo es “una construcción humana que estipula una serie de relaciones entre procesos, eventos y objetos teóricos u observados. Los modelos pueden ser usados para entender cómo funcionan las cosas” (Passmore, 2015, pp.660). Dependiendo de qué se analice, pueden existir diversos tipos de modelos, según como se considere el objeto de estudio. Por ejemplo, para el caso de los peatones, si a estos se les considera como una masa uniforme, o se les considera individualmente, el tipo de modelo cambiará. De manera general se pueden clasificar a los modelos en macroscópicos y microscópicos.

2.5.1 Modelos macroscópicos

Los modelos macroscópicos son aquellos que consideran a los peatones como una masa homogénea con características como un conjunto. Las características de cada uno de los peatones se consideran irrelevantes para la representación del movimiento del conjunto de estos (Wenbo y Yarlagadda, 2014). Estos tipos de modelos pueden ser de gran uso cuando se analiza el desplazamiento de peatones en largos corredores sin muchos obstáculos. En estos casos las decisiones de cada peatón se limitan a avanzar en una sola dirección. Dentro de estos se pueden encontrar a los modelos de gases, en los que los grupos de peatones son considerados como un fluido sujeto a reglas similares a aquellas de la dinámica de fluidos.

2.5.2 Modelos microscópicos

Los modelos microscópicos son aquellos que toman en consideración las características individuales de cada peatón. Se usan en el caso de sistemas más complejos, en los que el peatón tiene que realizar múltiples decisiones. Sus decisiones están basadas tanto en sus propias características, así como las características de las cosas que lo rodean. Debido a que estos modelos

implican analizar simultáneamente a cada uno de los peatones involucrados, no resulta sencillo realizarlos de manera manual. Estos necesitan de ayudas computacionales para poder ser llevados a cabo. Es por el rápido desarrollo de los sistemas computacionales que este tipo de modelos han podido ser desarrollados (Wenbo y Yarlagadda, 2014). Los peatones son analizados como partículas sujetas a diversas interacciones con aquello que los rodea, tanto objetos como otros peatones, al mismo tiempo que estos ejercen un efecto sobre el resto.

Podemos encontrar 5 modelos microscópicos que en la actualidad son extensamente usados. Cada uno de estos considera al peatón de una manera distinta y analiza la interacción entre estos y el medio que la rodea de una manera particular. Entonces, como se observa en la Figura 2. 4, encontramos a los modelos celular de beneficio-costo, celular-autómata, fuerza magnética, fuerza social y otros modelos derivados de tecnologías como la teoría del juego (Wenbo y Yarlagadda, 2014).

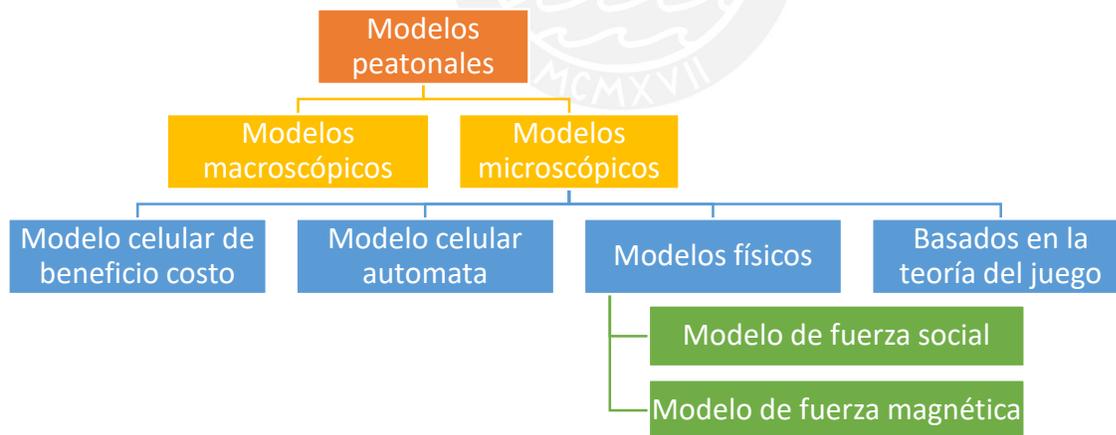


Figura 2. 4 - Clasificación de modelos peatonales.
Elaboración Propia

2.5.2.1. Modelos de fuerza social

Los modelos de fuerza social establecen que el desplazamiento de cada peatón está condicionado por fuerzas sociales que motivan el comportamiento de estos. Se basa en la premisa de que cada

peatón desea llegar a un determinado punto en un tiempo determinado. Entonces, la velocidad de cada uno de estos dependerá de la distancia que le falta por recorrer y el tiempo que le queda para recorrer dicha distancia. El desplazamiento de estos se ve modificado por las distintas fuerzas que ejercen los elementos que lo rodean. Por esto, cada peatón se ve sometido a 4 fuerzas que son las de dirección, repulsión, atracción y de fluctuaciones.

Los modelos de fuerza social reflejan el efecto que tiene la interacción entre personas en el flujo peatonal, haciendo que este tipo de modelo sea más cercano a la realidad de la dinámica urbana de desplazamiento (QingMei, WeiNing, YuQuan, y Ye, 2009). Actualmente son los modelos que tienen mayor aplicación, puesto que estos demuestran gran adaptabilidad a distintas situaciones de desplazamiento peatonal. Estos poseen distintos parámetros que permiten asemejar el comportamiento simulado de los peatones a aquel de la realidad. Por ejemplo, en el programa VisWalk podemos encontrar los siguientes parámetros de comportamiento peatonal:

Tabla 2. 1 - Parámetros de comportamiento peatonal.

Parámetro	Características
Tau	Tiempo de relajación asociado al tiempo de reacción
ReactToN	Número de personas que generan un efecto sobre cada peatón. Estas son las que se encuentran más cerca a la persona analizada.
ASocIso	Determina una de las 2 fuerzas entre peatones
BSocIso	Determina una de las 2 fuerzas entre peatones
Lambda	Determina el nivel de anisotropía de las fuerzas
ASocMean	Determina la intensidad de la fuerza social entre peatones
BSocMean	Determina el rango de la fuerza social entre peatones
Noise	A mayor valor de este parámetro, mayor será la intensidad de la fuerza aleatoria que se agrega a un peatón cuando se mantiene por mucho tiempo debajo de su velocidad deseada
Side Preference	Determina a qué lado prefiere dirigirse el flujo peatonal cuando 2 flujos opuestos se encuentran

Tomado del programa VisWalk 8 (PTV Group, 2015)

De estos, los más usados suelen ser los parámetros de Tau, Lambda y Noise, al momento de realizar la calibración y validación de los modelos. Sin embargo, en esta tesis se hará uso de más parámetros para simular con mayor precisión la interacción entre los diversos peatones que se encontraron en la entrada al mercado Bolívar.

2.5.3 La micro simulación peatonal

Una micro simulación peatonal es un modelo computacional en el cual cada individuo es analizado de manera individual (Wenbo y Yarlagadda, 2014). Podemos encontrar al software Viswalk 8, el cual se basa en el modelo de fuerza social. Cabe resaltar que la micro simulación es una herramienta para la comparación de distintos estados de una o dos intersecciones. Eso se hace con el fin de encontrar cuál de estas facilita el desplazamiento de los peatones y los vehículos que en estas se encuentran.

2.5.3.1 VisWalk 8

VisWalk 8 es un programa de micro simulación peatonal elaborado por la compañía alemana PTV Group. Este programa permite al usuario simular y modelar el comportamiento de las personas al caminar dentro y fuera de las edificaciones (PTV Group, 2015). Este utiliza los conceptos de los modelos de fuerza social para simular el comportamiento entre las personas al desplazarse. Así mismo, permite analizar la interacción entre peatones y vehículos gracias a que cuenta con un programa de simulación de comportamiento vehicular llamado Vissim. Este software (Viswalk) toma en consideración 6 fundamentos básicos para reflejar el comportamiento de las personas (Cabrera, 2018). Estos 6 conceptos son los siguientes:

- Modelamiento estocástico y número de semilla.
- Distribución de arribo de peatones.
- Múltiples corridas y nivel de confiabilidad.

- Mecanismo de actualización del modelo.
- Periodo de Warm Up.
- Sub Modelos.

2.5.3.1.1. Modelo estocástico y número de semilla

Los modelos realizados en VisWalk 8 tienen la característica de tener una naturaleza estocástica, lo cual implica que los resultados que se obtengan de estos son aleatorios. Esto sucede gracias al uso de los números de semilla. Los números de semilla permiten la generación de números aleatorios que modifican las características del desplazamiento de los peatones, como por ejemplo la agresividad en el desplazamiento. Entonces para cada número semilla se obtiene una respuesta distinta, dándole una naturaleza aleatoria a los modelos.

2.5.3.1.2. Distribución de arribo de peatones

Al elaborar un modelo, uno determina la cantidad de personas que entran a este, pero debido a la naturaleza estocástica del software, para cada número de semilla, el orden en el que los peatones entran al modelo es aleatorio.

2.5.3.2.3. Múltiples corridas y nivel de confiabilidad

Para poder asegurarse que un modelo refleje la realidad que se quiere simular, no es suficiente realizar una sola corrida de este, ya que ello implica obtener una sola respuesta aleatoria. VisWalk permite realizar múltiples corridas para una misma micro simulación, utilizando diversos números de semilla. Teniendo múltiples respuestas se pueden hallar datos más precisos de diversos parámetros de desplazamiento vehicular o peatonal. Para ello es necesario calcular cual es el número mínimo de corridas que aseguran que nuestros resultados sean veraces. Este se calcula con la siguiente fórmula:

$$N = \left[\frac{t_{\alpha} \cdot S}{E} \right]^2 \quad (1)$$

Donde:

- E = error
- S = Desviación estándar muestral
- t_{α} = T – student

Tomado de Apuntes de clase de Gestión del Tránsito “Fundamentos de la micro simulación” (Cabrera, 2018)

La desviación estándar corresponde a la muestra de valores de una variable obtenidas de las múltiples simulaciones, que, por ejemplo, pueden ser las velocidades peatonales. El valor de t_{α} depende del número de valores de la muestra, de tal modo que a este se le resta 1 para obtener el número de grados de libertad (n). Se elige un grado de confiabilidad y con este se halla el valor de α como la mitad del área fuera de este. Por ejemplo, para un grado de confiabilidad de 95%, α tiene un valor de 0.025. Con los grados de libertad y el valor de α se calcula el valor de t_{α} a través de la tabla a continuación:

Tabla 2. 2 - Valores de t_{α} en base a grados de libertad y grado de confiabilidad

$n \setminus \alpha$	0,30	0,25	0,20	0,10	0,05	0,025
1	0,7265	1,0000	1,3764	3,0777	6,3137	12,7062
2	0,6172	0,8165	1,0607	1,8856	2,9200	4,3027
3	0,5844	0,7649	0,9785	1,6377	2,3534	3,1824
4	0,5686	0,7407	0,9410	1,5332	2,1318	2,7765
5	0,5594	0,7267	0,9195	1,4759	2,0150	2,5706
6	0,5534	0,7176	0,9057	1,4398	1,9432	2,4469
7	0,5491	0,7111	0,8960	1,4149	1,8946	2,3646
8	0,5459	0,7064	0,8889	1,3968	1,8595	2,3060
9	0,5435	0,7027	0,8834	1,3830	1,8331	2,2622
10	0,5415	0,6998	0,8791	1,3722	1,8125	2,2281
11	0,5399	0,6974	0,8755	1,3634	1,7959	2,2010
12	0,5386	0,6955	0,8726	1,3562	1,7823	2,1788
13	0,5375	0,6938	0,8702	1,3502	1,7709	2,1604
14	0,5366	0,6924	0,8681	1,3450	1,7613	2,1448
15	0,5357	0,6912	0,8662	1,3406	1,7531	2,1315
16	0,5350	0,6901	0,8647	1,3368	1,7459	2,1199
17	0,5344	0,6892	0,8633	1,3334	1,7396	2,1098
18	0,5338	0,6884	0,8620	1,3304	1,7341	2,1009
19	0,5333	0,6876	0,8610	1,3277	1,7291	2,0930

Tomado de Apuntes de clase de Gestión del Tránsito “Fundamentos de la micro simulación” (Cabrera, 2018)

Por último, el valor de E es determinado por cada persona como un porcentaje de la media de los valores obtenidos de las múltiples corridas del programa. Este valor suele ser entre 5 y 8% del valor de la media. Entonces, el número obtenido de la fórmula de N es el valor mínimo de corridas que se deben realizar. Si el valor de N hallado con la fórmula es menor al valor del número de corridas realizadas, concluimos que estas fueron suficientes.

2.5.3.2.4. Mecanismo de actualización del modelo

Los mecanismos de actualización de los modelos están relacionados a la manera en cómo cambian las características de los distintos agentes que se desplazan dentro del modelo. A tiempos de actualización altos, los cambios son más bruscos y los resultados que se obtienen pueden ser poco representativos. A tiempos de actualización bajos, los cambios se dan de manera más sutil y refleja de mejor manera el desplazamiento real de las personas o vehículos. Esto se observa en la figura a continuación:

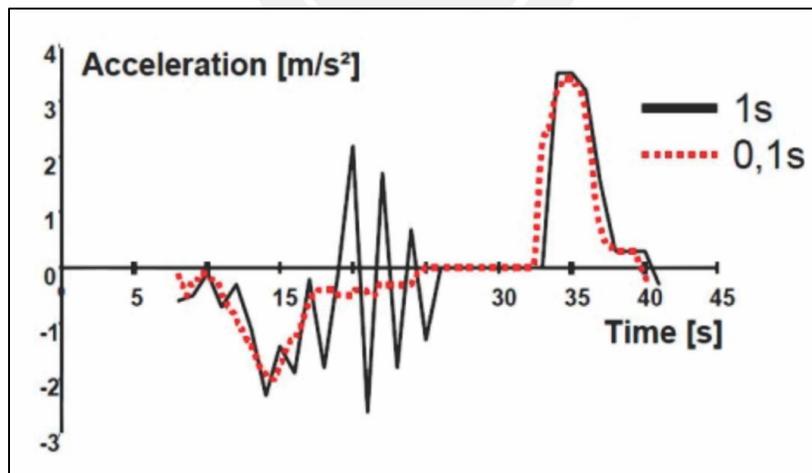


Figura 2. 5 - Gráfica de aceleración vs tiempo, según intervalos de actualización
Tomado de Apuntes de clase de Gestión del Tránsito “Fundamentos de la micro simulación” (Cabrera, 2018)

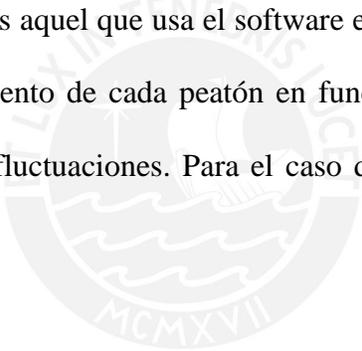
En esta, se observa como la línea roja tiene cambios más suaves en comparación con la línea de color negro, puesto que la primera tiene un tiempo de actualización mucho menor.

2.4.3.2.5. Periodo de Warm – Up

El periodo de Warm-Up es aquel espacio de tiempo en el que el modelo pasa de no tener ningún peatón o vehículo desplazándose dentro de este, hasta el punto en el que los flujos peatonales o vehiculares se estabilizan. Este suele tener una duración variable, pero se sugiere que el periodo de warm-up considerado sea de aproximadamente 10 minutos. Este es un periodo dentro del cual no se deben tomar medidas pues no resultan representativas.

2.4.3.2.6. Sub-Modelos

Como se explicó previamente, VisWalk 8 usa un modelo para simular el comportamiento peatonal. De los distintos modelos existentes aquel que usa el software es el modelo de la fuerza social, en el que se describe el comportamiento de cada peatón en función de 4 fuerzas, que son las de dirección, repulsión, atracción y fluctuaciones. Para el caso de los vehículos, Vissim utiliza el modelo de seguimiento vehicular.



Capítulo 3: Metodología

En el presente capítulo se explica los distintos pasos que se deben llevar a cabo para el desarrollo de la presente tesis. Esto incluye la recopilación de información de campo (estudios de campo), procesamiento de información encontrada, desarrollo de propuestas de mejora y análisis de estas. Estos pasos permiten conseguir los objetivos inicialmente planteados en la presente investigación.

3.1 Estudios de campo

La primera parte de los trabajos consiste en los estudios de campo. Cuando se estudia la vida pública es necesario observar todo aquello que los peatones hacen. No basta solo con estudiar cuantos peatones transitan por un punto; si no, es necesario estudiar más a fondo todo aquello que involucra su desplazamiento. Esto incluye la manera en que estos se desplazan, si realizan paradas en determinados lugares, que rutas prefieren usar, qué cosas dificultan el libre tránsito de estos, etc. A continuación, se explica la metodología de los distintos estudios de campo que se aplican para la recopilación de información necesaria en el desarrollo de proyectos viales centrados en el peatón.

3.1.1 Estudio de vida pública

Para realizar un estudio de vida pública se inicia por plantear una pregunta de investigación. Se define qué es lo que se quiere estudiar y en qué lugar se desea realizar el estudio. Esto permite limitar la información que se necesita encontrar, haciendo que el estudio sea más conciso y eficaz. La zona de estudio suele limitarse a espacios pequeños, como pueden ser plazas, parques, intersecciones, etc. Del mismo modo, se debe elegir las fechas en las que se realizará el estudio, de tal modo que los resultados que se obtengan sean los más representativos.

Si bien ya se conoce el lugar de estudio, es necesario delimitar el área específica que abarca el análisis. A continuación, se selecciona las herramientas de estudio que permiten encontrar la información necesaria para responder la pregunta de investigación. Entre las herramientas disponibles encontramos al conteo de flujo peatonal, conteo de edad y género, mapeo de actividades estáticas, encuesta para participantes, entre otros (Gehl Institute, 2017). Una vez que se han desarrollado todos los pasos anteriores se procede a recolectar la información en campo para su posterior análisis. Con la información recolectada se puede proceder a plantear propuestas que generen un beneficio para la vida pública en la zona analizada.

3.1.1.1 Análisis de características de la zona de estudio

En este tipo de estudios se miden las características arquitectónicas de la zona de estudio. Se miden anchos de acera, pendientes, anchos y longitudes de rampas, características de las escaleras si las hubieran (dimensiones de paso y contrapaso, y ancho de escalera), presencia de estacionamientos vehiculares, presencia de estacionamientos para bicicletas, ubicación de principales obstáculos y características de estos, presencia de barandas, etc. Con esta información se elabora un plano de distribución del lugar estudiado. Este sirve para analizar el estado actual del lugar analizado para así poder identificar si este ha sido diseñado correctamente y poder plantear propuestas posteriores.

3.1.1.2 Análisis de actividades estáticas

En este tipo de estudio se observan las distintas actividades estáticas que los peatones realizan en la zona estudiada. Esto abarca los lugares donde se detienen, la cantidad de personas que lo hacen, el tiempo detenidos, etc. Este tipo de análisis se realizan por un tiempo más prolongado que el que se utiliza para realizar los conteos de flujos peatonales, por lo cual pueden durar más de 1 hora. Esto con el fin de poder establecer tendencias en las actividades estáticas observadas.

3.1.1.3 Conteo de flujos peatonales y vehiculares

Los conteos de flujos peatonales consisten en el registro de la cantidad de personas que pasan por uno o varios puntos de manera simultánea en un tiempo y espacio determinado (aforo peatonal). Para esto se inicia por identificar los puntos de origen y destino de los distintos flujos peatonales presentes en el espacio público analizado. Además de esto, se definen las diversas direcciones o rutas que los peatones suelen utilizar para llegar a sus diversos destinos. De manera complementaria se puede realizar un mapa que contenga todas estas rutas, ya que esto facilita el desarrollo de los pasos posteriores.

A continuación, se selecciona el método mediante el cual se realiza el conteo. Este puede ser de manera manual o con la ayuda de equipos de filmación. La manera en que se realice el conteo depende tanto de la cantidad de puntos de medición, así como de las características del flujo. Si la cantidad de puntos es poca o los flujos peatonales se cruzan de manera ordenada, se puede hacer el conteo de manera manual, individualmente o con la ayuda de más personas. Por otro lado, si la cantidad de puntos es muy elevada o los flujos peatonales se cruzan de manera desordenada, resulta más apropiado el uso de equipos de filmación. Gracias a estos, se puede realizar el conteo peatonal después de la grabación, lo que permite registrar con mayor detenimiento los puntos de donde proviene cada peatón y hacia dónde se dirige.

Una vez que se ha seleccionado el tipo de conteo, se define los puntos desde los cuales este se realiza. Si el conteo es manual, se determina el número de puntos de medición dependiendo de cuan alto es el flujo. Si el flujo es muy alto se sugiere que cada medidor registre una sola ruta peatonal. Para el caso de los conteos con equipos de filmación se selecciona puntos estratégicos que permitan abarcar la mayor cantidad de espacio posible, de preferencia la totalidad de la zona

estudiada. Esto permite analizar el punto de partida y llegada de todos los peatones observados.

A continuación, se procede a definir la plantilla de conteo peatonal. Esta puede considerar a los peatones de manera general o en base a su clasificación. Se puede separar el flujo ya sea por género, edad, condición física, etc. En esta plantilla se separa el tiempo en periodos de 5 minutos durante 1 hora. Se utiliza una plantilla de conteo para cada una de las rutas previamente identificadas.

Para la micro simulación peatonal, el conteo se realiza 2 veces, en 2 ocasiones distintas, pero en condiciones similares. Por ejemplo, si la 1ra medición se realiza un día de semana en hora punta, la 2da medición se debería realizar una semana después el mismo día de semana y a la misma hora. Se debe procurar que el tiempo que separa las 2 mediciones no sea muy prolongada para asegurar que los resultados no varíen significativamente. Cabe resaltar que este tipo de estudios se deben realizar bajo condiciones estándar del flujo en la zona analizada. Es decir, si se hace el conteo cuando parte del espacio público se encuentra inhabilitado por reparaciones, los resultados obtenidos no son representativos. Dentro de estos se mide un parámetro del desplazamiento peatonal con el que se realiza la calibración y validación del modelo. Por ejemplo, se puede registrar la velocidad de un número representativo de peatones.

Los estudios de flujos vehiculares son similares a los previamente explicados, con la variación que en estos se cuenta la cantidad de vehículos que pasan por una o varias intersecciones. Para estos se toman periodos de 15 minutos durante 1 hora (FHWA, 2004). De los datos registrados se usan los 15 minutos de mayor flujo y en base a esto se calcula un flujo más desfavorable que se usa al momento de realizar la simulación. Para el caso vehicular se registran parámetros como son las longitudes de colas, tiempo de demoras, flujos de saturación, etc. Estos se utilizan al momento de realizar la micro simulación con el fin de calibrar y validar el modelo.

3.1.1.4 Entrevistas a participantes

Para realizar una entrevista se inicia por definir una pregunta a la cual queremos obtener una respuesta. Luego se define el público objetivo. Para esto se plantea que personas podrían proveer la información necesitada. A continuación, se procede a elaborar el cuestionario. Para esto se debe elegir cuidadosamente las preguntas, usando un lenguaje sencillo y tratando de establecer una conexión entre estas.

Habiendo terminado los pasos previos de elaboración de la entrevista, esta se lleva a cabo. Para esto se debe contar con entrevistadores preparados en el tema, de tal modo que puedan solucionar cualquier duda de la persona entrevistada. Finalmente se procede al procesamiento de los resultados obtenidos, para lo cual se debe mantener una posición objetiva. Esto implica utilizar toda la información obtenida y no solo la que se asemeja a la respuesta que deseamos obtener. Con esto se puede proceder a analizar la información encontrada y finalmente publicar los resultados de esta (Universidad Virtual del Tecnológico de Monterrey, 2005).

3.2 Análisis de resultados

Una vez que ya se han hecho todas las mediciones de campo necesarias, se procede a hacer la interpretación de toda la información que se ha recopilado. Como el presente trabajo se centra en hallar las principales características del desplazamiento peatonal en el mercado Bolívar, se hace énfasis en el análisis de dichas características, tanto aquellas que fueron medidas, como la velocidad, así como aquellas que pudieron ser observadas en el estudio de vida pública (tendencias en el desplazamiento).

3.2.1 Análisis de resultados de campo

De los diversos estudios realizados en el estudio de vida pública se obtiene las principales

características del desplazamiento peatonal. Se busca hallar patrones marcados en la manera como las personas se desplazan. Para ello se hace uso de las distintas herramientas que provee la estadística descriptiva.

3.2.1.1 Análisis de resultados de conteo de flujos peatonales

Los datos registrados en los conteos peatonales se evalúan mediante una matriz origen destino. En este tipo de matrices se colocan los flujos horarios en base a los puntos en los que se originan y a donde se dirigen. En la primera columna de la izquierda se colocan los puntos en los que se originan los flujos. Del mismo modo, en la primera fila superior se colocan los puntos a los que se puede dirigir cada peatón, que son los mismos puntos de los cuales salen. En cada casilla se coloca el flujo que se origina del punto correspondiente a la fila y se dirige al punto correspondiente a la columna. Si se suman los valores en cada fila se obtiene el flujo total que se origina de cada punto en una hora. Si se suman los valores en cada columna se obtienen los flujos que llegan a cada punto en una hora. Finalmente, la suma de todas las semi-sumas de las columnas debe ser igual a la de todas las filas. Este valor total representa el número de personas que se desplaza dentro de la zona estudiada durante 1 hora.

Tabla 3. 1 - Ejemplo de matriz origen – destino

O/D	Destino 1	Destino 2	Destino 3	Suma de filas
Origen 1	De 1 a 1	De 1 a 2	De 1 a 3	Flujo total que parte de 1
Origen 2	De 2 a 1	De 2 a 2	De 2 a 3	Flujo total que parte de 2
Origen 3	De 3 a 1	De 3 a 2	De 3 a 3	Flujo total que parte de 3
Suma de columnas	Flujo total que llega a 1	Flujo total que llega a 2	Flujo total que llega a 3	Flujo total en el sistema

3.2.1.2 Análisis de resultados de registros de velocidades

Los registros de velocidades se pueden analizar como un conjunto o según tipos de peatones, dependiendo de lo que se busque analizar. De estos valores se obtiene la media y la desviación estándar y se elaboran histogramas para entender cómo se distribuye la velocidad entre los peatones. Para realizar este tipo de análisis es importante decidir si se consideran los valores atípicos(outliers) leves o extremos, puesto que estos pueden modificar significativamente los valores de la media, desviación estándar, entre otros. Existen diversas metodologías para el cálculo de estos. Una de estas permite hallar el rango de valores típicos en base a la media y el rango intercuartil(RIC). Esta se puede ver a continuación:

Valores atípicos leves (outliers)

$$\begin{aligned} \text{media} + 3.\text{RIC} > X > \text{media} + 1.5.\text{RIC} \\ \text{media} - 3.\text{RIC} < X < \text{media} - 1.5.\text{RIC} \end{aligned} \quad (2)$$

Valores atípicos extremos

$$\begin{aligned} X > \text{media} + 3.\text{RIC} \\ X < \text{media} - 3.\text{RIC} \end{aligned} \quad (3)$$

Tomado de Apuntes de clase de Ingeniería Estadística “Resumen de Variables” (Maguiña, 2015)

Donde el RIC es la diferencia entre el 1er y 3er cuartil. Se debe calcular también si el número de registros supera la cantidad mínima para brindar información representativa. Para ello se calcula el número mínimo de valores usando la metodología explicada en la sección 2.5.3.2.3.

Para la micro simulación, con la información registrada es necesario construir un gráfico de frecuencias acumuladas de velocidades por tipo de peatón. Para ello se establecen rangos de valores y se calcula la cantidad de registros que están dentro de estos. Se calcula la frecuencia como la proporción entre los registros dentro del rango y el total de estos. Se suman las frecuencias de manera ascendente. Es decir, para el rango inferior la frecuencia será la que se halló para este,

para el segundo rango se suma la que se halló para este junto con la anterior, y así sucesivamente hasta llegar al último rango, en el que la frecuencia será 1. Finalmente, se asigna a cada rango un valor fijo que se calcula como la media de los valores extremos de cada rango. El gráfico de frecuencias acumuladas se construye colocando los valores fijos previamente hallados en el eje de las abscisas y los correspondientes valores de frecuencias acumuladas en el eje de ordenadas.

3.2.1.3 Análisis de resultados de entrevistas

Se evalúa de manera independiente cada entrevista realizada. Luego se evalúan todas de manera grupal para hallar las respuestas que más se repiten en cada una de las preguntas realizadas. Se pueden realizar diversos gráficos (gráficos de barras, histogramas, gráficas de pie, etc.) que permitan analizar de una manera más simple los resultados obtenidos.

3.2.1.4 Elaboración de plano de distribución de entrada del mercado

Con el fin de entender la distribución de los elementos del mercado de una manera más sencilla, se elabora un plano. Si se desean elaborar planos en 2D se puede utilizar el programa AutoCAD. Por otro lado, si se desea elaborar un modelo 3D del espacio analizado se pueden usar programas como Sketch Up. En estos planos se incorporan escaleras, rampas, ascensores, veredas, pistas, obstáculos, etc. Estos sirven de base para la posterior implementación de propuestas de mejora.

3.3 Elaboración, calibración y validación del modelo

Para la elaboración de los modelos de micro simulación peatonal se puede usar el software VisWalk 8. Para esto se utiliza toda la información recopilada en el estudio de vida pública. Se inicia por dibujar el área analizada. Se puede iniciar importando un mapa de distribución de los elementos arquitectónicos hallados en campo para facilitar el desarrollo del modelo. Este debe ser escalado antes de proceder a la siguiente etapa del modelamiento. Luego se incorporan al modelo

las veredas, rampas, escaleras, obstáculos, pistas, zonas de prioridad, etc.

Una vez que la distribución arquitectónica del espacio está terminada, se incorporan los elementos móviles; es decir, se incorporan vehículos y peatones. Se establece las cantidades de peatones que parten de un punto y el lugar al que se dirigen. En esta etapa se configuran además las características propias del flujo peatonal, como los tipos y clases de peatones, dimensiones, velocidades, etc. Se realiza lo mismo para el caso de los vehículos.

Luego de elaborar el escenario del flujo observado, por medio de los parámetros de comportamiento peatonal se calibra un parámetro definido del desplazamiento. Se busca asemejar el parámetro elegido en la simulación con aquel medido en campo. Esto se realiza mediante el método de comparación de medias. Para esto se corre el programa un número determinado de veces (cantidad que debe superar el número mínimo de corridas), de tal modo que se obtienen diversos valores del parámetro elegido. Estos valores se comparan con los medidos en campo mediante un programa llamado StatKey. Este permite realizar pruebas aleatorias de diferencia de medias. En este tipo de pruebas se elige aleatoriamente 1 valor de cada grupo y se comparan. Este proceso se realiza un número elevado de veces, como puede ser 10 000 veces, de tal modo que se genera un histograma con las diferencias halladas. Se establece un grado de confiabilidad que determina un rango de valores dentro de los cuales debería estar la diferencia de medias de los 2 grupos de valores. Si la diferencia no se encuentra dentro del rango, se deben cambiar los parámetros de comportamiento peatonal. Se hallan nuevos resultados y se repite la comparación de medias hasta que cumpla con estar dentro del rango establecido. Una vez logrado esto se considera que el modelo está calibrado y se procede a la validación.

Para la validación se inserta un flujo nuevo y se corre el programa el mismo número de veces para

obtener nuevos valores del parámetro analizado. Se vuelven a comparar las medias obtenidas en la zona estudiada y en el modelo y si la diferencia no está dentro del rango de aceptación se modifican los parámetros de comportamiento peatonal. Esto implica que el modelo tiene que volver a ser calibrado y validado. Si la diferencia se encuentra dentro del rango se considera que el modelo se encuentra calibrado y validado. Entonces, se puede proceder a hacer los análisis deseados, así como la implementación de las propuestas de mejora planteadas.

3.4 Desarrollo de propuesta de mejora y evaluación de estas

En base a los resultados obtenidos del estudio de vida pública, se elaboran propuestas de mejora del espacio analizado. Las propuestas de mejora pueden ser de 2 tipos, las que tienen como objetivo mejorar el flujo peatonal (o vehicular) y las que tienen como objetivo brindar un mayor *comfort* a los peatones.

Una vez elaboradas las propuestas de mejora se procede a evaluar si es que estas generan un beneficio. Para ello se usan 2 métodos, dependiendo del tipo de propuesta analizada. Para el caso de las propuestas de mejora de flujo peatonal, se evalúan los parámetros que caracterizan a los flujos peatonales, mediante los programas de micro simulación. Por esto se elabora un nuevo modelo usando como base el modelo previamente calibrado y validado. Este nuevo modelo incorpora todas las propuestas de mejora. VisWalk 8 permite registrar los parámetros de desplazamiento peatonal de 2 maneras. La primera es a través del tiempo de viaje desde un punto específico a otro. La segunda es mediante el análisis de áreas peatonales. En estas se registran diversos valores como son la velocidad y aceleración peatonal, tiempos dentro del área, demoras, densidad, densidad percibida, etc. Entonces se registran los valores para el caso del modelo en estado actual y el de propuesta de mejora y se compara si estos generan un efecto positivo.

Para el caso de las propuestas de mejora que se centran en el *comfort* peatonal existen diversas maneras cualitativas de medir si estas generan un beneficio. Por ejemplo, podemos encontrar los 12 criterios de calidad del espacio público de Jan Gehl (2014). Estos establecen las características que debería tener todo espacio público de tal manera que brinde al peatón una experiencia agradable. Entonces se evalúa cuantos criterios cumple cada uno de los diseños. Para poder considerar que la propuesta de mejora genera un beneficio debería cumplir con una mayor cantidad de criterios, además de cumplir todos aquellos que cumple el estado actual.



Capítulo 4: Caso de estudio

4.1 Caso de estudio: Mercado Bolívar

El caso de estudio en la presente investigación es el mercado Bolívar. Como se puede apreciar en la Figura 4. 1, este se ubica en Pueblo Libre a la altura de la cuadra 11 de la avenida Bolívar.



Figura 4. 1 - Ubicación del mercado Bolívar.
Adaptado de Google Maps



Figura 4. 2 - Área del mercado Bolívar y accesos a este.
Adaptado de Google Maps

En la Figura 4. 2 se aprecia que este cuenta con 4 entradas, una ubicada en la avenida Bolívar y las otras tres en la calle Buen Pastor en la parte posterior del mercado. Fue fundado en 1963 y cuenta con 222 puestos y 45 tiendas. Es uno de los tres mercados presentes en el distrito de Pueblo

Libre y debido a que este se encuentra más cerca al centro del distrito y está en una avenida principal, es aquel que tiene una mayor afluencia.

4.1.2 Descripción de accesos del mercado Bolívar

El mercado Bolívar cuenta con 4 entradas como se observa en la *Figura 4. 3*. De estas, dos están diseñadas para el acceso de mercadería y se encuentran ubicadas en la parte posterior del mercado. Las otras dos son de acceso peatonal y están ubicadas una en la avenida Bolívar, la cual cuenta con un corredor de ingreso, y la otra, en la calle Buen Pastor. Si bien cada puerta está destinada ya sea para el acceso de carga o de peatones, por todas estas entran ambos flujos. Cabe mencionar que ambos lados del mercado cuentan con estacionamientos. Los estudios de campo, tanto de vida pública como los aforos peatonales, se desarrollan en la entrada principal del mercado, pues es por este acceso que se encuentra el mayor flujo peatonal.



Figura 4. 3 - Accesos al mercado Bolívar: 1)Entrada peatonal Principal. 2) Zona de descarga 1. 3) Entrada peatonal posterior. 4) Zona de descarga 2.

Elaboración Propia

4.1.3 Análisis de distribución de elementos en el corredor de entrada al mercado

En este corredor se pueden encontrar diversas tiendas y vendedores ambulantes que tienen un impacto en el desplazamiento peatonal (dicho impacto se explica en el estudio de vida pública). Los elementos principales incluyen un puesto de periódicos, 3 tiendas que usan parte del pasillo central para colocar su mercadería, y diversos vendedores ambulantes que cambian según el día.

La distribución de elementos a lo largo del pasillo de entrada se podría considerar constante para ciertos elementos y variable para otros. En el caso del puesto de periódicos, este está siempre ubicado en el mismo lugar, el cual es al inicio del pasillo. Un vendedor ambulante se encuentra siempre ubicado a la izquierda de la puerta principal. El espacio extra que ocupan las tiendas ubicadas en el contorno del pasillo siempre está ubicado en la parte exterior al acceso a dichas tiendas. Por otro lado, los vendedores ambulantes se ubican en el área que ellos consideran más favorable. Estos suelen ubicarse en un lugar específico, pero este puede variar dependiendo del día o las condiciones climáticas. De cualquier manera, todos estos elementos que se pueden encontrar en la entrada principal tienen un efecto en la manera como las personas se desplazan.

El corredor posee zonas a distintas alturas conectadas por 2 zonas de transición de nivel. La 1ra se ubica en el extremo del corredor cerca a la entrada al mercado y presenta un desnivel de 0.51 m. Esta cuenta con una escalera de 5.1 m de ancho con 3 escalones y una rampa de 1.65 m de ancho con pendiente de 18%. La segunda zona de transición se ubica al otro extremo del corredor, y presenta un desnivel de 0.10 m con una grada que abarca el ancho total del corredor (6.75 m).

4.1.4 Plano de distribución de la entrada del mercado Bolívar

En los anexos se presenta la distribución de la entrada del mercado Bolívar, la cual sirve para la elaboración del modelo de micro simulación.

4.2 Estudio de Vida Pública

El estudio de vida pública se realizó el domingo 9 de septiembre de 10 de la mañana hasta las 12 del mediodía. Para elegir dicha fecha se hicieron entrevistas a los vendedores del mercado sobre la afluencia de personas. Esta entrevista constó de 2 preguntas, las cuales fueron las siguientes:

Según su experiencia,

- ¿Qué día asisten más personas al mercado?
- ¿A qué hora asisten más personas al mercado?

Los resultados de dichas entrevistas se presentan a continuación:

Tabla 4. 1 - Resultados de entrevistas sobre hora de mayor afluencia

N°	Día de mayor afluencia	Hora pico
1	Sábado/Domingo	10 u 11
2	Sábado/Domingo	11 o 12
3	Sábado/Domingo	Antes del mediodía
4	Sábado/Domingo	Antes del mediodía
5	Sábado/Domingo	10 u 11
6	Sábado/Domingo	9
7	Sábado/Domingo	9 a 12
8	Sábado/Domingo	7 a 10
9	Sábado/Domingo	Antes del mediodía
10	Sábado/Domingo	11
11	Sábado/Domingo	10 u 11
12	Sábado/Domingo	11
13	Sábado/Domingo	10
14	Sábado/Domingo	10
15	Domingo	9 am a 3 pm
16	Domingo	Antes del mediodía
17	Sábado/Domingo	A partir de las 8
18	Sábado/Domingo	11
19	Todos	Antes de las 12
20	Todos	Cualquiera

Se puede ver que la mayoría de vendedores coinciden en que el fin de semana antes del medio día es el momento de mayor afluencia peatonal. Por esto se decide realizar el estudio el domingo de

10 a 12, pues daría los resultados más representativos. El objetivo de este estudio es observar el comportamiento de las personas en la entrada del mercado, las veredas contiguas a esta y el cruce peatonal en la avenida Bolívar. En este se estudia el flujo en base a las siguientes características:

1. Tipos de peatones.
2. Características de los distintos tipos de peatones.
3. Características del flujo peatonal en conjunto.
4. Oportunidades de desplazamiento peatonal.
5. Principales problemas que enfrentan los peatones al desplazarse.
6. Presencia de obstáculos en el área estudiada.

Con esto se estudia la realidad del mercado Bolívar desde 2 perspectivas diferentes pero complementarias. En los 3 primeros puntos se analiza las características del flujo peatonal; mientras que, los últimos 3 puntos, se centran en el estudio del espacio público. Estas 2 perspectivas deben ser analizadas de manera conjunta, ya que se complementan mutuamente. Las necesidades peatonales definen el diseño del espacio público, a la vez que este último presenta nuevas oportunidades para el flujo peatonal.

4.2.1. Tipos de peatones

En el mercado se pueden encontrar distintos tipos de peatones con distintos comportamientos de desplazamiento. Estos se clasifican en base a 2 características principales, que son el número de personas que viajan juntos y el tipo de objetos que portan. Este tipo de clasificación permite separar a los peatones en base a sus dimensiones, características de velocidad, y tendencias de desplazamiento. Entonces encontramos a 5 tipos de peatones, como se puede apreciar en las siguientes figuras. Cabe resaltar que también se encontraron peatones en bicicleta; sin embargo, son muy pocos como para agruparlos dentro de un tipo de peatón. De todos modos, esta reducida presencia de peatones en bicicleta es tomada en cuenta en las propuestas de mejora.



Figura 4. 4 - Tipos de peatones: 1) Peatón sin carga. 2) Peatón con bolsas. 3) Peatón con carro de compras. 4) Peatón con niño. 5) Peatones en pareja.

Elaboración Propia

4.2.2. Características de los tipos de peatones

En primer lugar, se analizan las dimensiones de estos. El peatón sin bolsas de compra posee un ancho promedio de hombro a hombro de 0.60 m. Los otros 4 tipos de peatones poseen anchos mayores en base a los elementos que estos portan y la cantidad de personas que viajan juntas.

Las personas con bolsas de compras tienen anchos variables según la cantidad de compras que cargan. En promedio, las bolsas con productos tienen un ancho de 25 cm. Sin embargo, el ancho

extra de este peatón no se calcula a partir de los hombros, puesto que las bolsas se colocan más cerca de las piernas. Por esto se halló que el ancho total de una persona con 2 bolsas es de aproximadamente 0.95 metros en promedio.

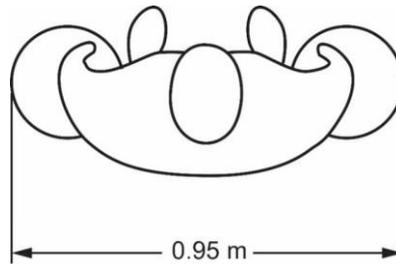


Figura 4. 5 - Ancho persona con Bolsas.
Elaboración Propia

El ancho de las personas con carritos de compras varía debido a la presencia de los carritos. Como se observa en la Figura 4. 6, estos tienen un ancho típico de 30 cm, por lo cual el ancho de este tipo de peatón es de aproximadamente 0.90 m. Si bien los peatones con bolsas y los peatones con carritos tienen anchos similares, estos difieren en cuanto a su largo. Una persona tiene un largo de aproximadamente 30 cm cuando está detenida. Cuando está en movimiento tiene un largo que depende del tamaño de sus pasos. Este es en promedio 67 cm para las mujeres y 77 cm para los hombres (De la Rubia, 2013). Este largo se puede aplicar a los peatones con bolsas y sin bolsas; sin embargo, los peatones que portan carritos alcanzan valores cercanos a 1 m e inclusive mayores.



Figura 4. 6 - Dimensiones de un carrito de compras.

Tomado de <https://maletas-viaje.eu/dimensiones-maximas-equipaje-de-mano-notre-top-12/#B07J5CSK6F>

Además de esto, existe una marcada diferencia entre estos 3 primeros tipos de peatones, en cuanto al área de influencia. Esta es el área dentro de la cual una persona que camina, tiene un efecto en el desplazamiento de las personas que la rodean. El área de influencia de las personas que utilizan carritos es mayor que el de aquellas que viajaban sin carga o con bolsas. Esto debido a que las personas tienen un mayor cuidado de no chocar con los carritos, por lo cual se colocan a una distancia posterior mayor de la que se colocarían de una persona que no lleva carrito.

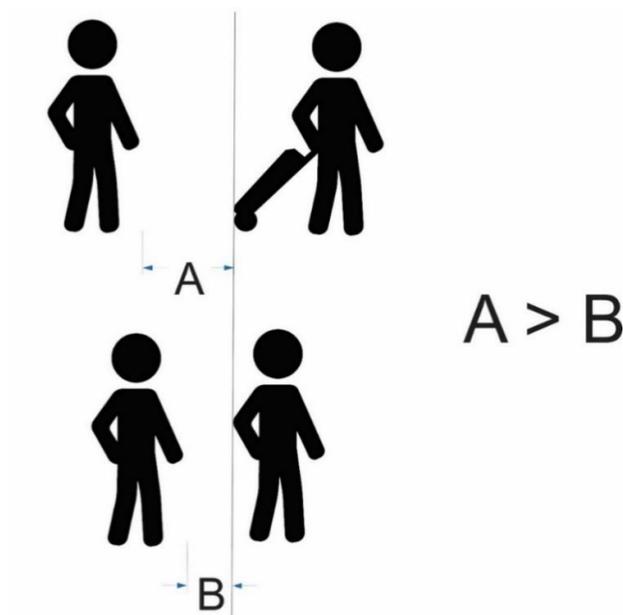


Figura 4. 7 - Diferencia de áreas de influencia.
Elaboración Propia

Al momento de llegar al mercado con el carrito, las personas pueden moverlo libremente e inclusive cargarlo, reduciendo el espacio que este ocupa. Esto no ocurre para el caso de las personas que salen del mercado, puesto que estas ya han realizado sus compras y los carritos están llenos de productos. Esto hace que estos sean menos maniobrables y los peatones tengan un comportamiento más lineal sin hacer muchas desviaciones.

Luego encontramos a los peatones que viajan acompañados de un niño. El ancho que ocupa este tipo de peatón es muy similar al de los peatones con carrito de compras, sin embargo, esta medida

suele variar constantemente. Esto debido a que los niños son más inquietos y no caminan constantemente pegados a sus padres.

Debido a que las personas asisten a realizar sus compras semanales los fines de semana, parte de estos asisten en parejas para poder distribuir la carga. Este tipo de peatón posee un ancho aproximado de 1.40 metros, como se puede apreciar en la *Figura 4. 8*. Entre los casos de parejas observados se encuentra una gran cantidad de parejas de esposos, entre los cuales, según su edad, pueden estar acompañados por un niño. Inclusive, existen parejas que asisten al mercado acompañados de bebés en cochecitos. Estos usan los cochecitos para transportar alimentos, puesto que tienen compartimientos inferiores para el transporte de diversos objetos.

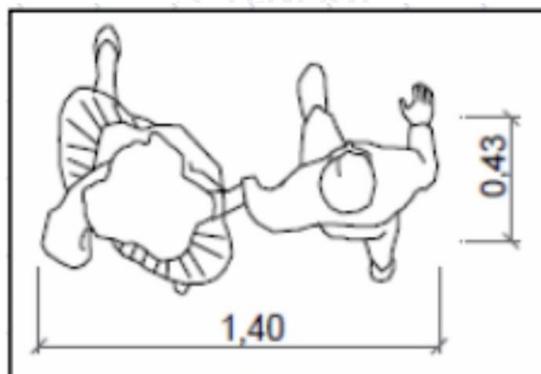


Figura 4. 8 - Dimensiones de parejas caminando
Tomado de Apuntes de clase de Gestión del Tránsito “Diseño en Zonas Urbanas” (Cabrera, 2018)

4.2.3. Características del flujo peatonal en conjunto

El comportamiento de los peatones como conjunto depende del momento en el cual las personas se desplazan. Se pueden encontrar dos momentos que son los de alto y bajo flujo peatonal. En un flujo bajo, si las líneas de desplazamiento de dos personas que viajan en direcciones opuestas se intersectan, una de estas modifica su dirección. Este acto de ceder el paso depende de los tipos de peatones que se encuentran. Se encontró que el orden de prioridad no depende de la dirección de la persona (si entra o sale del mercado), si no que suele suceder lo siguiente:

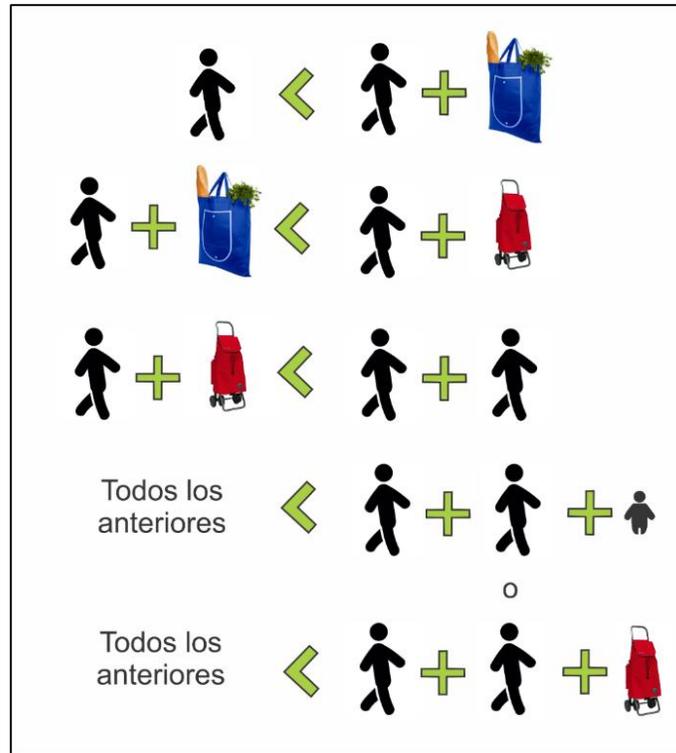


Figura 4. 9 - Orden de prioridad del paso.
Elaboración Propia

Esto quiere decir que cuando una persona con bolsas de compras se encuentra con una persona que camina sin carga, es esta última la que modifica su trayectoria. Cuando una persona con bolsas se encuentra con una persona con carro de compras, es la persona con bolsas la que modifica su trayectoria. Cuando una persona con carro de compras se encuentra con 2 personas caminando juntas, es la primera la que modifica su trayectoria. Cuando 2 personas llevan un carrito de compras o cuando 2 personas transitan con un menor, todos los demás casos de peatones son los que modifican su trayectoria. Además, cuando una persona se detiene súbitamente, sin importar qué tipo de peatón se encuentre en su camino, es el otro el que modifica su trayectoria. Sin embargo, cabe mencionar que existen casos en los que esto no sucede, puesto que esto también depende de la agresividad de cada persona al momento de desplazarse. Entonces, se puede dar el caso de una persona sola que se desplace agresivamente que genere que 2 personas que se encuentren con este modifiquen su trayectoria.

Cuando el flujo de peatones es alto sucede que el comportamiento peatonal es distinto, pues las personas ya no piensan de manera individual, si no como un grupo. En este tipo de flujo los peatones tienden a seguir a aquel que va adelante. Existen dos momentos marcadamente distintos, cuya diferencia radica en el punto de origen del flujo. Este se puede originar en la entrada principal del mercado (saliendo del mercado) o en el inicio del pasillo de entrada que está más próximo a la avenida Bolívar (en dirección al mercado), como se observa en la Figura 4. 10.

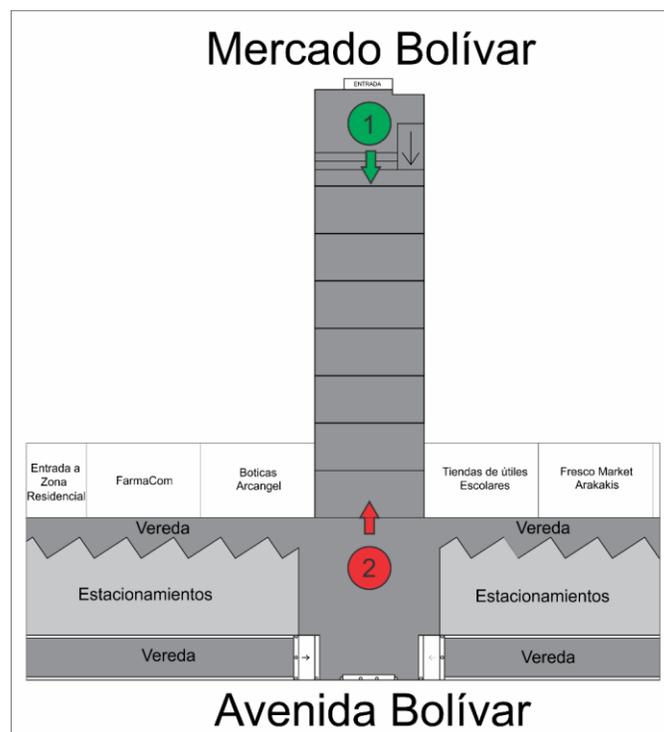


Figura 4. 10 - Puntos de acceso peatonal al pasillo de entrada.
Elaboración Propia

Cuando el flujo alto se origina en el punto 1, este se comporta de una manera muy ordenada. Aquellas personas que salen del mercado se desplazan por el centro del pasillo y aquellas que quieren entrar a este se abren hacia los costados. Por otro lado, cuando el flujo alto se origina en el punto 2, las líneas de desplazamiento son más aleatorias. Esto debido a que una persona viajando en el sentido contrario atraviesa dichas líneas y modifica su dirección. Ambos comportamientos se observan en la Figura 4. 11.

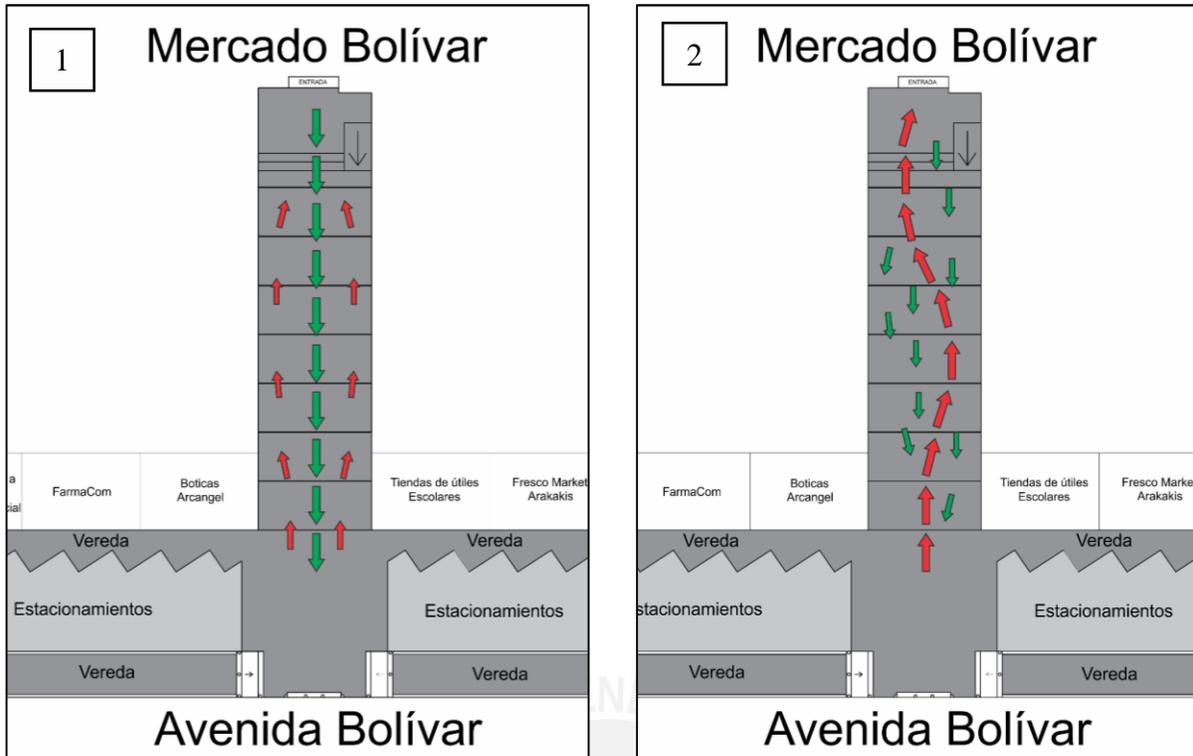


Figura 4. 11 - Flujo peatonal alto: 1) Con origen en la puerta principal. 2) Con origen en la avenida Bolívar
Elaboración Propia

De manera complementaria, se realizó un aforo durante un día de semana, únicamente en la puerta principal de mercado, para tener una idea de la composición del flujo peatonal en base a edad y género. Se observa en la Figura 4. 12 que este es visitado por peatones de un rango variado de edades. En esta los peatones están divididos en 6 categorías. Las primeras 3 son de hombres menores de 30 años (H-30), de 30 a 60 años (H 30 a 60) y mayores a 60 años (H 60+). Las otras 3 son mujeres menores de 30 años (M-30), de 30 a 60 años (M 30 a 60) y mayores de 60 años (M 60+). Se observa que al mercado asisten más mujeres que hombres, y de estas el 50% son adultos mayores, del mismo modo que para el caso de los hombres. El gráfico evidencia que de todos los peatones que asisten al mercado, uno de cada dos es un adulto mayor, que, siguiendo la definición de la CEEDIS sobre discapacidad, son considerados personas con discapacidad. Ello nos hace ver que el mercado requiere un diseño orientado a este grupo predominante de peatones.

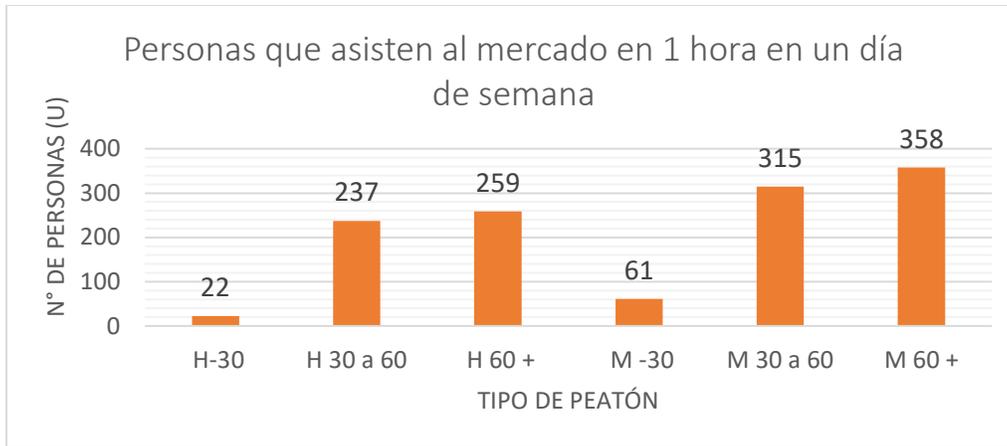


Figura 4. 12 - Personas que asisten al mercado durante 1 hora.
Elaboración Propia

Las personas suelen detenerse más al momento de salir del mercado, que al momento de entrar en este. Los tiempos detenidos no suelen ser muy prolongados y se dan con el fin de comprar algo a los vendedores ambulantes. Entonces se concluye que el desplazamiento que va hacia el mercado es más constante que aquel que sale de este.

4.2.4. Zonas de desplazamiento peatonal y problemas encontrados

El mercado posee un paso peatonal a nivel de la vereda instalado en la avenida Bolívar. Sin embargo, este no siempre es usado por los peatones, como se observa en la Figura 4. 13. Esto se debe a la forma sinuosa de la isla peatonal, razón por la cual algunos peatones prefieren atravesarlo de manera recta por un costado. Esto último representa un peligro para la seguridad peatonal.



Figura 4. 13 - Peatones cruzando la avenida Bolívar.
Elaboración Propia

Existen 2 tipos de veredas en la zona exterior a la entrada del mercado. Las primeras se encuentran ubicadas directamente al costado de la avenida Bolívar y poseen un ancho de 2.5 metros. Las segundas se encuentran al costado de los edificios y poseen una geometría dentada que dificulta el tránsito de múltiples peatones. Por ejemplo, una persona con bolsas ocupa casi todo el ancho efectivo como se puede ver en la Figura 4. 14. Entonces, cuando más de una persona quiere transitar por esta, se genera congestión, y el desplazamiento se hace lento y dificultoso.



Figura 4. 14 - Vereda aledaña al mercado Bolívar.
Elaboración Propia

Además, entre estos 2 tipos de veredas se encuentran los estacionamientos vehiculares. Para acceder a estos, los vehículos deben pasar por sobre las primeras veredas y luego descender al nivel de los estacionamientos. Del mismo modo, para retirarse deben pasar por sobre la vereda, y debido a que estos van en retroceso las posibilidades de golpear a un peatón distraído aumentan. Esta distribución de las veredas crea una zona compartida entre vehículos y peatones que representa un potencial peligro para el bienestar peatonal.

La zona de entrada al mercado posee 2 zonas de transición de nivel. Estos cambios de nivel son conectados por medio de rampas y escaleras. Una de estas es la rampa que conecta al corredor

principal con la puerta principal del mercado Bolívar, la cual posee dos problemas en cuanto a su diseño. En primer lugar, posee una pendiente de 18%, que dificulta la subida de las personas con discapacidad. Esto representa también un peligro para aquellos que bajan por esta, ya que dicha pendiente genera un aumento de velocidad significativo. Al no haber el suficiente espacio de desaceleración en la parte inferior de la rampa, los peatones en silla de ruedas pueden golpearse con el muro ubicado al frente esta. Del mismo modo al final de esta se suelen colocar elementos que dificultan el libre descenso de los peatones, como son las bicicletas y tachos. El segundo problema que presenta la rampa es que al costado de esta está ubicado el periódico mural del mercado. Debido a su ubicación, las personas que desean leer los anuncios suelen detenerse en la rampa, impidiendo el libre uso de esta. Ambos problemas se pueden observar en la Figura 4. 15.



Figura 4. 15 – Problemas de diseño de rampa: 1). Pendiente elevada, 2). Presencia de peatones que se detienen a leer el periódico mural
Elaboración Propia

En el inicio del corredor, cerca al cruce peatonal, existe un desnivel de 10 cm que no cuenta con una rampa. Además, debido a la coloración del suelo y a la falta de señalización, este suele pasar desapercibido. Esto representa un potencial peligro de caída para todo tipo de peatón, especialmente para los adultos mayores, para los cuales una caída puede tener consecuencias nocivas e inclusive mortales. Tal es el caso de las fracturas de cadera, producto de la falta de accesibilidad del espacio público (Järvinen, Sievänen, Khan, Heinonen y Kannus 2008).

Por otro lado, se encontró que existe un sistema de protección del espacio peatonal, por medio de bolardos, como se puede apreciar en la Figura 4. 16. Ello reduce el riesgo de que los peatones sufran accidentes por parte de la posible imprudencia de los conductores. Sin embargo, la cantidad de bolardos resulta excesiva, de tal modo que en ciertas zonas reduce el espacio de flujo peatonal.

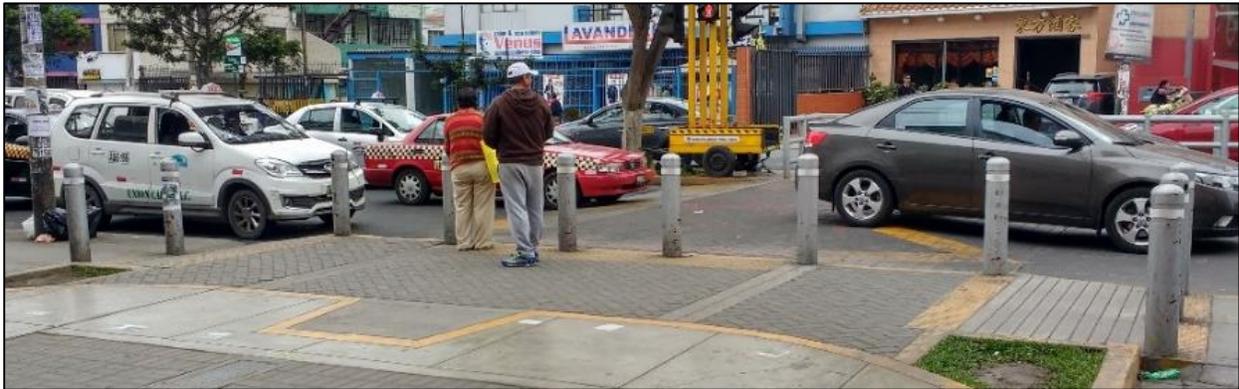


Figura 4. 16 - Protección de peatones por bolardos metálicos.
Elaboración Propia

4.2.5. Elementos que obstaculizan el desplazamiento

En la entrada del mercado se encuentran distintos vendedores ambulantes que reducen el ancho efectivo del corredor de entrada al mercado, convirtiéndose así en obstáculos. En la Figura 4. 17 se encuentran los diversos tipos de vendedores ambulantes presentes en el corredor de entrada al mercado Bolívar. El vendedor ambulante sentado ocupa casi el 40% del espacio disponible, ya que las personas no suelen pasar por detrás de este. Los vendedores próximos a la puerta de entrada ocupan la totalidad del espacio ubicado a la izquierda de la puerta hasta la zona de las escaleras. Los vendedores parados suelen colocarse más pegados a la pared y junto con su mercadería estos llegan a ocupar hasta el 25% del ancho disponible del corredor. Finalmente, el puesto de periódicos y carrito de comida ocupan el 20% del ancho disponible.



Figura 4. 17 - Tipos de vendedores ambulantes: 1) Vendedor sentado en el corredor. 2) Vendedores con puestos al costado de la puerta principal. 3) Vendedor parado en el corredor. 4) Puesto de periódicos y carrito de comida.
Elaboración Propia

Tomando en consideración el efecto de todos los vendedores ambulantes, el ancho efectivo del corredor se reduce en más del 50%. Esto debido a que el espacio que ocupan aumenta como consecuencia de la presencia de los peatones que se detienen a observar o comprar productos. Por ejemplo, el puesto de periódicos tiene un ancho de 1.2 metros (en la dirección del ancho del corredor); sin embargo, las personas que se detienen frente a este ocupan aproximadamente 0.5 metros extras. Entonces este ocupa 1.7 metros de los 6.75 disponibles. Agregado a esto, al frente del puesto de periódicos se encuentran vendedores ambulantes que ocupan la cuarta parte del ancho. Entre estos dos vendedores se ocupan 3.4 metros de los 6.75 disponibles, haciendo que el ancho efectivo sea menor al 50% del ancho real. Si bien los vendedores ambulantes no están ubicados a lo largo de toda la entrada, las personas solo se desplazan en el ancho efectivo que los vendedores no ocupan, es decir que estos tienen un efecto en todo el largo de la entrada.

4.3 Aforo peatonal

Para hallar el flujo peatonal del mercado Bolívar se realizan aforos peatonales en la entrada principal de este y las veredas cercanas. En este se analiza el flujo en 6 puntos que son los que se pueden apreciar en la Figura 4. 18. En cada uno de estos se registra la cantidad de personas que ingresan al área analizada a través de estos y la dirección a la que se dirigen. El aforo peatonal se realiza 2 veces, uno para la calibración, y otro para la validación. Este se hace por medio de dispositivos de grabación con el fin de facilitar el conteo posterior y la medición de velocidades.

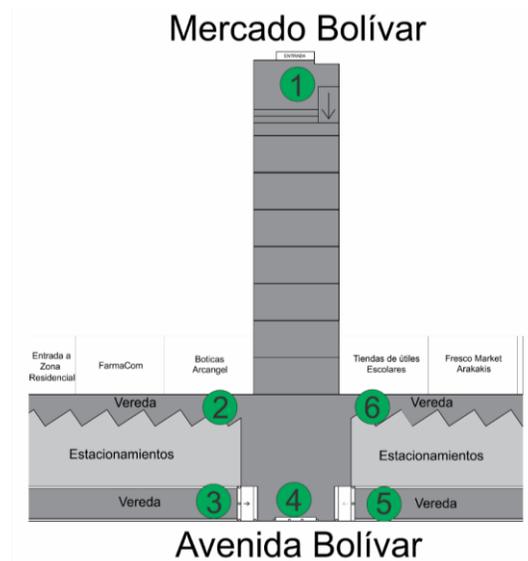


Figura 4. 18 - Puntos de análisis de aforo peatonal.
Elaboración Propia

4.3.1 Aforo peatonal 1 – Información para la calibración

El primer aforo peatonal se realizó el domingo 29 de septiembre entre las 10:05 a.m. y las 11:05 a.m. Se registró tanto la cantidad de peatones como la velocidad de parte de estos.

4.3.1.1 Flujo peatonal

Los resultados del aforo peatonal de cada punto de medición se organizan en 12 periodos de 5 minutos y en estos se registra la cantidad de personas que parten de un punto y llegan a uno de los otros 5 puntos analizados. Juntando los 6 registros, se elabora la matriz origen – destino.

Tabla 4. 2 - Matriz de Origen – Destino del 1er aforo peatonal

O/D	1	2	3	4	5	6	
1	-	134	67	169	66	179	615
2	85	-	4	24	2	24	54
3	93	1	-	9	28	18	56
4	200	14	6	-	12	8	40
5	127	16	28	12	-	2	58
6	202	30	7	15	1	-	53
	707	195	112	229	109	231	

Cabe resaltar que en esta no se consideran los movimientos que parten y llegan a un mismo punto, puesto que son muy pocos. Son estos valores los que se ingresan al modelo en VisWalk 8 para simular el desplazamiento vehicular en el mercado Bolívar. Este flujo se clasifica según los 5 tipos de peatones hallados en el estudio de vida pública y se organiza a través de un gráfico tipo Pie que muestra la relación entre sus porcentajes.

Tabla 4. 3 - Distribución de clasificación de peatones

Tipo	Peatón solo			Con niños	En pareja
	Sin bolsas	Con bolsas	Con carrito		
Total	1038	291	127	73	54
%	65.6%	18.4%	8.0%	4.6%	3.4%

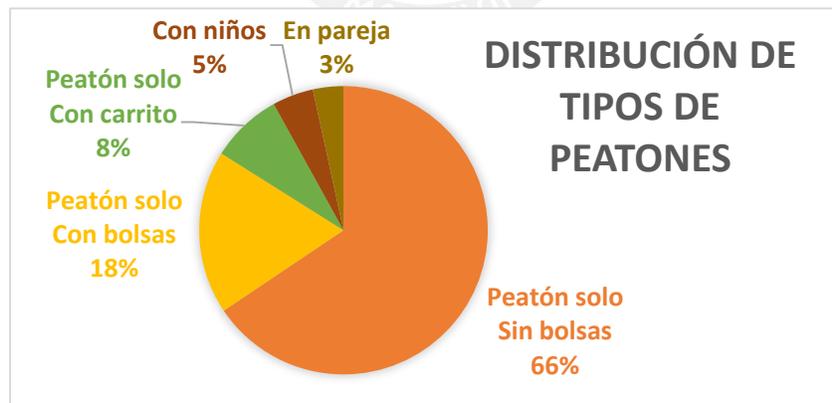


Figura 4. 19 - Distribución peatonal en Gráfico de Pie
Elaboración Propia

Se observa que la gran mayoría de peatones no portan carga (aproximadamente 2 de cada 3). Los peatones con bolsas también representan un porcentaje importante con casi el 20% del total. Finalmente, los otros 3 tipos de peatones poseen porcentajes menores al 10%.

4.3.1.2 Velocidades Peatonales

La velocidad se calcula en base al tiempo que les toma a los peatones recorrer un espacio de 4 metros de longitud. Los resultados obtenidos son separados en base a los 5 tipos de peatones encontrados en el estudio de vida pública y estos pueden ser observados en la sección de anexos. Para cada uno de estos se elaboran histogramas y se calcula si el número de tomas supera al valor mínimo necesario.

En cuanto a los peatones sin carga, se puede ver que el histograma tiene una distribución normal. Este tiene una forma de campana con una concentración de valores en el rango de velocidades entre 0.84 y 1.10 m/s, por lo cual estos peatones tienen una velocidad media de 1.04 m/s. Cabe resaltar que estos llegan a alcanzar velocidades altas de hasta casi 2 m/s en algunos casos. Finalmente se observa que la cantidad de muestras tomadas supera el valor de N mínimo ($60 > 53$).

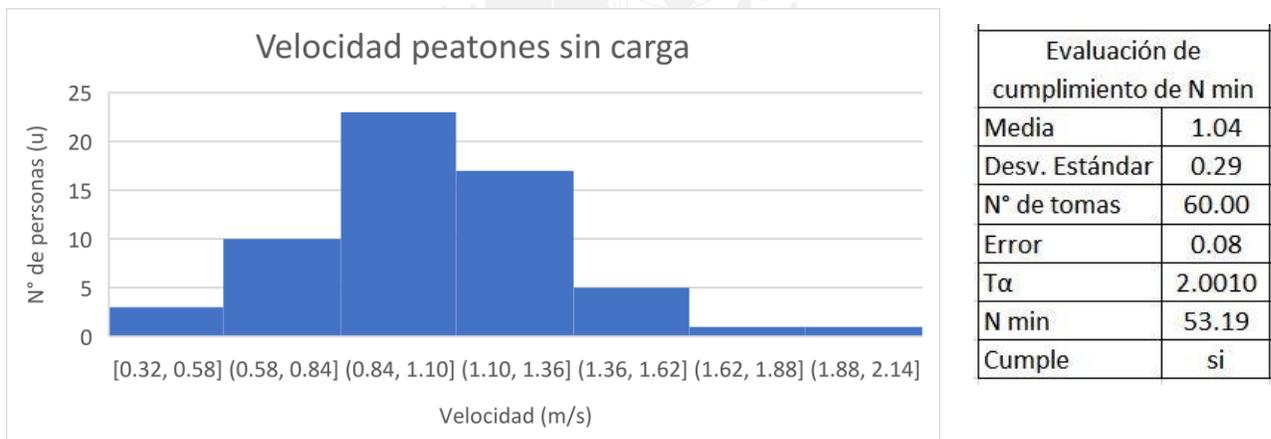


Figura 4. 20 - Histograma de frecuencias de velocidades para peatones sin carga y evaluación de N min.
Elaboración Propia

Para el caso de las personas con bolsas, la velocidad promedio disminuye considerablemente en relación con aquella de los peatones sin carga, teniendo esta un valor de 0.92 m/s. Esto se debe a la carga que estos llevan al desplazarse. Así mismo, se puede ver que no tiene una distribución normal con un valor central claramente definido, si no que existe una frecuencia similar en los diversos rangos de valores. Se puede ver también una mayor presencia de velocidades bajas, entre

los 0.64 y 0.94 m/s. Al igual que en el caso anterior, el número de tomas de velocidad supera al mínimo necesario.

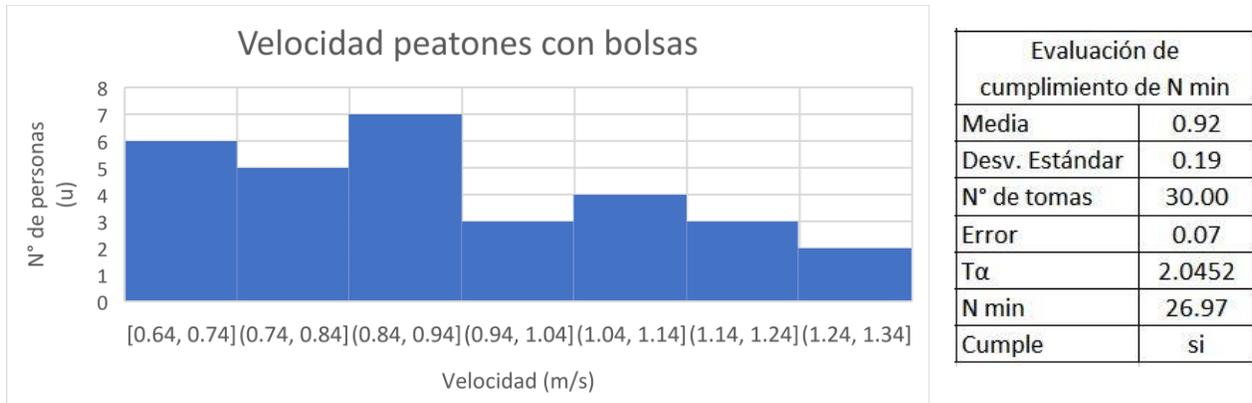


Figura 4. 21 – Histograma de frecuencias de velocidades de peatones con bolsas y evaluación de N min
Elaboración Propia

Los peatones con carritos tienen una velocidad media mucho menor que la de los peatones sin carga e incluso menor a la de los peatones con bolsas, con un valor de 0.89 m/s. Se puede ver que a diferencia del gráfico anterior los rangos de velocidades no presentan frecuencias similares, sino que describen una curva que tiende hacia una campana. Esta tiene una mayor concentración de valores en el rango de 0.86 y 1.01 m/s; sin embargo, presenta mayores frecuencias hacia el lado izquierdo de la campana en relación con el derecho. Esto explicaría el bajo valor de la media. Finalmente, el número de tomas supera al valor mínimo necesario.

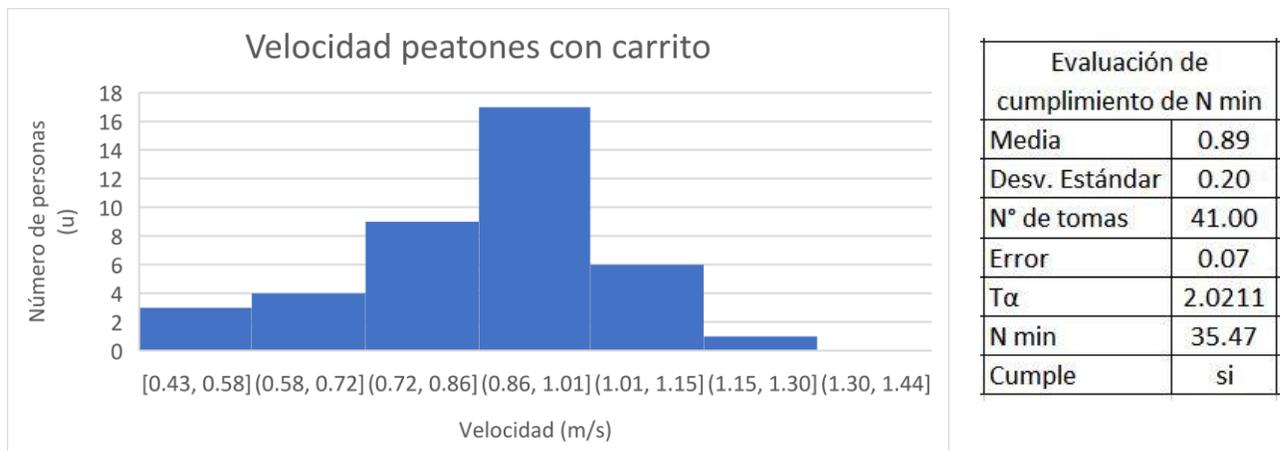


Figura 4. 22 – Histograma de frecuencias velocidades de peatones con carrito de compras y evaluación de N min
Elaboración Propia

La velocidad promedio de los peatones con niños es de 0.93 m/s, valor que es similar al de los peatones con bolsas; sin embargo, el histograma de velocidades con niños tiene un comportamiento normal con una campana casi simétrica. Esta tiene una concentración de valores en el rango de 0.89 a 1.01 m/s. El valor de tomas supera al N min necesario.

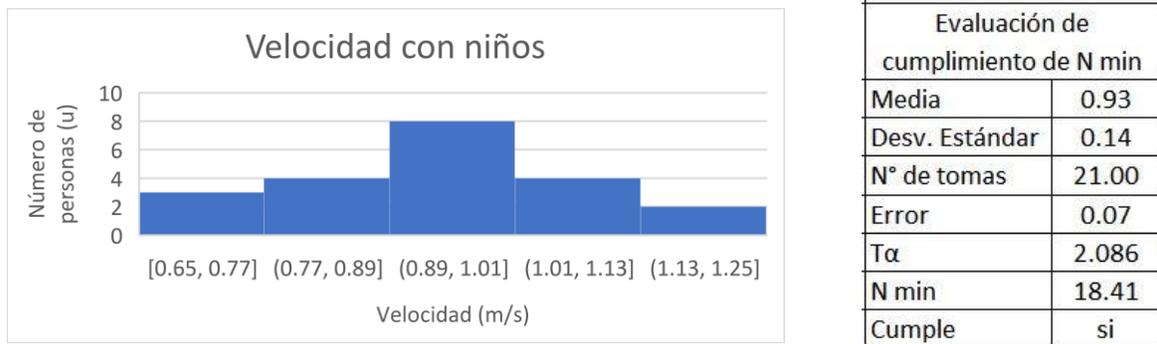


Figura 4. 23 – Histograma de frecuencias de velocidades de padres con hijos y evaluación de N min
Elaboración Propia

Los peatones en pareja poseen una velocidad promedio de 0.91 m/s. El histograma de frecuencias de velocidad tiene una alta presencia de velocidades bajas y una concentración de valores entre los 0.82 y 1.19 m/s. Este tipo de peatón presenta gran similitud con los peatones que llevan bolsas; sin embargo, presentan una muy marcada diferencia en cuanto a su geometría. El número de tomas para este tipo de peatón también supera el mínimo necesario.



Figura 4. 24 – Histograma de frecuencias de velocidades de parejas y evaluación de N min
Elaboración Propia

La velocidad promedio general se calcula en base las velocidades promedio por tipo de peatón y la proporción entre estos. Esta tiene un valor 1.00 m/s, lo cual se encuentra por debajo de los

valores de velocidad promedio de los distintos tipos de peatones, cuando se les clasifica según edad y sexo. Dichos valores promedio se observan en la siguiente figura:

Tabla 4. 4 - Velocidades promedio de peatones según edad y sexo.

EDAD Y SEXO	Velocidad (km/h)	Velocidad (m/s)
HOMBRES DE MENOS DE 55 AÑOS	6,0	1,7
HOMBRES DE MAS DE 55 AÑOS	5,5	1,5
MUJERES DE MENOS DE 50 AÑOS	5,0	1,4
MUJERES DE MAS DE 50 AÑOS	4,7	1,3
MUJERES CON NIÑOS	2,5	0,7
NIÑOS DE 6 A 10 AÑOS	4,0	1,1
ADOLESCENTES	6,5	1,8

Tomado de Apuntes de clase de Gestión del tránsito “Diseño en Zonas Urbanas” (Cabrera, 2018)

Se observa entonces que los peatones se desplazan a un paso mucho más relajado que en otros escenarios. Finalmente, se construyen las gráficas de frecuencias acumuladas para las velocidades por tipo de peatón, puesto que estas se usan en el desarrollo del modelo de micro simulación. Estas se construyen con un cambio de unidades, de metros por segundo a kilómetros por hora, puesto que son las unidades por default en VisWalk. A continuación, se muestra un ejemplo de estas gráficas para el caso de los peatones sin carga. Las gráficas correspondientes a los otros tipos de peatones se encuentran en los anexos.

Tabla 4. 5 - Frecuencias relativas acumuladas de velocidades de Peatones sin carga

V (km/h)	Fi acum (u/u)	V (km/h)	Fi acum (u/u)
1.3	0.02	3.8	0.59
1.5	0.02	4.0	0.66
1.8	0.02	4.3	0.80
2.0	0.05	4.5	0.88
2.3	0.10	4.8	0.90
2.5	0.15	5.0	0.93
2.8	0.20	5.3	0.98
3.0	0.25	5.5	0.98
3.3	0.34	5.8	0.98
3.5	0.47	6.0	1.00

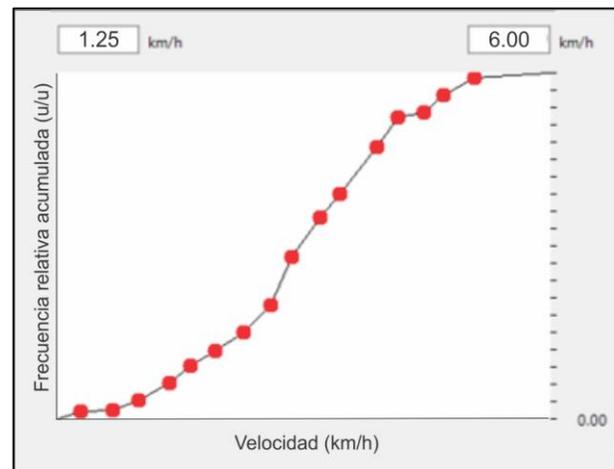


Figura 4. 25 - Gráfica de frecuencias acumuladas – Sin carga. Adaptada de VisWalk 8

4.3.2 Aforo peatonal 2 – Datos para la validación

El 2do aforo peatonal se realizó el 28 de octubre entre las 10:05 y las 11:05 a.m. En este se registraron los flujos peatonales que partían y llegaban a los 6 puntos de medición. Las tablas de flujo por punto de origen se pueden encontrar en los anexos. Los resultados de este aforo se organizaron a través de una matriz de origen destino, como se puede ver a continuación:

Tabla 4. 6 - Matriz origen-destino del segundo aforo peatonal

O/D	1	2	3	4	5	6	
1	-	139	33	188	72	189	621
2	117	-	1	7	7	40	172
3	89	0	-	8	36	10	143
4	156	9	8	-	20	11	204
5	118	14	28	13	-	2	175
6	220	46	9	18	3	-	296
	700	208	79	234	138	252	

El flujo peatonal en los distintos puntos es similar al del aforo peatonal para la calibración del modelo. Con los registros de velocidad de los distintos tipos de peatones se halla una velocidad promedio de 0.99 m/s, la cual es muy similar al valor obtenido en el primer aforo peatonal (1 m/s).

4.4 Registros de tiempo de actividades estáticas

Debido a la importante presencia de peatones que se detienen a comprar a los vendedores ambulantes, se registró la cantidad de estos durante una hora. Además, se registró el tiempo que cada uno de estos peatones se mantenían detenidos. Los resultados hallados son los siguientes:

Tabla 4. 7 - Tiempos de demora de peatones en corredor central

T (s)	Puesto de periódicos (u)	Ambulantes (u)	Paradas Totales (u)	T total (s)
15	27	21	48	720
30	23	33	56	1680
45	20	21	41	1845
60	6	9	15	900
75	3	6	9	675
90	3	0	3	270
105	2	0	2	210
120	2	12	14	1680
150	2	0	2	300
N TOTAL	88	102	190	8280
			T prom (seg)	44

Durante una hora, 190 peatones se detienen a realizar compras a los vendedores ambulantes. Si se compara esta cantidad con la cantidad total de peatones en la entrada del mercado (1583 personas) se halla que 1 de cada 8 peatones se detienen. Por esto, es importante reflejar este comportamiento a la hora de hacer la simulación peatonal. Además, el tiempo promedio de detenimiento es de 44 segundos. Sin embargo, al momento de realizar la programación del modelo no se usa directamente dicho valor. Para reflejar mejor la distribución de tiempo de parada se usa una gráfica de frecuencias acumuladas que se puede ver a continuación.

Tabla 4. 8 - Frecuencias relativas acumuladas de tiempos detenidos

T (s)	N	Fi	Fi acum
15	48	0.25	0.25
30	56	0.29	0.55
45	41	0.22	0.76
60	15	0.08	0.84
75	9	0.05	0.89
90	3	0.02	0.91
105	2	0.01	0.92
120	14	0.07	0.99
135	0	0.00	0.99
150	2	0.01	1.00
	190		

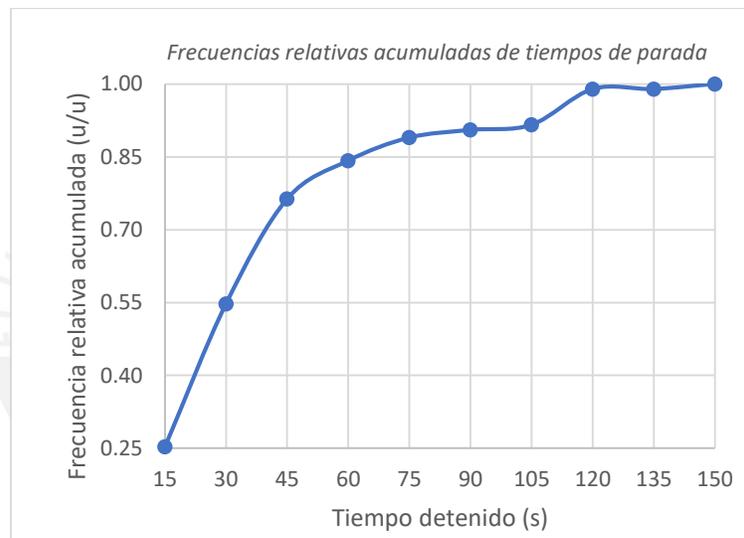


Figura 4. 26 - Frecuencias relativas acumuladas de tiempos de parada. Elaboración Propia

De esta se puede ver que el 85% de personas que se detienen, lo hacen por periodos menores a 1 minuto. Mientras que el 15% restante lo hace por periodos que van desde el minuto hasta los dos minutos y medio. Estos tiempos de parada generan un efecto en los demás peatones en movimiento, haciendo que estos tengan que desviar sus líneas de desplazamiento.

4.5 Aforo vehicular

Para este aforo se clasifican a los vehículos en 3 categorías que son vehículos livianos, buses y motocicletas. Entonces se obtiene lo siguiente:

Tabla 4. 9 - Resultados de aforo vehicular

Conteo hacia PUCP				Conteo desde PUCP			
Periodo	Autos	Buses	Motos	Periodo	Autos	Buses	Motos
1	150	15	4	1	156	22	4
2	195	22	4	2	156	14	4
3	185	19	4	3	160	18	5
4	197	18	3	4	152	17	3

Como se puede ver en la tabla anterior, la cantidad de motociclistas es muy baja, por lo cual no se toma en cuenta al momento de realizar la micro-simulación. Adicional a esto, se registra la velocidad a la cual los vehículos cruzan la intersección. De esta se obtiene una velocidad promedio de 15 km/h; dato que es usado en el modelo de micro simulación.

4.6 Ciclo semafórico

El ciclo del semáforo tiene una duración total de 83 segundos. Como se observa en la Figura 4. 27, este posee 2 fases, 1 vehicular y 1 peatonal con 53 y 30 segundos de verde respectivamente. El ciclo tiene una duración muy prolongada para la demanda vehicular que la avenida Bolívar presenta los días domingo. Durante el verde vehicular, aquellos autos que esperan en el semáforo logran atravesar la intersección en los primeros 30 segundos, y en el tiempo restante cruzan muy pocos vehículos. Entonces, los 53 segundos de verde vehicular resultan excesivos y aumentan los tiempos de espera peatonal para cruzar la intersección. Esto hace que los peatones tiendan a cruzar en rojo cuando tienen la oportunidad, aumentando la posibilidad de sufrir algún tipo de accidente. Resulta conveniente replantear el ciclo del semáforo de manera que se adecue a los flujos encontrados. Cabe resaltar el ciclo planteado en el capítulo de propuestas de mejora se basa en el flujo peatonal y vehicular de los días domingo. Este flujo se caracteriza por una mayor presencia peatonal y una menor presencia vehicular. Entonces los nuevos ciclos no resultan apropiados para los días laborables, en los cuales el flujo vehicular es mayor, especialmente en las horas punta.

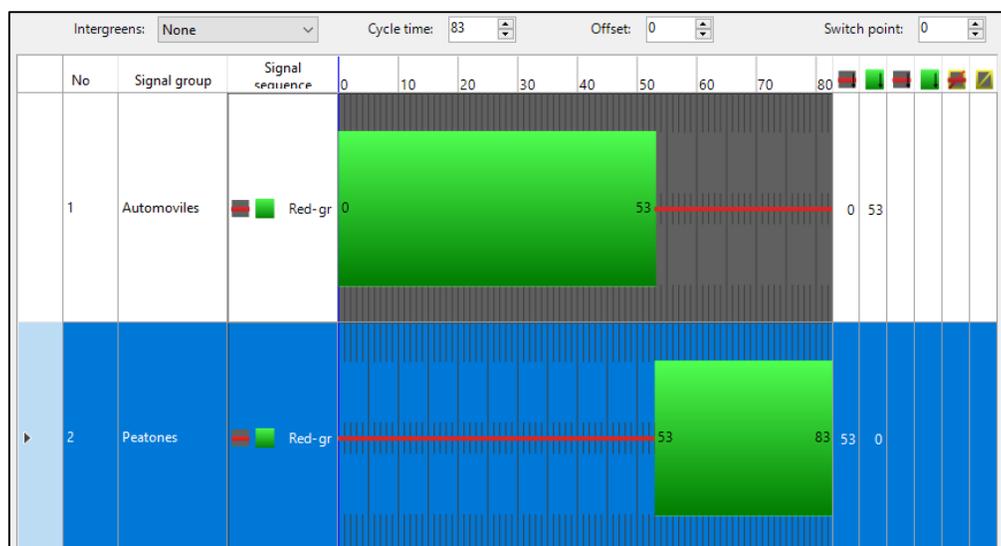


Figura 4. 27 - Ciclo del semáforo.
Tomado del programa VisWalk 8

4.7 Estudio de seguridad vial

Se evaluó la seguridad vial en el cruce peatonal en base a las consideraciones generales de seguridad vial planteadas por el CONASET (2003). Entonces se encontró lo siguiente:

1. Diseño geométrico: Las pistas poseen una geometría adecuada; sin embargo, una de las veredas posee una geometría complicada que reduce el ancho efectivo. Además, el cruce peatonal no es continuo, haciendo que se genere una congestión en la isla peatonal. No cuenta con facilidades para ciclistas.
2. Superficie de rodado: El pavimento se encuentra en buenas condiciones.
3. Señalización horizontal y delineadores: Posee una correcta demarcación.
4. Señalización vertical: No hay una adecuada señalización para el cruce peatonal elevado.
5. Mobiliario vial: No existen vallas peatonales cercanas al cruce peatonal que prevengan que los peatones crucen por cualquier lugar. Los arboles ubicados en la mediana obstruyen la visibilidad del semáforo. Existe un limitado sistema de encaminamiento para personas con discapacidad visual.
6. Gestión de tránsito: Existe un cruce elevado que funciona como dispositivo de control de velocidad. Los estacionamientos se encuentran mal ubicados y no existen restricciones en cuanto a su uso.
7. Trabajos y mantención de vías: No existen por el momento.

8. Usuarios de la vía: Existe una gran cantidad de peatones por lo cual se requieren mayores medidas de protección peatonal.
9. Vehículos en la vía: Existen vehículos ligeros, buses y motos.
10. Cruces ferroviarios: No existe.

Los resultados encontrados con la evaluación de seguridad vial son similares a los mencionados en el estudio de vida pública. De este último se diferencian en cuanto a la necesidad de una mejor señalización vertical, una mejor visibilidad de los distintos elementos en la vía, la implementación de elementos de protección peatonal en las zonas cercanas a los cruces (vallas peatonales) y la instalación de un sistema de encaminamiento para personas con discapacidad visual. Estos resultados son tomados en cuenta más adelante en el capítulo de propuestas de mejora.

4.8 Principales características de desplazamiento peatonal

En base a lo analizado en el presente capítulo se puede concluir que las principales características de desplazamiento peatonal encontradas en el mercado Bolívar son las siguientes:

- Existen distintos tipos de peatones con dimensiones distintas (por lo general un ancho mayor) que aumentan las necesidades de ancho efectivo.
- Los momentos de flujo alto pueden hacer que el desplazamiento sea complicado debido al encuentro de flujos en direcciones opuestas. Esto se agrava por la presencia de vendedores ambulantes que reducen el ya limitado ancho disponible.
- Existe una cantidad significativa de peatones que se detienen al caminar (1 de cada 8), debido a la presencia de vendedores ambulantes.
- Los peatones realizan más paradas al salir del mercado.
- Los peatones poseen una velocidad promedio lenta.

Por otro lado, en cuanto a las características del diseño del mercado se encontró lo siguiente:

- La presencia excesiva de vendedores ambulantes reduce en gran medida el ancho efectivo de los corredores.

- Las veredas poseen anchos reducidos.
- El diseño del cruceo peatonal no se ajusta a las necesidades de ancho efectivo peatonal.
- Los cambios de nivel poseen rampas de pendiente muy elevada e inclusive algunas no poseen rampas.
- Existe una inadecuada separación entre los estacionamientos y veredas.
- El ciclo del semáforo no se ajusta a los flujos vehiculares y peatonales del mercado Bolívar en domingos.

Estas deficiencias en el diseño son mejoradas para ajustarse a las necesidades que presenta el flujo peatonal.



Capítulo 5: Micro simulación con Viswalk 8

5.1 Elaboración del modelo

Se inicia con la importación del plano de distribución al programa. Este es escalado de tal manera que cualquier medida que se tome en el modelo, mida lo mismo que en la realidad.

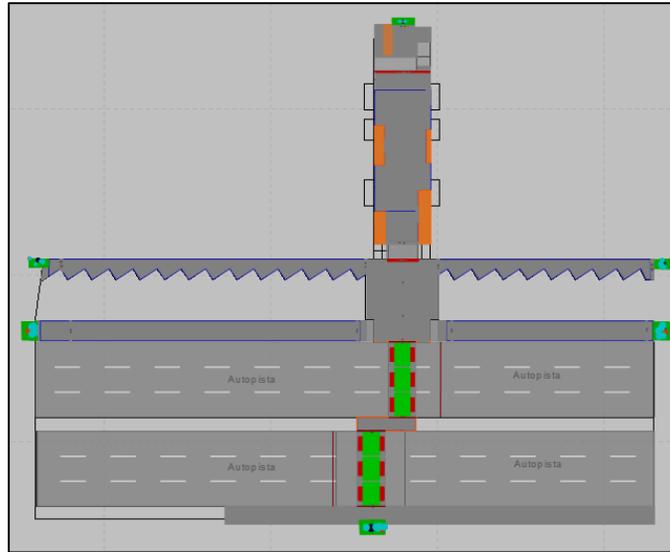


Figura 5. 1 - Modelo de micro simulación del mercado Bolívar.
Elaboración Propia

El modelo abarca tanto la entrada del mercado Bolívar, así como las veredas aledañas a esta y el cruce peatonal, como se observa en la Figura 5. 1. Para simular correctamente el flujo peatonal en la entrada al mercado se toma en consideración el comportamiento en el corredor de la entrada, el cual tiene la característica de presentar peatones que se detienen a comprar diversos productos a los vendedores ambulantes.

Se define los 3 niveles que presenta la zona estudiada, que son la entrada al mercado (cota 0), el nivel del pasadizo (cota +0.51) y el nivel de las veredas (cota +0.61). A continuación, se procede a colocar los distintos elementos que integran el modelo, como son las áreas de desplazamiento peatonal, los links para el flujo vehicular, y los elementos que conectan a elementos ubicados en distintos niveles (escaleras y rampas). Se colocan también los vendedores ambulantes como

obstáculos (color naranja en el modelo), para que los peatones no puedan transitar por dichas áreas. Una vez definidas las distintas áreas de desplazamiento, se incorporan los 5 tipos de peatones: sin carga, con bolsas, con carrito de compras, con niños y en parejas. Para efectos de simplificar la simulación, el modelo que se usa para los peatones con bolsas es el mismo que aquel de los que no llevan carga. La diferencia entre estos radica en su comportamiento, sus dimensiones y la velocidad deseada que cada uno posee. Del mismo modo, para el caso de los peatones con carrito y aquellos con niños, se usa el mismo modelo, modificando las dimensiones según es necesario. Esto representa una limitación, ya que, si bien el ancho de estos tipos de peatones se puede modificar, el área de influencia no es la misma. Sin embargo, esto no se puede incorporar al programa VisWalk 8. Entonces se modifican los modelos 3D para el caso de los peatones con bolsas, con carritos y en parejas, de tal manera que se incorpora a las dimensiones por *default* de VisWalk las dimensiones de los objetos que estos portan. Debido a que los modelos 3D de los peatones se repiten, se asigna a cada tipo de peatón un color de vestimenta, para poder diferenciarlos más fácilmente.

Tabla 5. 1 - Dimensiones modificadas de modelos 3D.

Coun	No	Name	Length	Count: 6	Index	File3D	Length	Width
23	302	Persona con bolsas 1	0.456	1	1	Ped - Man 01.v3d	0.456	0.900
24	303	Persona con bolsas 2	0.360	2	1	Ped - Woman 01.v3d	0.360	0.820
25	304	Persona con bolsas 3	0.342	3	1	Ped - Woman 02.v3d	0.342	0.780
26	305	Persona con bolsas 4	0.409	4	1	Ped - Man 02.v3d	0.409	0.950
27	306	Persona con carrito	0.357	5	1	Ped - Woman & Child.v3d	0.357	0.900
28	307	Pareja	0.381	6	1	Couple1.v3d	0.381	1.400

Tomado del programa VisWalk 8

Para simular el que los peatones cedan el paso a aquellos con mayor carga, se modifica el valor de una de las fuerzas que provienen de los peatones que rodean a cada peatón. Se halló que, de estas fuerzas, ASocMean es aquella que simula mejor el hecho de que una persona modifique su ruta al encontrarse con alguien en su camino. A mayor valor de ASocMean, se recibe más fuerza de los demás y por ende la trayectoria es modificada en una mayor medida. Por ello, en la tabla a

continuación se puede apreciar que los peatones sin bolsas son aquellos con mayor valor de esta fuerza; y los peatones con niños son aquellos con menor valor de esta.

Tabla 5. 2 - Comportamientos al caminar.

Name	Tau	ReactToN	ASoclso	BSoclso	Lambda	ASocMean	BSocMean	VD	Noise
Default	0.400	8	2.720	0.200	0.176	0.400	2.800	3.000	1.200
Comprador sin Bolsas	0.050	8	2.720	0.200	1.000	2.600	2.800	3.000	1.000
Comprador con Bolsas	0.050	8	2.720	0.200	1.000	2.000	2.800	3.000	1.000
Comprador con Carrito	0.050	8	2.720	0.200	1.000	1.600	2.800	3.000	1.000
Comprador con niño	0.050	8	2.720	0.200	1.000	0.400	2.800	3.000	1.000
Pareja	0.050	8	2.720	0.200	1.000	1.000	2.800	3.000	1.000

Adaptado del programa VisWalk 8

Se incorporan las 5 gráficas de velocidad deseada para cada tipo de peatón y se define una composición vehicular que incluye a los 5 tipos de peatones y sus respectivas velocidades.

Tabla 5. 3 - Composición peatonal.

Coun	No	Name	Count: 5	PedType	DesSpeedDistr	RelFlow
1	1	Pedestrians	1	310: Com	1047: Comprad	882.000
2	11	Commuters at a station	2	330: Com	1048: Personas	247.000
3	21	International Maritime Organization MSC/Circ. 123	3	350: Com	1050: Personas	62.000
4	22	Mercado Bolivar	4	360: Com	1049: Personas	108.000
			5	370: Parej	1051: Pareja	46.000

Tomado del programa VisWalk 8

Luego de esto, se colocan los 6 puntos de origen de peatones con sus respectivos flujos según la matriz de origen destino, como se puede ver en la Tabla 5. 4. Se incorporan los destinos de cada uno de estos usando rutas estáticas y parciales, ya que las segundas permiten incorporar de manera más detallada las distintas rutas y posibles paradas que los peatones tienen en su recorrido.

Tabla 5. 4 - Flujos peatonales.

Coun	No	Name	Area	Volume(0)	PedComp(0)
1	1		8: Peatones 1	615.0	22: Mercado Bolivar
2	2		9: Peatones 2	139.0	22: Mercado Bolivar
3	3		10: Peatones 3	149.0	22: Mercado Bolivar
4	4		11: Peatones 4	240.0	22: Mercado Bolivar
5	5		12: Peatones 5	185.0	22: Mercado Bolivar
6	6		13: Peatones 6	255.0	22: Mercado Bolivar

Tomado del programa VisWalk 8

En el caso de las rutas parciales que conducen a las áreas donde los vendedores ambulantes se colocan y frente a las cuales los peatones se detienen, se usa una herramienta llamada Service Point Selection. Esta permite a un peatón detenerse en un área si este entra previamente a una con la característica de ser de espera. Entonces el peatón se transporta al área donde se mantendrá detenido un tiempo pre-determinado, siempre y cuando en esta no haya más personas que la cantidad que uno programa. El uso de esta herramienta se observa en la Figura 5. 2.

Figura 5. 2 - Configuración de áreas con Service Point Selection
Tomado del programa VisWalk 8

El flujo vehicular en la avenida Bolívar se incorpora a través de 2 links. Uno en dirección a la PUCP y otro proveniente de esta. Estos se calculan en base a los 15 minutos de mayor flujo para que así el caso simulado sea el más desfavorable. Entonces los flujos vehiculares son los siguientes.

Tabla 5. 5 - Flujos vehiculares.

Coun	No	Name	Link	Volume(0)	VehComp(0)
1	1		1: De catolica 1	712.0	1: De PUCP
2	2		6: Hacia catolica 1	868.0	2: A PUCP

Tomado del programa VisWalk 8

Se toma en consideración la composición vehicular según los resultados hallados en el aforo vehicular. El flujo proveniente de la PUCP está compuesto por 88% de vehículos ligeros y 12% de buses. El que se dirigía hacia la PUCP está compuesto por buses en un 10% y vehículos ligeros en un 90%. Además de esto, se agrega áreas de velocidad reducida al cruce peatonal, puesto que al ser este un cruce elevado, los vehículos reducen su velocidad al subir a este. La velocidad que se coloca a estas zonas de velocidad reducida es de 15 km/h, en base a lo medido en el mercado. Se incorpora el ciclo del semáforo con 53 segundos de verde para vehículos y 30 para peatones. Entonces el ciclo tiene una duración de 83 segundos, como se observa en la Figura 4. 27.

Para la posterior calibración y validación, se miden los tiempos de recorrido de los peatones en el modelo en un espacio de 4 metros. Para propósitos de evaluaciones posteriores, se mide también el tiempo de recorrido de los peatones que cruzan la intersección, y de los que recorren el corredor, tanto de ida como de vuelta. Para ello se configura el programa para registrar tiempos de viaje entre el segundo 600 y el 4200. Esto con el fin de no tomar en cuenta el periodo de Warm-up.

Se definen 3 áreas de medición con el fin de medir las características del flujo peatonal en las zonas más importantes de la entrada al mercado. La primera abarca la totalidad del corredor principal. La segunda abarca la zona donde se ubica la mayor concentración de vendedores ambulantes. Y la última abarca la isla del cruce peatonal. Del mismo modo que para los tiempos de viaje, se registran valores desde el segundo 600 hasta el 4200.

5.2. Calibración del modelo

La calibración se hace en base a la velocidad peatonal. Esta se halla con los registros de tiempos de viaje en una sección de 4 metros de longitud. Se modifican los tres parámetros de comportamiento peatonal más importantes que son λ , asociado al efecto de los peatones

sobre un peatón; tau, asociado al tiempo de reacción; y *noise*. Para ello se realizan 15 corridas del modelo con distintos números de semilla, los cuales inician en 55 y aumentan en valores de 5.

Al usar los valores por default de Tau, Lambda y Noise (0.4, 0.176 y 1.2 respectivamente) el modelo no está calibrado. Utilizando el método de comparación de medias, las velocidades halladas con el modelo no se asemejan a los de campo. Por ello se usan los valores que se ven en la Tabla 5. 6.

Tabla 5. 6 - Parámetros de comportamiento peatonal.

Walking Behaviors									
Coun	No	Name	Tau	ASocIso	BSocIso	Lambda	ASocMean	BSocMean	Noise
1	1	Default	0.400	2.720	0.200	0.176	0.400	2.800	1.200
2	2	Comprador sin Bolsas	0.050	2.720	0.200	1.000	2.600	2.800	1.000
3	3	Comprador con Bolsas	0.050	2.720	0.200	1.000	2.000	2.800	1.000
4	4	Comprador con Carrito	0.050	2.720	0.200	1.000	1.600	2.800	1.000
5	5	Comprador con niño	0.050	2.720	0.200	1.000	0.400	2.800	1.000
6	6	Pareja	0.050	2.720	0.200	1.000	1.000	2.800	1.000

Adaptado del programa VisWalk 8

Utilizando los registros de tiempo de viaje se calculan las velocidades peatonales promedio para cada corrida y los resultados son los siguientes:

Tabla 5. 7 - Velocidad peatonal promedio medida en VisWalk

Corrida	T (seg)	V (m/s)	Corrida	T (seg)	V (m/s)
1	4.47	0.89	9	4.56	0.88
2	4.48	0.89	10	4.4	0.91
3	4.52	0.88	11	4.52	0.88
4	4.45	0.90	12	4.37	0.92
5	4.46	0.90	13	4.46	0.90
6	4.52	0.88	14	4.54	0.88
7	4.48	0.89	15	4.35	0.92
8	4.46	0.90			

Los valores de velocidad hallados se comparan con los registros de campo mediante el método de comparación de medias, para lo cual se utiliza la página StatKey. Si la diferencia de medias está dentro del grado de confiabilidad elegido (95%) se considera al modelo como calibrado. Al comparar las medias se obtuvo lo siguiente:

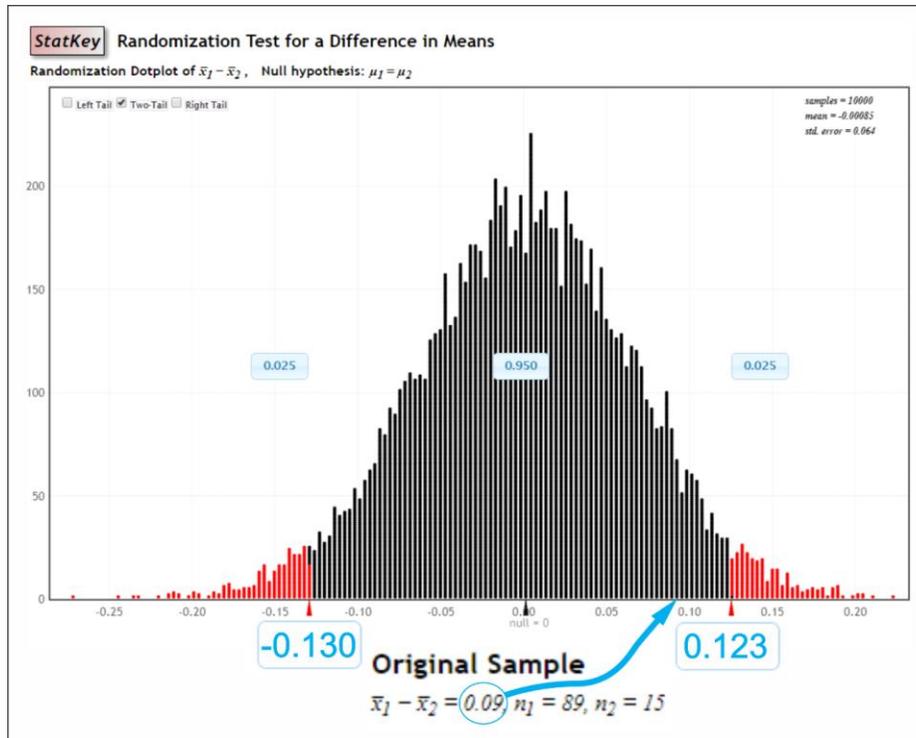


Figura 5. 3 - Gráfica de evaluación de diferencia de medias de calibración.
 Adaptado de StatKey

El valor de la diferencia de medias tiene un valor de 0.09, lo cual está dentro del margen de aceptación (de -0.13 a 0.123) por lo cual se concluye que el modelo está calibrado. Antes de proseguir con el análisis, se calcula si la cantidad de corridas realizadas son las necesarias para obtener resultados representativos. Para ello se aplica la fórmula para hallar el número mínimo de muestras, asumiendo un error de 7.5%. Entonces se obtuvo lo siguiente:

Tabla 5. 8 - Verificación del número mínimo de corridas

Media	0.90
S	0.01
N	15
Error (7.5%)	0.07
T	2.145
N min	0.15
¿Cumple?	Sí

Se observa que el número mínimo de corridas es de 0.15, por lo cual las 15 corridas realizadas son suficientes. Entonces, se procede a realizar la validación del modelo.

5.3 Validación del modelo

Se ingresan los datos registrados en el segundo aforo peatonal y se corre el modelo 15 veces. Para ello se usan los mismos números de semilla y parámetros de comportamiento peatonal. Entonces se calculan las velocidades en base a los registros de tiempos de viaje y se obtiene lo siguiente:

Tabla 5. 9 - Velocidades halladas con los resultados del modelo.

Corrida	T (s)	V(m/s)	Corrida	T (s)	V(m/s)
1	4.52	0.88	9	4.54	0.88
2	4.49	0.89	10	4.43	0.90
3	4.54	0.88	11	4.47	0.89
4	4.49	0.89	12	4.36	0.92
5	4.49	0.89	13	4.48	0.89
6	4.56	0.88	14	4.53	0.88
7	4.5	0.89	15	4.37	0.92
8	4.43	0.90			

Los valores de velocidades se someten al método de comparación de medias del programa Stat Key asumiendo un grado de confiabilidad de 95%. Los resultados obtenidos se muestran en la Figura 5. 4. La diferencia de medias es de 0.1, valor que está dentro del rango de confiabilidad entre -0.108 y 0.106, por lo cual el modelo se considera validado.

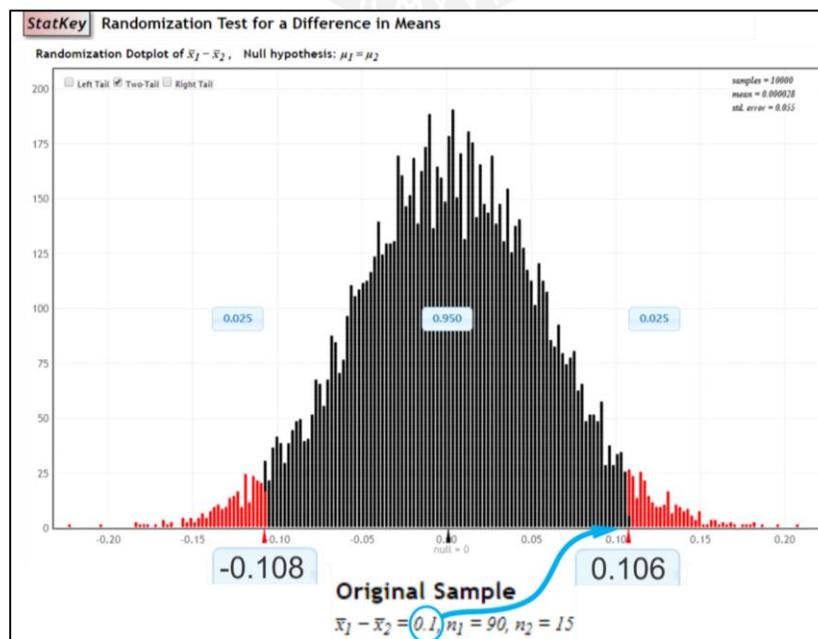


Figura 5. 4 - Gráfica de evaluación de medias de validación. Adaptado de Statkey

Del mismo modo que en el caso de la calibración, se calcula si el número de corridas es el necesario y usando la misma metodología que en la calibración se halla lo siguiente:

Tabla 5. 10 - Verificación del número mínimo de corridas

Media	0.89
S	0.01
N	15
Error (7.5%)	0.07
T	2.145
N min	0.15
¿Cumple?	Si

Esto indica que el modelo está calibrado y validado y está apto para analizar las propuestas de mejoras que se presentan en el siguiente capítulo.



Capítulo 6: Propuestas de mejora

Del estudio de vida pública se observó que la entrada al mercado Bolívar cuenta con un diseño que no favorece el desplazamiento del peatón. Las actividades de estancia (sentarse, detenerse a comprar, detenerse a conversar, etc.) carecen de un ambiente correctamente diseñado para su desarrollo. Más aún, se observó que no cuenta con un adecuado diseño que considere las necesidades de todo tipo de peatones, especialmente de aquellos con discapacidad. Del mismo modo, a través de la evaluación de seguridad vial se encontró que existían deficiencias en este aspecto. Por esto, se plantea una serie de propuestas de mejora que permiten que el flujo sea más continuo y sin interrupciones en base a las características de comportamiento peatonal observadas. Simultáneamente, estas otorgan a los peatones diversas oportunidades para hacer su viaje y su estadía más placentera. De esta manera se devuelve a la entrada del mercado el carácter social de interacciones visuales, verbales y físicas, lo cual se ha perdido en las últimas décadas, convirtiendo a estos en espacios de solo tránsito (Dérive Lab, 2015).

Cabe resaltar que no todas las propuestas de mejora pueden ser evaluadas en VisWalk, ya que no todas están hechas para mejorar el flujo peatonal. Las propuestas de *comfort* peatonal se evalúan a través de conceptos cualitativos en base a los criterios de calidad del espacio público de Jan Gehl.

6.1 Normas utilizadas en las propuestas de mejora

Para la elaboración de las propuestas de mejora, se toma en consideración las distintas normas nacionales que existen en relación al transporte vehicular y peatonal. Entre estas, se utiliza la norma de condiciones generales de diseño (RNE A.010), accesibilidad universal para edificaciones (RNE A.120) y obras especiales y complementarias (RNE CE.030).

Además, se usa como referencia las normas de diseño urbano de España y Argentina; así como, la

norma I.S.O. 23599 para el correcto diseño de elementos de encaminamiento para personas con discapacidad visual (losetas podotáctil). Del mismo modo, se utilizan documentos sobre el correcto diseño del espacio público de diversas municipalidades de Lima Metropolitana, como es el caso de San Isidro. Finalmente, se usan los criterios de calidad del espacio público planteados por el Arquitecto Jan Gehl, para generar un diseño que promueva el *comfort* peatonal, entre otras publicaciones de diversos autores sobre el diseño en función del peatón.

6.2 Propuestas de mejora

Las propuestas de mejora toman en consideración conceptos orientados a facilitar el desplazamiento de los peatones, así como las necesidades de los diversos tipos de estos. El modelo de la propuesta de mejora se puede apreciar a continuación:

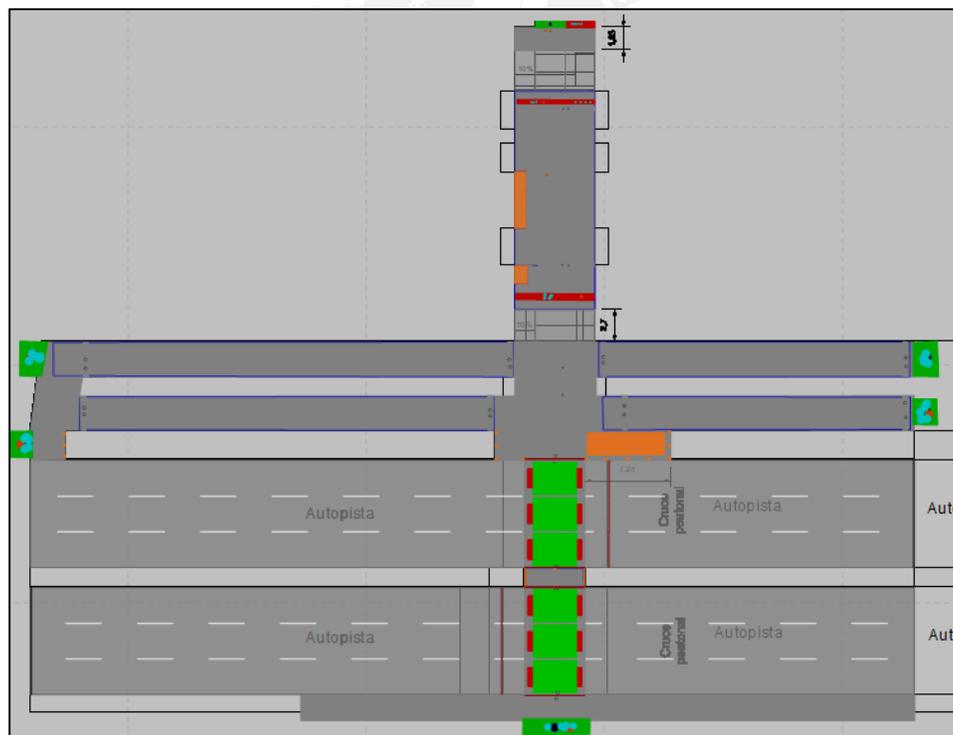


Figura 6. 1 - Modelo de propuesta de mejora.
Elaboración Propia

Las propuestas planteadas se dividen en 2 tipos. El primero incluye aquellas que buscan mejorar

el flujo peatonal y tienen un impacto cuantificable a través de VisWalk 8. El segundo incluye aquellas que buscan mejorar el *comfort* peatonal pero no tienen un impacto cuantificable, por lo cual son evaluadas a través de los criterios de calidad del espacio público de Jan Gehl.

6.2.1 Propuestas de mejora de flujo peatonal

1.Modificación del cruce peatonal

Tanto en la realidad como en la simulación se observó que el diseño actual del cruce peatonal genera estancamientos en la isla peatonal. A pesar de tener un ancho de 3.2 y 3.4 metros en cada uno de sus lados, estas dos partes del cruce no son continuas.

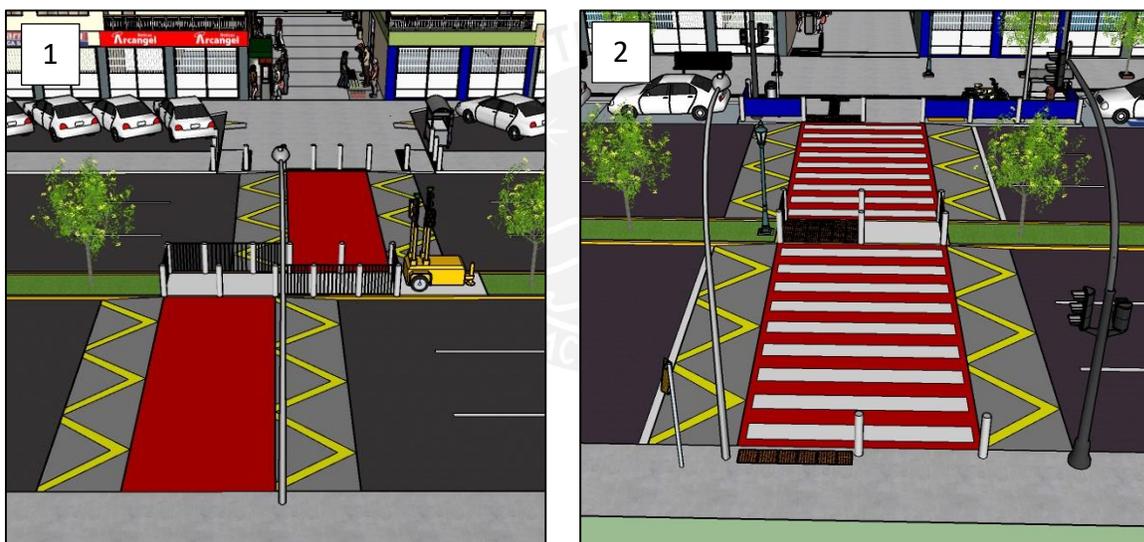


Figura 6. 2 - Cruce peatonal: 1)Estado actual. 2) Propuesta de mejora.
Elaboración Propia

Las dos partes se encuentran en una isla enrejada que tiene un ancho de 7 metros y un largo de 1.7 metros, lo cual genera un cuello de botella que atasca a los peatones. Por ello la primera propuesta de mejora implica el uso de un cruce peatonal continuo de 5 metros de ancho y 1.7 de largo como se observa en la Figura 6. 2. La Gerencia Municipal De Urbanismo del Ayuntamiento de Madrid (2000) sugiere un ancho mínimo de 4 metros para cruces a distinto nivel que la pista. Como los tipos de peatones observados poseen anchos mayores a los convencionales, se concluye

que 5 metros son convenientes. En cuanto el ancho de la mediana, la NACTO(S/F) sugiere un largo mínimo de 1.8 metros; sin embargo, se mantiene el largo actual por estar muy cerca al valor sugerido. Además de esto, se modifica el diseño del cruce elevado, mediante la colocación de líneas de paso peatonal, cuyo diseño se basa en las especificaciones del Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor en Calles y Carreteras. En este se menciona que estas deben tener un ancho de entre 0.30 a 0.50 metros cada una, y estas deben tener un largo mínimo de 2.0 metros (MTC, 2016). Por ello, se eligen líneas con dimensiones de 0.5 x 4.8 metros.

Para evaluar esta propuesta a través de VisWalk se mide diversos parámetros en el área de la isla peatonal, tanto para el estado actual como para la propuesta de mejora, así como el tiempo de cruce peatonal. Esto lleva a la obtención de los siguientes resultados:

Tabla 6. 1 - Resultados de análisis de densidad en la isla peatonal

	Tipo	Densidad (P/A)	Densidad percibida (P/A)	Densidad percibida Máxima (P/A)	Personas alrededor (u)
Estado actual	AVG	0.13	0.14	0.65	8
	MIN	0.12	0.12	0.56	7
	MAX	0.15	0.15	0.72	9
Propuesta de mejora	AVG	0.11	0.07	0.4	5
	MIN	0.1	0.05	0.32	4
	MAX	0.12	0.1	0.48	6

Tabla 6. 2 - Resultados de análisis de características de desplazamiento en la isla peatonal

	Tipo	Aceleración (km/h)	Demora (s)	Tiempo en Área (s)	Distancia (m)
Estado actual	AVG	0.29	7.3	10.05	2.47
	MIN	0.22	4.89	6.96	1.86
	MAX	0.35	8.82	11.83	2.62
Propuesta de mejora	AVG	0.73	4.63	6.6	1.77
	MIN	0.62	4.24	6.23	1.75
	MAX	0.85	5.25	7.21	1.8

Tabla 6. 3 - Resultados de análisis de tiempos de cruce

	Cruce hacia el mercado(s)	Cruce desde el mercado(s)
Estado actual	32.69	33.06
Propuesta de mejora	27.73	28.12

En el primer cuadro se observa la densidad normal y la percibida. La primera de estas es calculada en VisWalk dividiendo la cantidad de personas entre el área total de medición en cada unidad de tiempo. La percibida se calcula dividiendo la cantidad de personas que se encuentran alrededor de cada peatón en un círculo de 2 metros de radio. La densidad normal no presenta grandes mejoras; por otro lado, la percibida disminuye significativamente para el promedio, el mínimo y el máximo en un 50, 58 y 33% respectivamente. En base a las densidades percibidas máximas se calcula la cantidad máxima de personas que los peatones tuvieron alrededor. Esta se reduce en 3 personas en todos los casos (máximo, mínimo y promedio). Esto nos indica que en la propuesta de mejora son menos personas las que se quedan esperando en la isla peatonal, debido a que el cruce resulta más sencillo y no genera tantos atascos.

En cuanto a las características de desplazamiento (segundo cuadro), podemos ver que la distancia de recorrido se reduce en 0.7 metros (28% de reducción), y la aceleración promedio de cada peatón aumenta en promedio en 152%, lo cual indica que los peatones encuentran un espacio más libre en el cual pueden acelerar más, de ser esto necesario. Por último, el tiempo de cruce de cada peatón (tercer cuadro) se reduce en 5 segundos en cada una de las direcciones, lo cual se explica más a detalle en la propuesta de mejora relativa a un nuevo ciclo semafórico.

2. Reubicación de vendedores ambulantes, y reubicación y separación de la puerta de entrada al mercado

Debido a que la cantidad y ubicación de los vendedores ambulantes tiene un gran impacto en el flujo peatonal, reduciendo el ancho efectivo hasta en un 50%, se reubica a estos a un solo lado del pasadizo. Esto permite reducir el impacto de estos sobre los peatones. Entonces, en la siguiente imagen, se observa la nueva disposición de los vendedores ambulantes. Cabe resaltar que el puesto de periódicos es desplazado a la nueva vereda paralela a la Av. Bolívar.



Figura 6.3 - Vendedores ambulantes en corredor: 1)Estado actual.2) Propuesta de mejora. 3)Nueva ubicación del puesto de periódicos
Elaboración Propia

En el estudio de vida pública se observó que cuando el flujo es muy alto, las personas transitan de manera desordenada, lo cual podría darse debido a que todos entran y salen por una misma puerta. Entonces se divide la puerta en 2, una de entrada y una de salida, con el fin de separar los flujos opuestos y evitar que estos se crucen entre ellos.

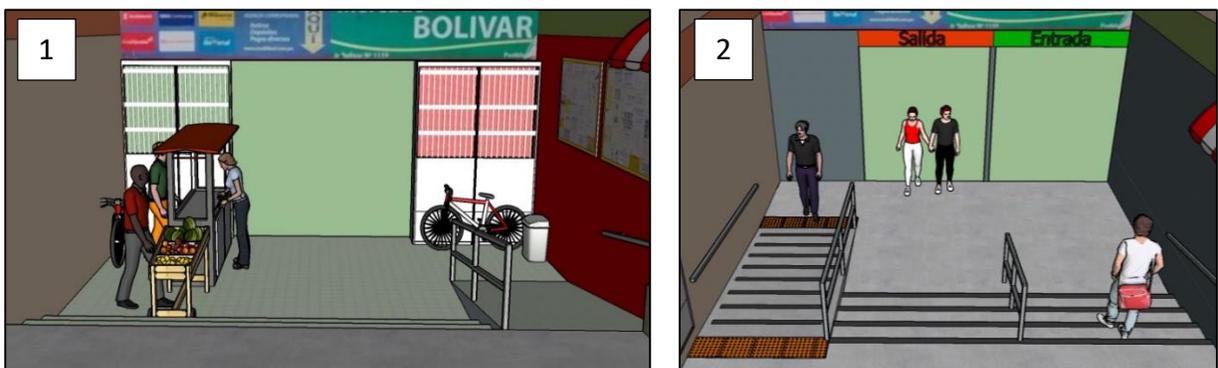


Figura 6.4 - Entrada al mercado: 1)Estado actual. 2) Propuesta de mejora.
Elaboración Propia

La ubicación de cada puerta se realiza en base al flujo peatonal encontrado en campo. Como la mayor cantidad de personas que van hacia el mercado provienen de la parte derecha, se ubica la nueva entrada para dicho lado. Por ende, la puerta de salida se coloca hacia el lado izquierdo. En base a esto, y debido a que las personas se detienen más al salir del mercado, se coloca a los ambulantes hacia el lado más cercano a la puerta de salida, el izquierdo. Se coloca una baranda a al centro de las 2 puertas de tal manera que este elemento ayuda a separar el flujo en 2, uno de entrada y uno de salida. Para evaluar estas propuestas se realizan 2 análisis, el primero de todo el corredor, y el 2do del área donde se ubican la mayor cantidad de vendedores ambulantes. También se calculan los tiempos de viaje a lo largo de todo el corredor, tanto de ida como de vuelta.

Tabla 6. 4 - Resultados de análisis de corredor completo

	Tipo	Densidad (P/A)	Densidad percibida (P/A)	Densidad percibida Max. (P/A)	Vel (km/h)	Acel (km/h ²)	Desv. De veloc (km/h)	Demora (s)	Tiempo en área (s)	Distancia (m)
Estado Actual	AVG	0.12	0.12	0.76	2.01	3.51	1.23	9.80	32.79	20.88
	MIN	0.11	0.11	0.64	1.92	3.17	1.02	8.01	31.07	20.80
	MAX	0.13	0.12	0.88	2.22	4.31	1.38	11.64	34.89	20.94
Propuesta de mejora	AVG	0.09	0.09	0.60	2.30	4.49	1.00	7.57	28.09	18.58
	MIN	0.09	0.08	0.48	2.24	4.25	0.92	6.38	26.79	18.54
	MAX	0.09	0.09	0.64	2.36	4.75	1.04	8.61	29.35	18.62

Tabla 6. 5 - Resultados de análisis de parte más saturada del corredor

	Tipo	Densidad (P/A)	Densidad percibida (P/A)	Densidad percibida Max. (P/A)	Vel. (km/h)	Acel. (km/h ²)	Desv. De veloc (km/H)	Demora (s)	Tiempo en área (s)	Distancia (m)
Estado Actual	AVG	0.28	0.19	0.75	1.30	1.43	2.10	6.82	11.02	3.85
	MIN	0.24	0.17	0.64	1.15	1.10	1.92	5.62	9.84	3.83
	MAX	0.32	0.21	0.88	1.45	1.75	2.30	8.36	12.55	3.87
Propuesta de mejora	AVG	0.10	0.07	0.51	2.24	4.31	1.14	1.97	6.07	3.72
	MIN	0.09	0.07	0.40	2.18	4.02	1.03	1.80	5.89	3.72
	MAX	0.10	0.08	0.64	2.31	4.62	1.28	2.15	6.27	3.73

Tabla 6. 6 - Tiempos de viaje en el corredor principal

	Saliendo del mercado (s)	Yendo al mercado (s)
Estado actual	40.52	38.87
Propuesta de mejora	45.92	30.97
Diferencia	5.40	-7.90

Se observa que las mejoras son más evidentes para el caso de la sección más saturada del corredor, como se puede ver en la Tabla 6. 5. En esta sección, la densidad logra reducirse en 64%, de tal modo que la cantidad de personas que hay a la vez es la tercera parte que en el estado actual. Para el caso de la densidad percibida esta logra reducirse en más del 60%, lo cual indica que cada peatón tiene menos de la mitad de personas rodeándolo de lo que tenían en el estado actual. Esto permite que estos se movilizan más libres y con mayor comodidad.

La velocidad peatonal en la sección más saturada aumenta en un 72%, ya que los peatones no encuentran grandes impedimentos a la hora de desplazarse. Del mismo modo, la aceleración experimenta grandes cambios positivos. Esta aumenta de 1.43 a 4.31 km/h², triplicando su valor debido a que las personas tienen el suficiente espacio libre para alcanzar dichos niveles de aceleración. Las demoras, producto de no poder viajar a la velocidad deseada, se reducen en 71% (de 6.82 a 1.97 segundos). Lo mismo se observa en el tiempo promedio que se mantienen los peatones en el área analizada. Para el caso del estado actual, las personas permanecen en dicha área por 11.02 segundos; mientras que, en la propuesta de mejora, las personas permanecen en esta por casi la mitad de este tiempo (6.07 segundos).

En cuanto al corredor completo, en la Tabla 6. 4 se observa que en todos los campos previamente mencionados también existen mejoras, pero en menor nivel que para el caso de la zona de mayor saturación. Sin embargo, la mejora se puede apreciar más en el análisis de tiempos de viaje en la Tabla 6. 6. El tiempo de viaje para los peatones que se dirigen al mercado se reduce en 8 segundos (20% de reducción); por otro lado, el tiempo de viaje de las personas que salen del mercado aumenta en 5.4 segundos (13% de aumento). Esto debido a que se busca que los peatones que entran al mercado (que son más que aquellos que salen del mercado) tengan la menor cantidad de obstáculos en su camino. Se puede ver que el tiempo de viaje que se reduce para aquellos

compradores que se dirigen al mercado es mayor que el tiempo que se aumenta a los peatones que salen del mercado, por lo cual se considera que esta propuesta genera resultados positivos.

3. Nuevo ciclo del semáforo

El ciclo semafórico actual tiene una duración que no se ajusta a las flujos peatonales y vehiculares existentes. Se propone reducir el ciclo a una duración de 60 segundos, de la siguiente manera:

Tabla 6. 7 - Comparación de fases del ciclo del semáforo

	Autos (s)	Peatones (s)	Ciclo total (s)
Estado actual	53	30	83
Propuesta de mejora	32	28	60

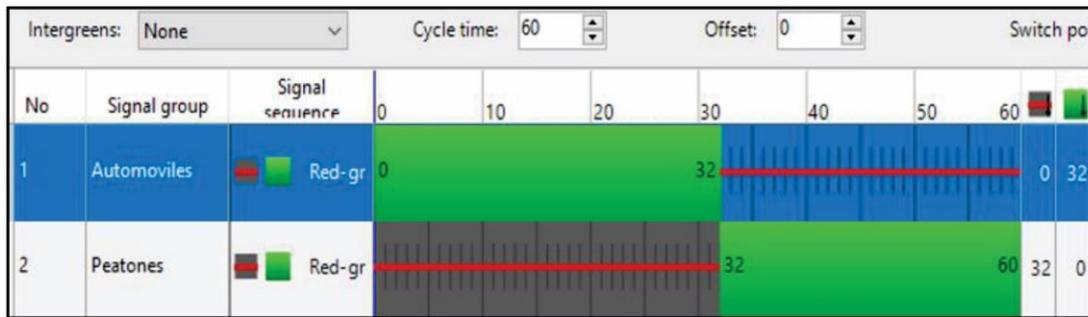


Figura 6. 5 - Nuevo ciclo del semáforo.
Tomado del programa VisWalk 8

Para evaluar los efectos del nuevo ciclo del semáforo se toma en consideración 3 elementos, que son los siguientes:

- Las longitudes de cola y cantidad de paradas vehiculares en ambos lados de la avenida.
- Los tiempos de espera peatonal en la isla peatonal y a ambos lados del cruce.
- Los tiempos de viaje al cruzar la avenida Bolívar de ida y de vuelta. Tanto el tiempo para recorrer todo el cruce, como el tiempo para atravesar la isla.

Tabla 6. 8 - Diferencias de tiempos peatonales

	Tiempo de espera (s)			Tiempos de viaje (s)			
	Isla peatonal	Zona de espera 1	Zona de espera 2	Cruce Ida	Cruce Vuelta	Isla Ida	Isla Vuelta
Estado actual	10.05	8.42	8.33	32.69	33.06	11.1	11.22
Propuesta de mejora	6.6	4.82	4.33	27.73	28.12	7.12	7.16
Diferencia	3.45	3.6	4	4.96	4.94	3.98	4.06
%	34%	43%	48%	15%	15%	36%	36%

Entonces se puede apreciar que los tiempos de espera en las secciones se reducen en gran medida, logrando hasta un 50% de reducción en el tiempo de espera para cruzar la avenida. Los tiempos de cruce también se reducen hasta en 5 segundos y los tiempos que se necesita para atravesar la isla se reducen en 4 segundos.

La longitud promedio de cola vehicular en el nuevo ciclo del semáforo aumenta en 1.5 m en el peor de los casos, como se observa en la Tabla 6. 9. Sin embargo, este es un aumento bastante bajo, considerando que la longitud de un carro es de aproximadamente 5 a 6 m. Por otro lado, la longitud máxima de cola se mantiene casi constante, y la cantidad de paradas se eleva hasta en un 30%. Esto último nos indica que, si bien los autos se detienen más veces, la longitud de cola máxima se mantiene del mismo tamaño, haciendo que esta sea más constante en cada ciclo del semáforo. Entonces se concluye que el ciclo planteado genera grandes beneficios al flujo peatonal sin afectar en gran medida el flujo vehicular.

Tabla 6. 9 - Diferencias de longitudes de cola

	Longitudes de cola					
	Prom 1 (m)	Max 1 (m)	Paradas 1 (n° de autos)	Prom 2 (m)	Max 2 (m)	Paradas 2 (n° de autos)
Estado actual	4.79	41.69	281	5.61	47.51	339
Propuesta de mejora	5.61	40.37	355	7.12	47.01	445
Diferencia	-0.82	1.32	-74	-1.51	0.5	-106
%	-17%	3%	-26%	-27%	1%	-31%

6.2.2 Propuestas de mejora de comfort peatonal

En cuanto a las propuestas de mejora de esta clase, se busca poder dar a todos los tipos de peatones la oportunidad de desplazarse y permanecer dentro del área del mercado cómodamente. Para estas propuestas se toma en consideración los distintos tipos de peatones y las características físicas de estos, así como, las características del flujo peatonal como grupo. Las propuestas son planteadas

en base los criterios de calidad del espacio público planteados por Jan Gehl, los cuales se dividen en 3 grupos, como se observa en la Figura 6. 6. En base a esto se plantean 8 propuestas de mejora.

protección	<p>Protección del tránsito y los accidentes — sensación de seguridad física</p> <ul style="list-style-type: none"> · Protección para los peatones · Eliminar el temor al tránsito 	<p>Protección del crimen y la violencia — sensación de seguridad</p> <ul style="list-style-type: none"> · Ámbito público vital · Miradas en la calle · Funciones que se solapan de día y de noche · Buena iluminación 	<p>Protección de las molestas experiencias sensoriales</p> <ul style="list-style-type: none"> · Viento · Lluvia y nieve · Frío y calor · Polución · Polvo, ruido, reflejos del sol 
confort	<p>Oportunidades para caminar</p> <ul style="list-style-type: none"> · Lugares para caminar · Ausencia de obstáculos · Buenas superficies · Accesibilidad para todos · Fachadas interesantes 	<p>Oportunidades para permanecer</p> <ul style="list-style-type: none"> · Efecto de borde y zonas atractivas donde pararse y permanecer · Apoyaturas donde pararse 	<p>Oportunidades para sentarse</p> <ul style="list-style-type: none"> · Zonas para sentarse · Aprovechar las ventajas: la vista, el sol y las personas · Buenos lugares donde sentarse · Bancos en donde descansar 
	<p>Oportunidades para mirar</p> <ul style="list-style-type: none"> · Distancias razonables · Visuales sin obstáculos · Vistas interesantes · Iluminación artificial (cuando oscurece) 	<p>Oportunidades para hablar y escucharse</p> <ul style="list-style-type: none"> · Bajos niveles de ruido · Equipamiento urbano que ofrezca lugares donde se pueda charlar 	<p>Oportunidades para el juego y el ejercicio</p> <ul style="list-style-type: none"> · Alentar a la creatividad, la actividad física, el ejercicio y el juego · De día y de noche · En verano y en invierno 
placer	<p>Escala</p> <ul style="list-style-type: none"> · Edificios y espacios diseñados acorde con la escala humana 	<p>Oportunidades para disfrutar los aspectos positivos del clima</p> <ul style="list-style-type: none"> · El sol y la sombra · El calor y el fresco · Las brisas 	<p>Oportunidades para mirar</p> <ul style="list-style-type: none"> · Buen diseño y detalles adecuados · Buenos materiales · Visuales atractivas · Árboles, plantas y agua 

Figura 6. 6 - Criterios de calidad del espacio público.
Tomado de “Ciudades para la gente” (Jan Gehl, 2014)

1. Modificar y reubicar la rampa cercana a la entrada principal de mercado.

La rampa de acceso, que tiene una altura de 0.51, posee una pendiente de 18.5%, que según el artículo 6 de la norma A.120 supera el límite máximo de 10% establecido para dicho cambio de altura (MVCS, 2019). Esto representa un peligro para las personas con algún tipo de discapacidad motriz que necesitan usar dicha rampa. Además, la zona en la que esta termina suele estar ocupada

por bicicletas y un tacho de basura, con los cuales las personas en silla de ruedas podrían golpearse. Por ello, utilizando el criterio del *comfort* sobre las oportunidades para caminar, y considerando la alta presencia de adultos mayores, se busca brindar un diseño con accesibilidad para todos, por lo que se reduce la pendiente de dicha rampa a 10%, y se separa en 2 partes.

Debido a la presencia de tiendas en los laterales del corredor, no se puede elaborar una rampa de 5.1 metros de largo. Por ello, se separa la rampa en 2, una de 3.40 m y otra de 2.7 m, ubicadas al lado izquierdo del corredor (visto desde la avenida Bolívar), como se observa a continuación:

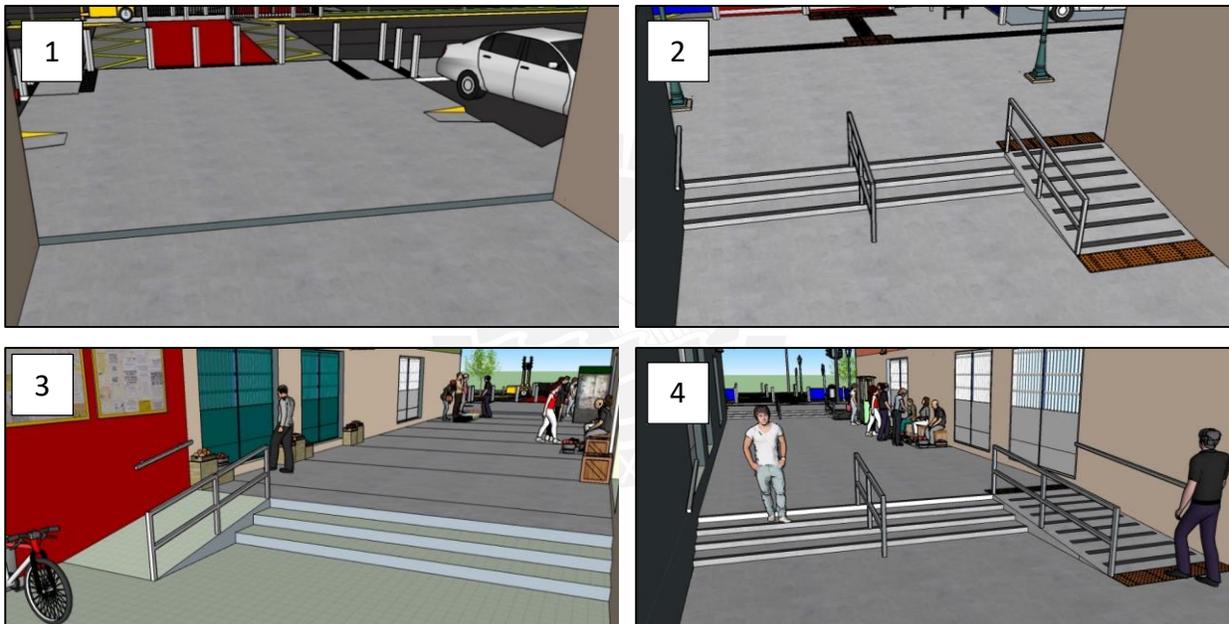


Figura 6. 7 - Cambios de nivel en el corredor: 1)Inicio del corredor-estado actual. 2) Inicio del corredor - propuesta de mejora, rampa de 2.7 m. 3) Entrada al mercado-estado actual. 4)Entrada al mercado-propuesta de mejora, rampa de 3.4 m.
Elaboración Propia

El artículo 10 de la norma A.120 sostiene que “las rampas de longitud mayor de 3.00 m, así como las escaleras, deberán tener parapetos o barandas en los lados libres y pasamanos en los lados confinados por paredes” (MVCS, 2019, pp.5). Estos elementos tienen una altura mínima de 80 cm, por lo cual se ubicaron a 1m de altura. Estas se colocaron a ambos lados de la 1ra rampa, y en la 2da no se colocó pasamanos ya que esta mide 2.7 m.

Ambas rampas poseen un ancho de 1.75 metros lo cual es mayor al espacio mínimo de 1.0 metro exigido por la norma A.120 (MVCS, 2019) y permite el paso de hasta 2 sillas de ruedas simultáneamente. Por otro lado, el diámetro mínimo permitido para el giro de una silla de ruedas es de 1.5m, por lo cual el espacio libre planteado para dicha maniobra en la parte baja de la rampa tiene dimensiones de 1.75x1.95m. Esto se observa en las imágenes a continuación:

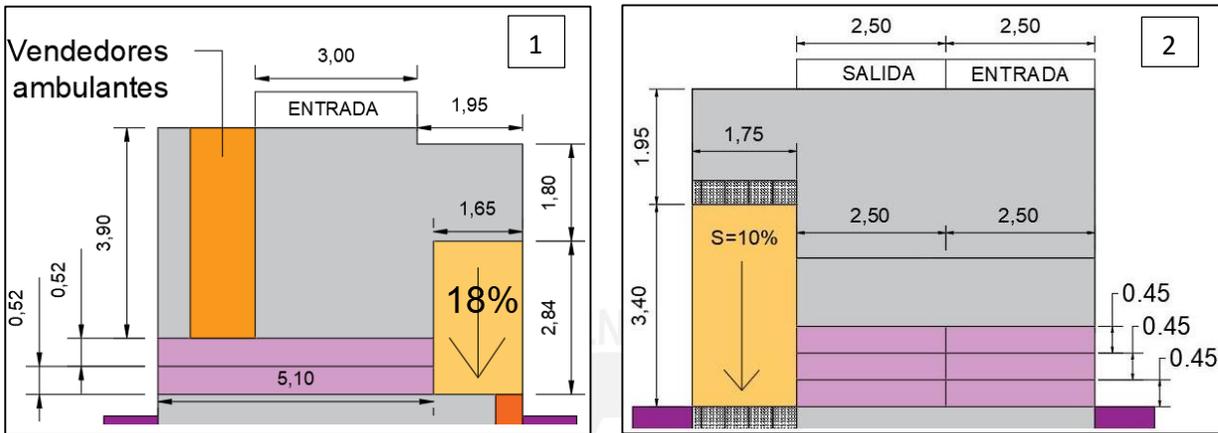


Figura 6. 8 - Plano de la entrada al mercado: 1) Estado actual. 2) Propuesta de mejora.

Elaboración Propia

Además, como se puede ver en la Figura 6. 7, a estas se les colocan bandas de un material que genera una mayor fricción con los zapatos. Esto reduce las probabilidades de resbalarse en estas, sobre todo en días lluviosos. Finalmente, se colocan losetas podotáctiles al inicio y fin de cada rampa según lo establecido en la norma A.120 (MVCS, 2019), como se observa en la Figura 6. 8.

Las gradas de ambas escaleras fueron modificadas tanto en dimensiones como en cantidad, puesto que los cambios de altura son distintos a los originales en ambos extremos del corredor. Para el diseño de estas se usan las especificaciones de la norma A.010. Entonces, en el cálculo de esta se usa una fórmula que establece una relación entre la longitud del paso(P) y la altura del contrapaso(CP), de tal manera que $P + 2CP$ debe estar entre 0.60 y 0.64 m (MVCS, 2014). Cabe resaltar que, las dimensiones actuales de la escalera cercana a la puerta del mercado no cumplen con esta fórmula. Entonces las dimensiones usadas fueron las siguientes:

Tabla 6. 10 - Dimensiones paso y contrapaso de escaleras

Modelo	Escalera	Altura (cm)	Contrapaso (cm)	Paso (cm)	P+ 2CP (cm)
Estado Actual	Cerca de la puerta del mercado	51	17	50	84
Propuesta de mejora	Cerca de la puerta del mercado	34	8.5	45	62
Propuesta de mejora	Cerca de la av. Bolívar	27	9	45	63

Como se observa en la tabla anterior, las nuevas gradas poseen pasos de 45 cm y contrapasos de aproximadamente 9 cm. Lo cual resulta en un total de 4 y 3 gradas para la escalera cercana a la puerta del mercado y la cercana a la Av. Bolívar, respectivamente. Se utilizan medidas de contrapaso pequeñas debido a la elevada presencia de adultos mayores en el mercado. Se coloca al borde de estas una banda de coloración más oscura para hacer más notorio el cambio de nivel. Esto no existe en las gradas actuales, razón por la cual los peatones no se percatan del desnivel y están propensos a caídas o tropiezos al entrar al corredor.

Además, se colocan barandas en el medio de ambas escaleras, puesto que estas tienen anchos de 5 metros. Este valor supera al límite de 2.4 m establecido por la norma A.010 a partir del cual las escaleras deben contar con barandas centrales (MVCS, 2014). Siguiendo las indicaciones de la misma norma, se colocan pasamanos en los lados de las escaleras próximos a los edificios.

2. Modificar las veredas paralelas a la avenida Bolívar.

Se busca mejorar la calidad del espacio público en base al criterio del *comfort* sobre las oportunidades para caminar, así como el criterio de protección del tránsito y los accidentes. Las veredas paralelas al mercado Bolívar poseen anchos efectivos que no permiten el tránsito de múltiples peatones. Además, están separadas por el estacionamiento vehicular, lo cual implica que para que los automóviles lleguen a la zona de estacionamiento deben pasar por encima de una de

las veredas, lo cual aumenta la probabilidad de ocurrencia de accidentes. El espacio que llegan a ocupar los vehículos llega a ser más del 50% del espacio disponible. Esto nos muestra que el diseño de dicho espacio está orientado más en función de los autos que de los peatones. Por ello, se rediseña dicho espacio juntando ambas veredas, como se puede apreciar a continuación:

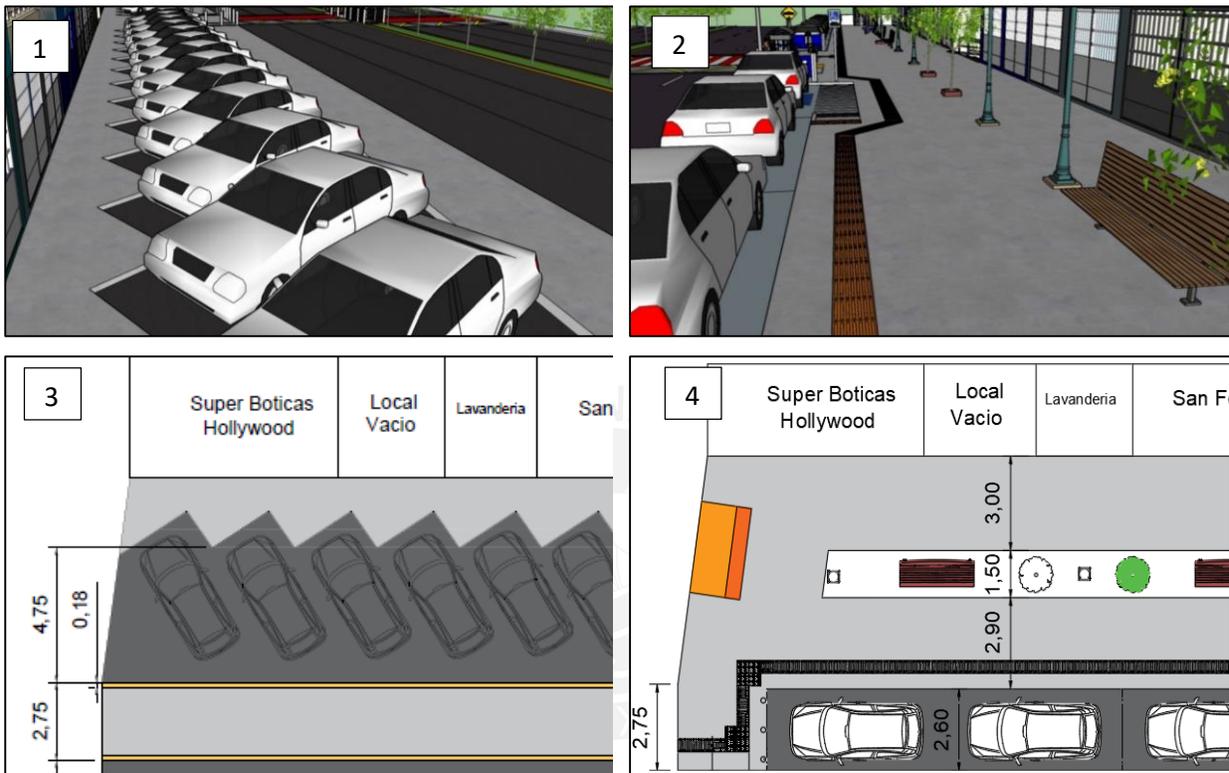


Figura 6. 9 - Veredas : 1)Vista 3D de estado actual. 2) Vista 3D de propuesta de mejora. 3) Plano de estado actual. 4)Plano de propuesta de mejora.
Elaboración Propia

De los 10 metros de ancho disponibles, 7.4 pertenecen al desplazamiento peatonal y 2.6 al estacionamiento vehicular. De esos 7.4 metros disponibles, se separa el flujo peatonal en 2 carriles de 3 y 2.9 metros de ancho. Los 1.5 metros restantes se usan para colocar diversos elementos destinados a mejorar la calidad del espacio por medio del criterio del *comfort*. Estos a la vez sirven de barrera entre ambos carriles de tal manera que el flujo peatonal tiene la posibilidad de organizarse. Entonces, los peatones que van en sentidos contrarios pueden transitar en carriles distintos, haciendo que el flujo sea más ordenado. Los elementos en este espacio son los siguientes:



Figura 6. 10 – Bancas
Elaboración Propia

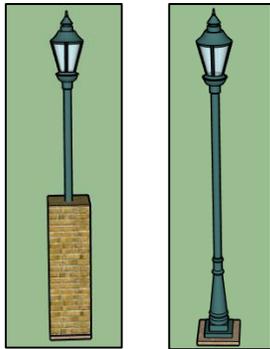


Figura 6. 11 – Postes de luz.
Elaboración Propia



Figura 6. 12 - Árboles
Elaboración Propia

Se colocan 7 bancas a lo largo de las veredas exteriores al mercado Bolívar, para así brindar oportunidades para que los peatones puedan sentarse y descansar. Esto es necesario ya que en este existe una gran presencia de adultos mayores y personas que cargan compras con pesos considerables.

El mercado Bolívar durante la noche es un lugar peligroso debido a la escasa iluminación. Existen 3 tipos iluminación en las zonas comerciales, que son la propia de las calles, la de las tiendas y por medio de faros de baja altura (FHWA, 2006, pp. 5). De estos tipos, el mercado carece de faros de baja altura. Por ello, se colocan 11 faros a lo largo de las veredas y 1 en la isla peatonal. Se colocan 2 tipos de faros, teniendo el segundo tipo una base de mayor altura que brinda la oportunidad de apoyarse sobre este.

Para brindar protección de las malas experiencias sensoriales se colocan 8 árboles. Estos proveen sombra a los peatones que transitan por las veredas y a aquellos que se encuentren sentados en las bancas. Del mismo modo, esta propuesta mejora otros 2 criterios de calidad (ambos relacionados al placer). El primero se relaciona con las oportunidades de disfrutar los aspectos positivos del clima y el segundo con las oportunidades de mirar árboles y plantas. Las ramas de estos tienen una altura mínima de 2.1 m, para que las personas con discapacidades visuales no se golpeen con estas (Huerta, 2007).

En una sección de la vereda los anchos son distintos debido a que en esta se ubica un espacio designado para la salida de las personas que ocupan el estacionamiento preferencial, como se observa en la Figura 6. 13. En esta sección los anchos de los 2 lados de la vereda no difieren significativamente del resto, puesto que no se colocaron sillas.

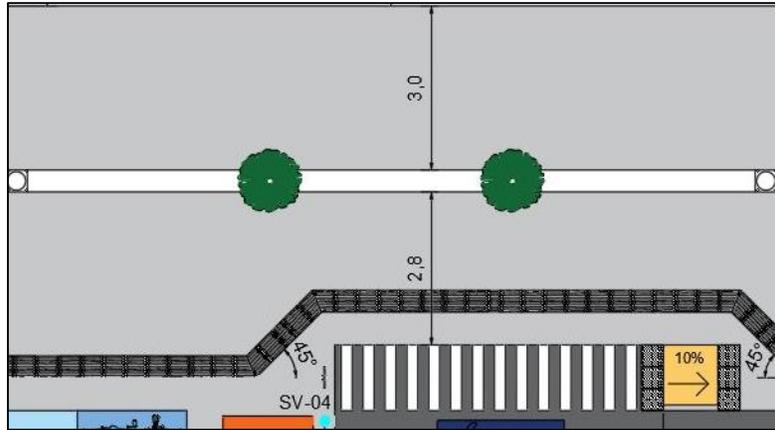


Figura 6. 13 - Zona de vereda reducida por presencia de estacionamiento preferencial
Elaboración Propia

Del mismo modo se propone colocar mayor iluminación a lo largo del corredor de entrada al mercado, ya que actualmente solo cuenta con 1 faro de iluminación en la puerta principal. Se busca colocar iluminación a lo largo de todo el corredor, de la siguiente manera:



Figura 6. 14 - Luces en el corredor principal.
Elaboración Propia

También se propone colocar un tacho de basura estacionario cerca al cruce, para así proteger a los peatones de las molestias sensoriales relacionadas a la falta de control de los desechos.

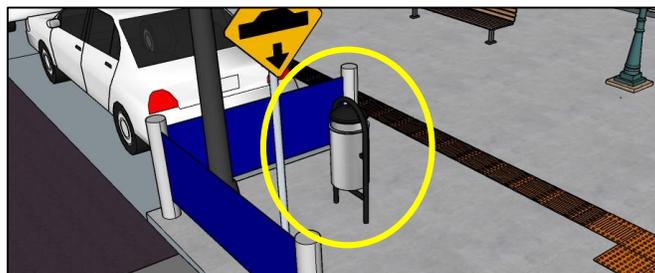


Figura 6. 15 - Tacho estacionario.
Elaboración Propia

3. Modificar los estacionamientos.

En la actualidad estos se encuentran entre 2 veredas y ocupan un 50% del espacio disponible, como se observa en la Figura 6. 16. Se propone brindar una mayor protección del tránsito y los accidentes cambiando la ubicación y dirección actual de los estacionamientos vehiculares. Estos se encontraban inclinados y en la propuesta de mejora se colocan de manera paralela a la Av. Bolívar. Esto sirve a la vez para aumentar la seguridad de las veredas ya que genera una barrera entre los peatones y el tránsito vehicular (Burton y Mitchell, 2004).

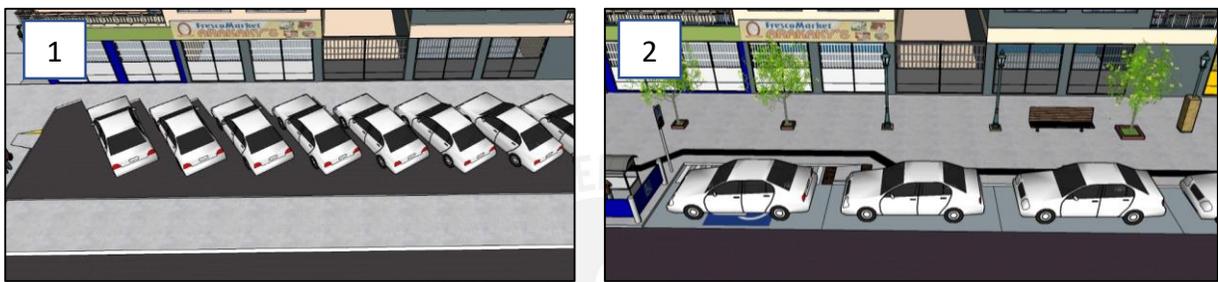


Figura 6. 16 - Estacionamientos: 1)Estado actual. 2) Propuesta de mejora.
Elaboración Propia

La cantidad de estacionamientos se reduce a 13, tomando en consideración las indicaciones del MTC, el cual, en el Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor en Calles y Carreteras, sostiene que “las dimensiones mínimas del cajón de estacionamiento es 2.6 m. x 6.0 m. para vehículo liviano” (MTC, 2016, pp. 276). Por ello, tomando en cuenta el espacio disponible, el largo y el ancho mínimos de cada estacionamiento, se diseña 13 lugares con dimensiones de 2.6x6m. Como se puede ver a continuación:

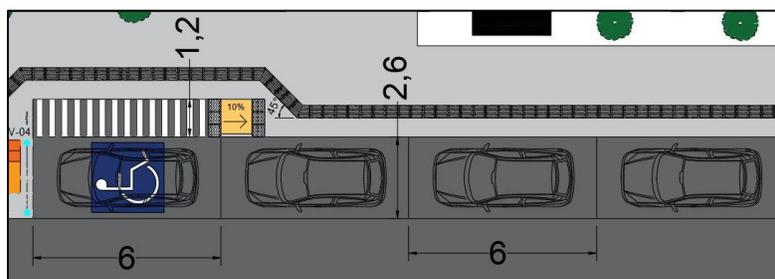


Figura 6. 17 - Plano de estacionamientos.
Elaboración Propia

En la figura anterior se observa que uno de estos estacionamientos tiene una coloración azul, lo cual indica que este es un estacionamiento reservado para personas con discapacidad. Este se colocó siguiendo el artículo 21 de la norma A.120, que determina la cantidad mínima de estacionamientos preferenciales. Como el número total de estacionamientos se encuentra entre 6 y 20, se coloca un solo estacionamiento preferencial. Este cuenta con una zona de descenso de personas con discapacidad la cual tiene un ancho de 1.2 metros, según lo establecido por el artículo 24 de la norma A.120 (MVCS, 2019).

Tabla 6. 11 - N° mínimo de estacionamientos preferenciales.

NÚMERO TOTAL DE ESTACIONAMIENTOS	ESTACIONAMIENTOS ACCESIBLES REQUERIDOS
De 0 a 5 estacionamientos	ninguno
De 6 a 20 estacionamientos	01
De 21 a 50 estacionamientos	02

Adaptado de la norma A.120 Accesibilidad Universal en Edificaciones (MVCS, 2019)

Es necesario que se implemente un sistema de control del uso de los estacionamientos. Hoy en día dichos espacios son usados en su mayoría por los comerciantes, los cuales dejan sus vehículos estacionados durante todo el día. En consecuencia, la cantidad disponible para los clientes del mercado se reduce. Si bien estos no son regulados por la municipalidad de Pueblo Libre, es necesario usar un sistema similar al que se encuentra en la ordenanza 425 sobre el control de estacionamientos. En este se establece una tarifa de 0.70 céntimos por cada 30 minutos de uso de los estacionamientos (Municipalidad de Pueblo Libre, 2018). Así, los espacios no estén constantemente en uso, y los usuarios del mercado tienen la oportunidad de llegar a este en auto.

4. Instalar un paradero de bicicletas.

Otra manera de brindar un mayor *comfort*, se da ofreciendo oportunidades para el desarrollo de actividades físicas. Por ello, debido a la presencia de peatones que van en bicicleta al mercado, se

propone colocar estacionamientos de bicicletas. Esto también responde a que, en el estudio de vida pública se encontró que los ciclistas colocaban sus bicicletas en el área cercana a la rampa, obstaculizando el descenso de las personas. Con esta implementación se organiza mejor el espacio de la entrada y se fomenta el uso de diversos medios de transporte.

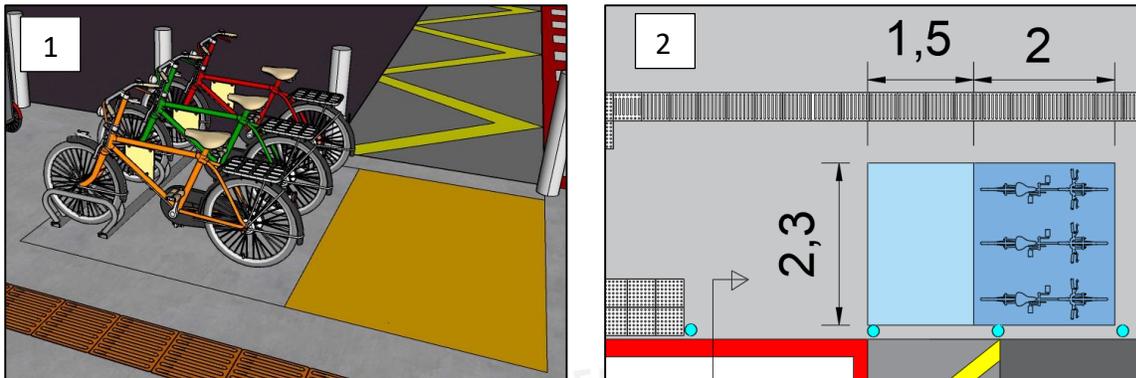


Figura 6. 18 - Estacionamiento de bicicletas: 1)Vista 3D. 2) Plano.
Elaboración Propia

No se colocó una ciclovía, puesto que ello requiere de un análisis a nivel de toda la avenida Bolívar. La norma CE.030, sobre Obras Especiales y Complementarias, menciona que “el módulo de estacionamiento para una bicicleta debe tener como mínimo las siguientes medidas: 0,80 m de ancho y 2,00 m de largo.” (MVCS, 2014, pp.4). Además, menciona que esta debe tener un área de maniobras con un ancho mínimo de 1,50 m. En base a estas indicaciones, se diseña un estacionamiento para 3 bicicletas con dimensiones 2.3 m de ancho y 2 m de largo, junto con un espacio de maniobras del mismo ancho y 1.5 m de longitud.

5. Relocalizar los semáforos.

El semáforo que existe en el mercado es de tipo provisional. Este está ubicado en un punto que puede pasar desapercibido debido a la presencia de árboles en la zona central de la avenida. Por ello se plantea una relocalización y remodelación de los semáforos existentes.

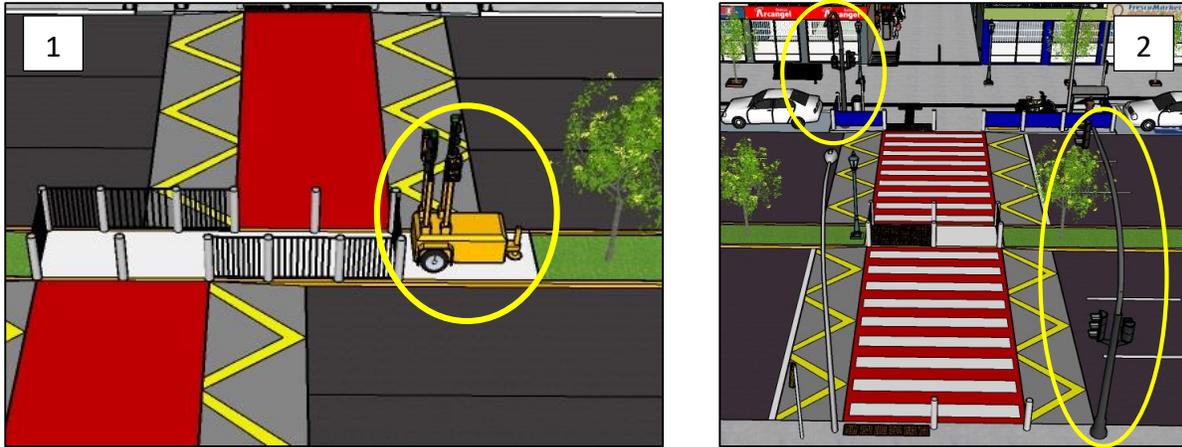


Figura 6. 19 - Semáforo: 1)Estado actual. 2) Propuesta de mejora.
Elaboración Propia

Como se puede ver en la Figura 6. 20 se propone el uso de semáforos con soporte de tipo ménsula con 3 semáforos cada uno, 2 vehiculares y 1 peatonal. Esto debido a que la señalización vertical usada puede llegar a obstaculizar la visión de los semáforos en el poste. El Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2016), establece la altura mínima que debe tener cada tipo de semáforo, medida desde la parte inferior de este. Los semáforos situados en los postes deben tener una altura mínima de 3.10 m; mientras que, aquellos situados en la parte más alta deben tener una altura mínima de 6 m. Para obtener una mejor visibilidad, se colocan después del cruce peatonal, como se observa en la Figura 6. 19.2.

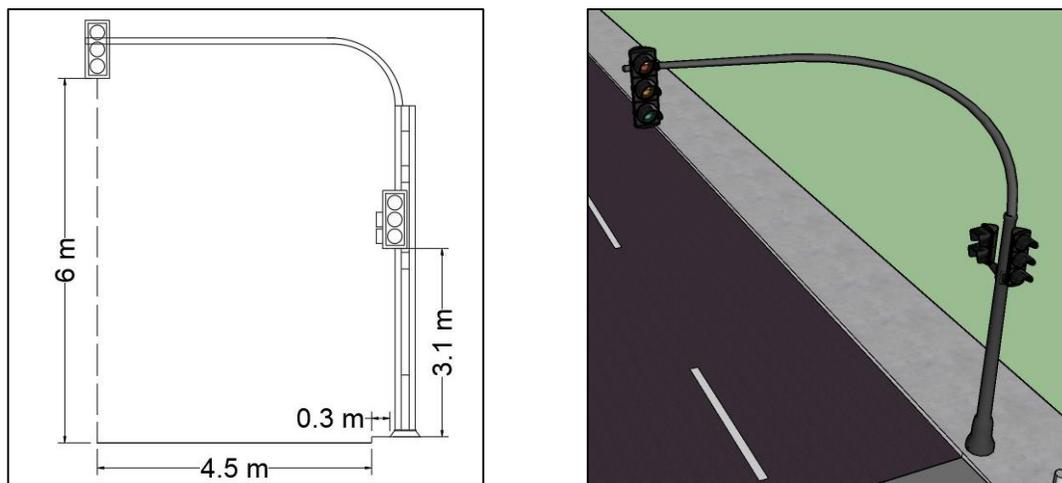


Figura 6. 20 – Geometría de los nuevos semáforos
Elaboración Propia

Esto asegura que los conductores y peatones puedan ver más fácilmente las señales de tránsito y así evitar accidentes.

6. Reubicar los bolardos de protección peatonal

La cantidad de bolardos que se encuentran en el mercado dificultan el flujo peatonal, ya que estos se encuentran ubicados a muy poca distancia entre ellos. El Manual de Mobiliario Urbano de la Municipalidad de San Isidro (2016) menciona que la distancia entre 2 bolardos debe estar entre 1.8 a 2.2 metros. Como se puede ver en la Figura 6. 21, la separación actual es muy baja. En ciertos casos alcanzan dimensiones que no permiten el cómodo pase de todos los tipos de peatones. Por ejemplo, en el centro del cruce la separación es de 0.84 m. valor que es inferior al ancho de todos los tipos de peatones, a excepción del que no lleva carga. Por esto, se replantea la ubicación y cantidad de los bolardos.

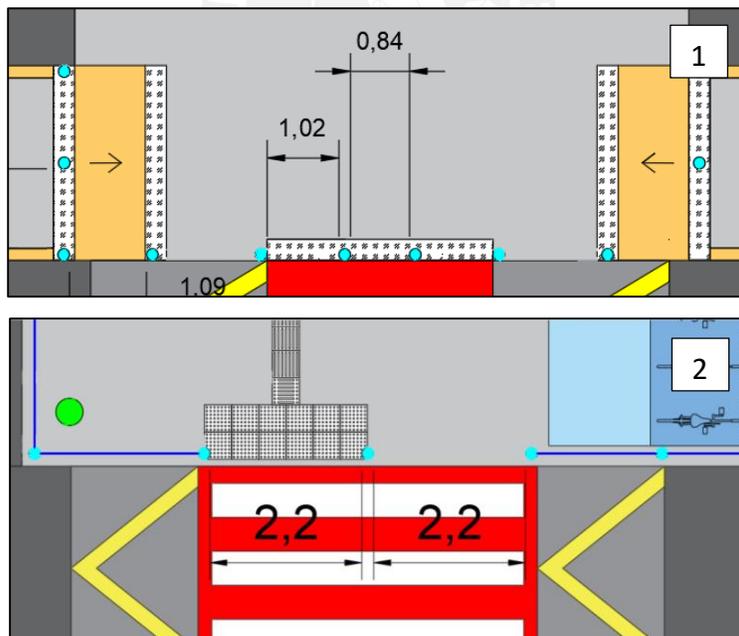


Figura 6. 21 - Ubicación de bolardos: 1) Estado actual. 2) Propuesta de mejora.
Elaboración propia

En el cruce peatonal se emplea separaciones de 2.2 m. Los demás bolardos tienen separaciones fuera del rango de valores sugeridos por la municipalidad de San Isidro. Esto debido a que entre

estos no pasan los peatones ya que se coloca una banda de seguridad (línea de color azul en la imagen anterior). Esto se hace siguiendo las consideraciones generales de seguridad vial planteadas por el CONASET (2003) en cuanto a mobiliario urbano. Esto se observa a continuación:



Figura 6. 22 - Banda de seguridad estacionamiento preferencial.
Elaboración Propia

7. Instalar un sistema de encaminamiento para peatones con discapacidad sensorial visual.

El mercado posee en la actualidad un tipo de losetas podó táctiles en las zonas cercanas a los cruces peatonales. Sin embargo, es recomendable que los sistemas de encaminamiento sean continuos, de tal manera que los peatones con discapacidad visual puedan transportarse con facilidad en todas partes. Por ello se plantea un nuevo diseño que utiliza 3 tipos de losetas podó táctiles, como se puede ver a continuación:

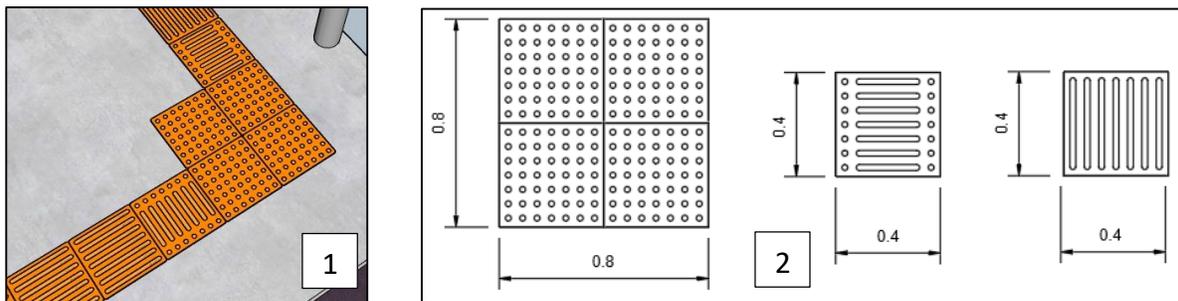


Figura 6. 23 - Tipos de Podo táctil: 1) Disposición. 2) Geometría.
Elaboración Propia

Según la Consejería de Medio Ambiente, Vivienda y Ordenación del Territorio de Madrid (S/F), se deben usar 3 tipos de losetas podó táctiles que son las siguientes:

- A. **Banda de encaminamiento:** Loseta con franjas dispuestas en el sentido de la marcha
- B. **Franja de advertencia:** Loseta con franjas dispuestas perpendicular al sentido de la marcha. Señala la proximidad de un elemento significativo, que suele ser un giro.
- C. **Roseta:** Elemento compuesto de botonaduras que permite tomar decisiones sobre cruces o cambios de dirección.

Esta guía menciona que las bandas de encaminamiento tienen dimensiones de 40x40 cm, como mínimo; las franjas de advertencia, dimensiones de 80x40cm; y las rosetas, dimensiones de 120x120 cm. Como estas dimensiones son bastante grandes se opta por diseñar el sistema de encaminamiento en base a las siguientes especificaciones.

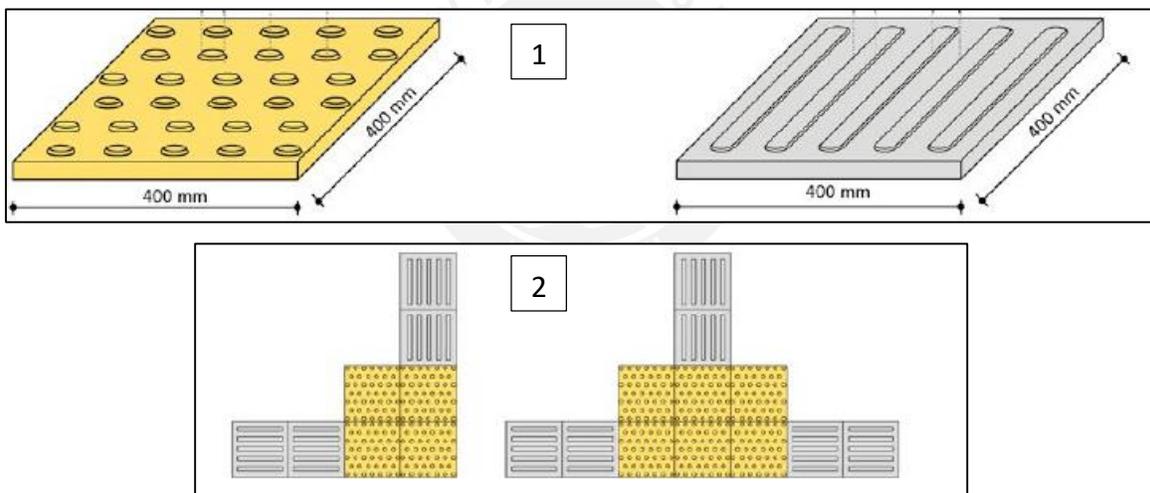


Figura 6. 24 - Características de los podó táctiles: 1) Geometría. 2) Distribución.

Tomado del Manual de diseño urbano de la ciudad de Buenos Aires (Ministerio de Desarrollo Urbano, 2015)

Como se puede ver, este manual no toma en consideración las franjas de advertencia, por lo cual se diseña el sistema de encaminamiento tomando en consideración los tipos de podó táctil del sistema de Madrid, y las dimensiones y distribución del sistema de Buenos Aires, teniendo como resultado el siguiente sistema de encaminamiento.

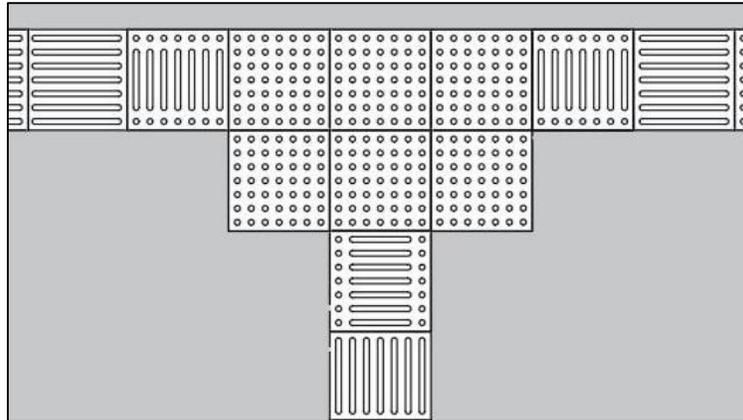


Figura 6. 25 - Sistema de encaminamiento empleado
Elaboración propia

El sistema de encaminamiento posee una desviación junto al estacionamiento preferencial debido a la presencia del espacio de salida de personas con discapacidad. Para ello, se utilizan cambios de dirección con ángulos de 45°. Esto permite continuar el sistema sin necesidad del uso de rosetas o franjas de advertencia (Consejería de Medio Ambiente, Vivienda y Ordenación del Territorio de Madrid, S/F). Esto se puede apreciar en la imagen a continuación:

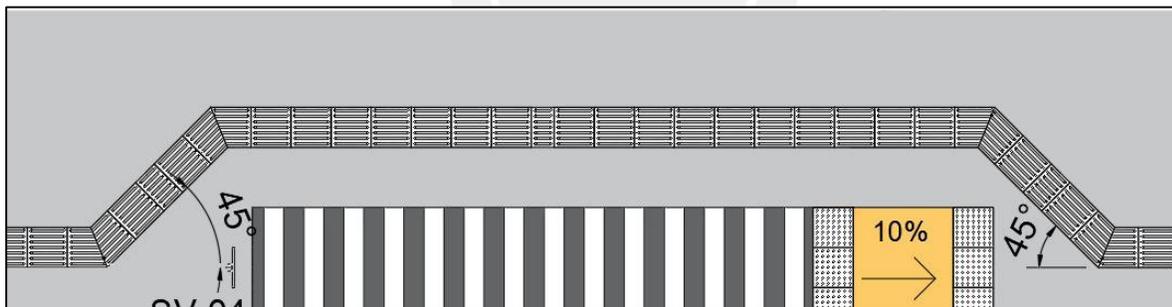


Figura 6. 26 - Cambio de dirección sin roseta ni franjas de advertencia
Elaboración Propia

Cabe mencionar que el sistema de encaminamiento propuesto posee una coloración naranja, de tal manera que este resalte sobre la vereda, como se puede ver en la Figura 6. 23. La distribución de las botonaduras y franjas se realiza siguiendo la norma ISO 23599 (2012), sobre productos de ayuda a personas invidentes o con problemas visuales. Por ello las botonaduras tienen un diámetro de 2.2 cm y una separación de 5.5 cm entre sus centros. Esto permite que los peatones con discapacidades visuales sientan las botonaduras usando sus pies.

8. Instalación de señalamiento vertical

Como se pudo observar en el estudio de seguridad vial, no existe señalamiento vertical en la avenida Bolívar en las zonas cercanas al mercado. Por esto se plantea la colocación de 5 tipos de señales cuyas dimensiones se encuentran en la sección de anexos. Estas son las siguientes:

- SV-01: Señal de proximidad de reductor de velocidad trapezoidal.
- SV-02: Señal de ubicación de reductor de velocidad trapezoidal.
- SV-03: Señal de permitido estacionar.
- SV-04: Señal de estacionamiento preferencial.
- SV-05: Señal de velocidad máxima de 30 km/h.

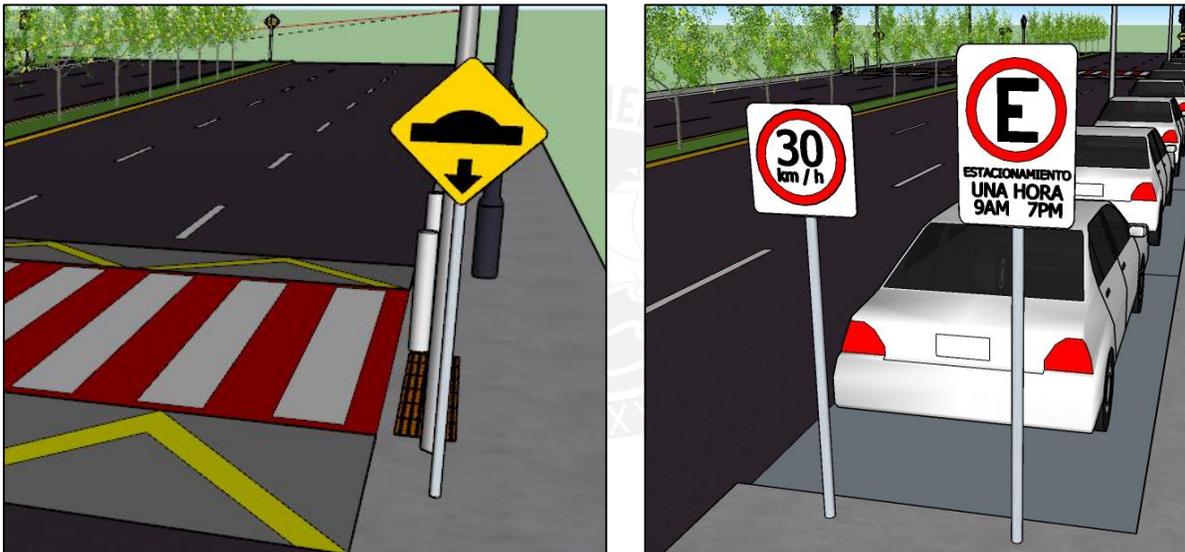


Figura 6. 27 - Ejemplo de señales verticales utilizadas
Elaboración Propia

Estas se ubican a una distancia lateral mínima de 0.60 m del borde de la calzada y tienen una altura mínima de 2.0 m. con respecto a su lado más bajo (MTC, 2016). Las dimensiones de las señales SV-01, SV-02, SV-03 y SV-05 se elaboran en conformidad con las especificaciones del MTC (2016). Con las señales SV-01 y SV-02 se busca evitar accidentes, ya que en ciertas ocasiones los conductores no se dan cuenta de los cruces elevados y los pasan a velocidades altas haciendo que sus vehículos se separen del suelo. Esto puede hacer que las personas dentro de los vehículos

sufran accidentes al momento que estos retornan al nivel de la pista. Por otro lado, la señal SV-03 informa que los estacionamientos tienen un tiempo máximo de uso, dentro de un determinado horario (9 am a 7 pm). Este espacio de tiempo coincide con el horario de funcionamiento del mercado Bolívar. La señal SV-04 se diseña en conformidad con las especificaciones de la norma A.120 (MVCS, 2019). Además, se incorpora un cuadro de especificación sobre la sanción producto del incorrecto uso de este espacio, en conformidad con la ley 28084 (Congreso de la República, 2003). Finalmente, para la señal SV-05 la velocidad máxima se calcula en 30 km/h en base al Reglamento Nacional de Tránsito (MTC, 2018), el cual dice que para zonas escolares la velocidad de marcha vehicular no debe exceder de dicho valor. Se considera a la zona del cruce peatonal una zona escolar debido a su proximidad con el colegio Sor Angela Lecca en la calle Sevilla (a menos de una cuadra del mercado Bolívar).

6.2.2.1 Evaluación de propuestas de mejora de *comfort* peatonal

Para evaluar los beneficios de las propuestas de mejora planteadas, se elabora un cuadro comparativo basado en los criterios de calidad del espacio público de Jan Gehl. En este se califican los criterios que cumple tanto el estado actual del diseño de la entrada al mercado Bolívar, como la propuesta de mejora en base a un sistema de puntos. Cada criterio se calcula en base a una puntuación de 0 a 4 donde cada puntuación significa lo siguiente:

Tabla 6. 12 - Criterios de evaluación de criterios de calidad del espacio público

Calificación	Requerimientos
0	No cumple el criterio
1	Cumple por lo menos 1 aspecto del criterio
2	Cumple por lo menos la mitad de los aspectos del criterio
3	Cumple todos los aspectos del criterio

Los aspectos de cada criterio se basan en lo mostrado en la Figura 6. 6. Entonces, se halla lo siguiente:

Tabla 6. 13 - Criterios de calidad cumplidos por cada diseño

	Criterios de Calidad de Jan Gehl	Estado actual	Propuesta de mejora
Protección	Del tránsito y los accidentes	1	3
	Del crimen y la violencia	0	1
	De las molestas experiencias sensoriales	0	2
Comfort - oportunidades	Para caminar	1	3
	Para permanecer	0	1
	Para sentarse	0	2
	Para mirar	0	2
	Para hablar y escucharse	1	2
	Para jugar y hacer ejercicio	0	1
Placer	Escala adecuada	3	3
	Oportunidades para mirar	0	2
	Oportunidades para disfrutar el clima	0	2
Total		6	24

Se observa que la propuesta de mejora cumple con más criterios, por lo cual esta opción es aquella que permite al peatón tener una experiencia más agradable al visitar el mercado Bolívar. Para verificar si las propuestas de mejora coinciden con la opinión de los usuarios del mercado Bolívar, se realizaron entrevistas sobre la situación actual de la entrada al mercado, donde además se les mostró a los entrevistados las propuestas planteadas. Las preguntas que conforman la entrevista son las siguientes:

1. ¿Le gustaría que el mercado contase con lugares donde sentarse?
2. ¿Considera usted que el mercado Bolívar es una zona peligrosa durante la noche?
3. Si la respuesta fue sí, ¿por qué?
4. ¿Cree usted que la entrada del mercado cuenta con la sombra necesaria para proteger a sus usuarios durante el verano?
5. ¿Está usted conforme con el diseño del cruce peatonal de la av. Bolívar?
6. ¿Qué modificaciones haría usted a la entrada del mercado?
7. ¿Estaría usted de acuerdo con las propuestas planteadas? (En referencia a las planteadas en la presente tesis)

Se entrevistó a 20 personas en la entrada del mercado Bolívar y las respuestas obtenidas son las siguientes:

Tabla 6. 14 - Resultados de entrevistas en mercado

N°	Preguntas						
	1	2	3	4	5	6	7
1	Sí	Sí	Es desolado - cierra temprano	+/-	-	Rampas y agrandar veredas	Sí
2	Sí	Sí	Es obscuro	No	No	Mayor vigilancia y mejores semáforos	Sí
3	No	Sí	Delincuencia actual	No	Sí	Ninguna	No
4	Sí	No	-	Sí	No	Más atractivos visuales	Sí
5	Sí	No	-	No	No	Mayor iluminación, marcar líneas y empadronar ambulantes	Sí
6	Sí	-	Poca iluminación	No	No	Toldo para sombras	Sí
7	Sí	-	-	No	Sí	Mayor iluminación	Sí
8	Sí	Sí	Falta iluminación y vigilancia	No	Sí	Señalización, mejores rampas e iluminación	Sí
9	-	Sí	No hay seguridad	No	Sí	Cambiar semáforo y reubicar ambulantes	Sí
10	Sí	No	-	Sí	No	Mayor iluminación	Sí
11	Sí	Sí	No hay seguridad	No	Sí	Mejores rampas, fachada y señalización	Sí
12	Sí	Sí	No hay seguridad	No	-	Áreas verdes	Sí
13	Sí	No	-	No	No	Retirar ambulantes, más sombra y más higiene	Sí
14	-	No	-	No	No	Sombra	Sí
15	-	No	-	No	No	Rampa y control de ambulantes	Sí
16	Sí	No	Es obscuro	No	No	Mejores rampas, escaleras y piso	Sí
17	Sí	Sí	Es obscuro	No	No	Mayor iluminación, mejor fachada y señalización y controlar ambulantes	Sí
18	No	Sí	Es obscuro	No	No	Ninguna	Sí (no asientos)
19	Sí	No	-	No	No	Más iluminación y sombra	Sí
20	Sí	No	-	No	No	Menos ambulantes	Sí

La mayoría de personas entrevistadas están de acuerdo en que les gustaría que el mercado contase con bancas. Les agrada esta idea ya que así podrían tener un lugar donde descansar al salir con sus compras y acomodarlas en caso sea necesario. En cuanto a la seguridad del mercado las opiniones están divididas, ya que 9 consideran que sí es seguro y otros 9 que no. Los que responden “No”

comentan que no lo consideran peligroso pues no suelen pasar por dicha zona en la noche, ya que el mercado cierra temprano. Además, tanto los que contestan que el mercado es una zona peligrosa durante la noche como los que no, coinciden en que este no cuenta con buena iluminación, lo cual está directamente ligado a la seguridad.

En cuanto al control de los efectos térmicos sobre las personas, casi la totalidad de encuestados coinciden en que la entrada del mercado no ofrece a los usuarios medios de protección contra los rayos solares. Del mismo modo, coinciden en su disconformidad en cuanto al diseño del cruce peatonal. Estos consideran que dicho diseño genera atoros al medio y no toma en consideración las necesidades de peatones mayores de edad o con discapacidad.

En cuanto a qué modificaciones harían los entrevistados al diseño de la entrada del mercado, se puede ver que estos coinciden en que este necesita mejorar en 7 aspectos:

- Controlar el comercio ambulante
- Aumentar la iluminación nocturna y la vigilancia
- Mejorar las rampas
- Colocar algún dispositivo de protección solar (sombra)
- Implementar señalización
- Modificar el semáforo
- Mejorar las fachadas y hacer más visualmente atractivo al mercado

Se puede ver que las modificaciones sugeridas por los encuestados coinciden casi en su totalidad con las propuestas previamente explicadas. Motivo por el cual se observa que en la última pregunta de la entrevista 19 de los 20 entrevistados están de acuerdo con las propuestas de mejora.

6.3 Plano de propuesta de mejora

Finalmente, en los anexos se muestra el plano de propuestas de mejora general.

Capítulo 7: Conclusiones y comentarios

En base a las investigaciones, modelos, propuestas de mejora y pruebas realizadas se concluye que se logró elaborar un modelo de micro simulación que genera un aporte positivo al transporte peatonal en la entrada del mercado Bolívar. Se generó un beneficio tanto a nivel de flujo como en cuanto a *comfort*, teniendo en cuenta las necesidades y características de desplazamiento peatonal. Estas fueron incorporadas en las distintas etapas del presente proyecto, como son la investigación, modelación y elaboración de propuestas de mejora.

Conclusión del objetivo 1

En cuanto al primer objetivo, sobre el comportamiento peatonal en el mercado Bolívar, se encontró que el flujo en este espacio presenta las siguientes características:

- Se puede clasificar a los peatones en 5 tipos: Sin carga, con bolsas, con carrito de compras, con niños y en parejas.

Esta clasificación se basa en características que varían para cada tipo de peatón como la velocidad y sus dimensiones. Cabe resaltar que el peatón con carrito de compras es un tipo de peatón que no se suele encontrar fácilmente en otros lugares públicos. Esto debido a la función del carrito, la cual está íntimamente relacionada con la labor de realizar compras.

- Mientras más elementos porta un peatón o más peatones viajan juntos, la velocidad de desplazamiento es menor.

Se encontró que la velocidad de los peatones sin carga alcanza un valor promedio de 1.04 m/s; mientras que, la de los que llevan bolsas, llevan carritos, viajan con niños o viajan en parejas, es de 0.91m/s aproximadamente. Por lo cual se deduce que la velocidad y la cantidad de objetos que porta un peatón (o el número de personas que viajan juntas), se relacionan de manera inversamente

proporcional.

- La velocidad peatonal promedio en el mercado es lenta.

Esta tiene un valor promedio de 1.00 m/s para el primer aforo y 0.99 m/s para el segundo. Esta velocidad resulta cercana al valor promedio de velocidad de caminata de los adultos mayores en Lima, que es de $0,92 \pm 0,24$ m/s (Varela, Ortiz y Chaves, 2009). Por lo tanto, se concluye que los peatones caminan pausadamente, ya sea por la carga que portan o por las oportunidades de interacción con el espacio que el mercado les brinda. Esto podría significar que los peatones no ven al mercado como un lugar exclusivamente de movilidad rápida, si no como un lugar en el cual pueden encontrar otro tipo de actividades, por lo cual viajan lento para poder formar parte de ellas.

- El comportamiento peatonal difiere cuando el flujo es alto o bajo.

Para flujos bajos, la interacción entre peatones se rige por normas que se podrían considerar como convenciones sociales implícitas relacionadas con el acto de ceder el paso. Entonces, al encontrarse las líneas de flujo (líneas que describen el recorrido de una persona) de dos peatones, aquel que desvía su curso es aquel que lleva una carga menor. Este comportamiento se podría deber a la baja velocidad de los peatones. De esta manera, estos tienen un mayor tiempo de reacción que les permite identificar a las personas que se encuentran en su camino y desviar su dirección.

Por otro lado, cuando el flujo es alto, el ceder el paso se vuelve más complejo. Mientras más personas se encuentran viajando en un mismo sentido, mayor es el sentido de movimiento colectivo, lo que implica pensar como un grupo y no de manera individual. Esto tiene como efecto que los peatones no se enfoquen en ceder el paso a algún peatón que viaja en sentido contrario. Además, los momentos de flujo alto difieren cuando este se origina al inicio del corredor o en la entrada del mercado. De estos, el flujo es más ordenado para el segundo caso.

Este comportamiento influye en la determinación del espacio que se destina para el desplazamiento peatonal. Mientras menor sea el espacio, serán necesarios menos peatones para que estos empiecen a tener la tendencia a moverse como un grupo y cedan menos el paso a aquellos que van en sentido contrario. Por ello resulta importante proveer de un ancho suficientemente grande a los espacios de flujo peatonal.

- El desplazamiento de los peatones se ve fuertemente afectado por la alta presencia de vendedores ambulantes que ocupan gran parte del espacio disponible.

Otro factor importante que se encontró para el caso del mercado Bolívar fue la presencia de vendedores ambulantes. Estos provocan que los peatones se detengan e interrumpen el flujo de aquellos que no lo hacen. Además, estos pueden llegar a ocupar grandes porcentajes del ancho disponible de un espacio de tránsito peatonal (50% para el caso de la entrada al mercado Bolívar). Resulta necesario que las autoridades regulen el espacio que los vendedores ocupan de tal modo que no impidan el desplazamiento peatonal. Por ello una de las propuestas de mejora fue reacomodar a los vendedores ambulantes ubicados en el corredor principal de entrada al mercado.

De manera general, se concluye que las características de desplazamiento peatonal en la entrada del mercado Bolívar están relacionadas con las actividades que en este se desarrollan. En base a esto, se puede inferir que las actividades que se llevan a cabo en un espacio tienen un efecto en el flujo peatonal local. Esto hace que el flujo peatonal tenga propiedades distintas en diversos escenarios. Por ejemplo, si se evalúa el desplazamiento peatonal en una avenida de una zona empresarial, este será bastante rápido y continuo pues no existen elementos que hagan a los peatones detenerse. Por otro lado, si se analiza el desplazamiento en lugares que ofrecen muchas oportunidades de actividades estáticas (mercado, centros comerciales, etc.) este será más lento y

la interacción entre peatones será mayor. Por ello, al diseñar un espacio con una alta presencia de elementos que atraen la atención de los peatones, se debería considerar dar un margen extra al ancho de los pasadizos o veredas. De esta manera los peatones que mantienen un flujo constante no se ven afectados por aquellos que se detienen.

Conclusiones objetivo 2

En cuanto a la modelación en VisWalk 8, se encontró que, de los parámetros de comportamiento peatonal, aquel que tenía un mayor efecto en la calibración del flujo peatonal era el valor de Tau. Este se define como el tiempo de respuesta que experimenta cada peatón cuando se encuentra por debajo de su velocidad deseada. Este tiene un mayor efecto para el caso de las zonas en las que los peatones encuentran una elevada presencia de obstáculos. Mientras más obstáculos encuentre un peatón, este se alejará más de su velocidad deseada y para llevarlo a esta de una manera rápida, se necesita un bajo valor de Tau para que su respuesta sea más rápida. Es por esto que dicho parámetro tiene gran importancia en la simulación del flujo en el mercado, ya que en este los peatones encuentran muchos obstáculos en su camino. Para el caso de la simulación del mercado Bolívar se le asignó un valor muy bajo de 0.05, de tal manera que los peatones pudiesen reaccionar rápidamente cuando estaban viajando lento.

Por otro lado, para poder representar mejor lo observado en campo fue necesario el uso de más parámetros de comportamiento peatonal que los convencionales. Si bien los parámetros Lambda, Tau y Noise son muy útiles al momento de realizar la calibración y validación, existen 6 parámetros más que generan un impacto significativo en la interacción entre peatones. Para el caso del mercado, los peatones tenían la tendencia a cederse el paso, lo cual no podía ser ignorado en la simulación. Por ello se utilizó el parámetro de comportamiento peatonal ASocMean. Este permitía simular efectivamente que los peatones cedan el paso, de tal manera que aquel que posee

un mayor valor de este coeficiente, tiende a ceder más el paso, pues recibe una mayor fuerza de repulsión por parte de los peatones que lo rodean. Por este motivo, se asignó un valor alto de ASocMean a los peatones sin carga porque suelen ceder el paso, y uno muy bajo a los que viajaban con niños y en pareja puesto que no suelen ceder el paso. Entonces se concluye que para una mejor simulación es importante considerar el uso de estos parámetros no convencionales pues permiten mejorar la interacción entre los peatones, en caso sea conveniente.

En cuanto a la simulación de los tipos de peatones en VisWalk 8, se halló que para reflejar sus dimensiones se podía modificar los modelos 3D existentes. Para el caso de los peatones con carros de compras, estos pueden ser simulado usando un modelo de una persona con un niño, variando el ancho de este. Sin embargo, esta simplificación del modelamiento es limitada ya que existe un factor que no se puede modificar directamente en dicho programa, que es el área de influencia. Una persona que viaja detrás de una persona con un carrito de compras va a dejar un espacio libre mayor al que dejaría cuando viaja detrás de un peatón sin carga. Esto tiene influencia en el desplazamiento de los peatones que se desplazan detrás de este tipo de peatón. Lamentablemente, en la versión del programa utilizada no se puede modificar el área de influencia. Por esto, resulta necesario el mejoramiento del software para poder implementar dicha variable y así poder asemejar más los modelos a la realidad observada. Una modelación precisa permite evaluar con mayor eficacia los beneficios de las propuestas de mejora.

Conclusiones del objetivo 3:

En cuanto al diseño de la entrada al mercado Bolívar, se encontró que no se adapta a las diversas necesidades peatonales. La rampa de acceso cuenta con una pendiente de 18%, lo cual es muy elevado. Del mismo modo, las veredas paralelas a la avenida Bolívar no toman en cuenta las necesidades o seguridad de los peatones. Una de estas posee una forma dentada que genera gran

cantidad de conflictos entre peatones; mientras que, la otra genera una zona compartida entre vehículos y peatones, aumentando el riesgo de ocurrencia de accidentes. La ubicación de los estacionamientos resulta inconveniente, además que estos ocupan más del 50% del espacio disponible. Del mismo modo, el cruce de la avenida Bolívar posee un diseño que genera muchos conflictos en su isla peatonal, haciendo que a veces los peatones tengan que esperar en la pista para poder entrar a esta. En base a esto se concluye que el mercado requiere de un rediseño que considere la seguridad, comodidad y libre desplazamiento peatonal.

En base a esto, las propuestas de diseño previamente explicadas permiten mejorar la experiencia de los peatones en la entrada del mercado Bolívar en base a distintos criterios. En primer lugar, se dio una mejora en cuanto al flujo. Para ello las propuestas de reubicar a los vendedores ambulantes, y separar la entrada en 2 puertas permiten obtener un flujo más libre. Esto se observa en los valores de densidad que se redujeron considerablemente, como en el caso de la entrada al corredor. En este espacio se logró reducir a la tercera parte la densidad, lo que significa que en la propuesta de mejora los peatones pueden viajar más libremente. Del mismo modo, los tiempos de viaje fueron mejorados haciendo que los peatones solo se detuviesen a comprar a los ambulantes al momento de salir del mercado. Gracias a esto se logró reducir en 8 segundos el tiempo de viaje de aquellos peatones que se dirigen al mercado y se aumentó en 5 segundos el de aquellos que salen de este. La propuesta del cruce peatonal logró reducir tanto el tiempo de espera como los tiempos de cruce de la intersección y de permanencia en la isla peatonal. Para todos los casos se logró una reducción de tiempo entre 3 y 5 segundos, que dependiendo del criterio analizado significaba mejoras que iban desde el 15% hasta el 50% del tiempo en el estado actual.

En cuanto al *comfort* se encontró que las 8 propuestas planteadas en esta tesis cumplen con una mayor cantidad de criterios de calidad del espacio público de Jan Gehl que el estado actual.

Entonces, estas permiten a los peatones tener una experiencia más agradable al transitar por la entrada del mercado Bolívar. Del mismo modo, se halló que las propuestas de mejoras estaban de acuerdo con la opinión pública sobre los cambios que debería tener el mercado Bolívar en cuanto a su diseño. Por lo tanto, se concluye que se logró desarrollar una serie de propuestas de mejora de la distribución del mercado que se adecúan a las necesidades de sus usuarios.

Recomendaciones

Para la realización de aforos peatonales o vehiculares, resulta muy importante el uso de equipos de filmación. Si bien el conteo manual es un método completamente válido, no brinda los mismos beneficios que el conteo con equipos de filmación. El conteo manual permite la realización de un único análisis en el momento que se da el registro. Por otro lado, el conteo en base a filmaciones permite realizar múltiples análisis de un mismo registro, reduciendo la posibilidad de cometer errores. Por ello se sugiere que cuando se grabe, se busque un espacio lo suficientemente alto como para abarcar toda el área analizada. La vista debe estar completamente despejada de tal manera que la visión de ninguna zona de tránsito peatonal sea bloqueada por un cartel o algún objeto similar. Para dicha labor se pueden utilizar drones de filmación que permiten obtener mejores tomas.

Para el desarrollo de las propuestas se debe tomar en cuenta la opinión de los usuarios del espacio público. Esto permite realizar propuestas que se ajustan más a las necesidades de los usuarios. La información que uno personalmente recopila en campo carece de la percepción que los distintos tipos de usuarios del espacio público pueden tener. Esto debido a que los usuarios asisten o han asistido en múltiples ocasiones al espacio analizado y conocen a fondo las características, ventajas y desventajas de este. Del mismo modo, la manera como una persona percibe un espacio no es la

misma manera en que todos la perciben. Una persona adulta mayor podrá detectar con mayor facilidad los problemas de accesibilidad que un espacio posee, puesto que los experimenta de primera mano. Por ello cuando se realicen entrevistas debe intentarse abarcar un público variado, de tal manera que se tome en consideración la opinión del público en general.

En cuanto a la simulación se sugiere el uso de los parámetros de comportamiento peatonal no convencionales, puesto que estos permiten reflejar otros aspectos del flujo peatonal que los convencionales no pueden hacer. Para el modelamiento de espacios peatonales (veredas, corredores, etc.) en VisWalk se puede usar tanto links como áreas peatonales. De estos 2 métodos se sugiere utilizar las áreas peatonales para todos los espacios, a excepción de los cruces peatonales. Esto debido a que en los links no se pueden colocar áreas de medición, limitando la evaluación de propuestas de mejora.

En cuanto al planteamiento de propuestas de mejora, se sugiere no limitarse al uso de las normas de diseño nacionales. Esto debido a que en el Perú aún nos encontramos atrasados en cuanto al tema de la accesibilidad y diseño universal. Por esto se recomienda el uso de manuales y normas de diseño de países con mayores avances en diseño inclusivo, de tal manera que se puedan plantear mejores espacios públicos. Un ejemplo de ello es el uso de podo táctiles, para los cuales la norma A.120 solo menciona 3 casos de uso. Por ello se recomienda el uso de normas de países como España, cuya Consejería de medio ambiente, vivienda y ordenación del territorio tiene un manual sobre el correcto uso e instalación de sistemas de encaminamiento. En cuanto a la evaluación de las propuestas de mejora de *comfort* peatonal, estas no pueden ser directamente analizadas por métodos cuantitativos. Sin embargo, parámetros como la densidad nos permiten evaluar indirectamente este tipo de propuestas. A menor valor de este, menos peatones viajan juntos haciendo que estos se sientan más cómodos pues pueden desplazarse libremente. Sin embargo,

este valor tampoco debe ser muy bajo, ya que al haber muy pocos peatones la sensación de inseguridad puede aumentar.

Se recomienda que, al realizar propuestas de mejora, no solo se busque mejorar el flujo peatonal, centrándose únicamente en aumentar la velocidad de los peatones o reducir los tiempos de viaje. El espacio público no debería ser un espacio de simple tránsito, si no un lugar donde la vida se puede llevar a cabo de manera cómoda. Por ello se sugiere tomar siempre en consideración el *comfort* peatonal para así hacer más atrayente al espacio público. Eso logrará motivar a las personas a salir más de sus hogares, haciendo la vida de las personas más activas, lo cual puede inclusive llegar a tener un impacto positivo en la salud pública.

Todo lugar público debería permitir a la totalidad de las personas realizar las tareas que estos requieren para el cumplimiento de sus metas y objetivos personales. Por ello es deber de las personas encargadas del diseño del espacio público el proveer la infraestructura que permita que esto suceda. De esta manera este espacio realmente se vuelve público, permitiendo a todos acceder a este libremente y sin ningún tipo de limitaciones.

Referencias bibliográficas

Burton, E. y Mitchell, L. (2006). *Inclusive Urban Design: Streets for life*. Oxford, Inglaterra:

Elsevier.

Cabrera, F. (2018). *Fundamentos de la micro simulación*. Material del curso *Gestión del Tránsito*.

Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.

Cabrera, F. (2018). *Diseño en zonas urbanas*. Material del curso *Gestión del Tránsito*. Lima:

Pontificia Universidad Católica del Perú.

CEEDIS (2004). *Discapacidad y Accesibilidad*. Recuperado de

<http://www4.congreso.gob.pe/comisiones/2002/discapacidad/areas-estudio/Estudio-accesibilidad.pdf>

Cobo, B. (1882). *Historia de la Fundación de Lima*. Lima, Perú: Imprenta Liberal.

CONASET (2003). *Guía para realizar una auditoría de seguridad vial*. Recuperado de

<https://www.conaset.cl/wp-content/uploads/2016/01/Guia-Auditoria-de-Seguridad.pdf>

Congreso de la República (2003). *Ley 28084: Ley que regula el parqueo especial para vehículos*

ocupados por personas con discapacidad. Recuperado de

<http://www4.congreso.gob.pe/comisiones/2002/discapacidad/leyes/28084.htm>

Consejería de Medio Ambiente, Vivienda y Ordenación del Territorio (S/F). *Guía técnica para la*

instalación de sistemas de encaminamiento en las infraestructuras de transporte

público en la comunidad de Madrid. Recuperado de

<http://www.madrid.org/cs/Satellite?blobcol=urldata&blobheader=application%2Fpdf&b>

lobheadername1=Content-
disposition&blobheadername2=cadena&blobheadervalue1=filename%3D%20GU%20C3%8D
A+T%20C3%89CNICA+PARA+LA+INSTALACI%20C3%93N+DE+SISTEMAS+DE+EN
CAMINAMIENTO+EN+EL+TRANSPORTE+versi%20C3%B3n+2.0.pdf&blobheader
value2=language%3Des%26site%3DCASB&blobkey=id&blobservice=MungoBlobs&blo
bwhere=1352875309879&ssbinary=true

Dérive Lab (2015). *Calles compartidas*. Recuperado de http://derivelab.org/wp-content/uploads/2017/11/CallesCompartidasv1.0_low.compressed.pdf

De la Rubia, A. (2013). *La Zancada Paso a Paso*. Extraído de:
<https://podologiadeportiva.wordpress.com/2014/01/20/la-zancada-paso-a-paso/>

Dextre, J. y Avellaneda, P. (2014). *Movilidad en Zonas Urbanas*. Lima, Perú: Fondo Editorial PUCP.

El Comercio (2016). *Lima planea 29 proyectos viales, pero solo 3 obras para peatones*. Recuperado de <https://elcomercio.pe/lima/lima-planea-29-proyectos-viales-3-obras-peatones-260521-noticia/>

FHWA (2006). *Walkways, Sidewalks and Public Spaces*. Recuperado de <https://www.fhwa.dot.gov/publications/research/safety/pedbike/05085/pdf/lesson9lo.pdf>

FHWA (2004). *Traffic Analysis Toolbox Volume III: Guidelines for Applying Traffic Microsimulation Modeling Software*. Recuperado de:
https://ops.fhwa.dot.gov/trafficanalysistools/tat_vol3/vol3_guidelines.pdf

Gehl, J. (2014). *Ciudades para la gente*. Buenos Aires, Argentina: Infinito

Gehl Institute (2017). *Using Public Life Tools: The complete Guide*. Recuperado de:

https://gehlinstitute.org/wp-content/uploads/2017/08/PL_Complete_Guide.pdf

Gerencia Municipal de Urbanismo del Ayuntamiento de Madrid (2000). *Instrucción de Vía Pública*.

Recuperado de

http://www.carreteros.org/normativa/travesias/pdfs/ccaa_pdf/ivp_ay_madrid.pdf

Huerta, J. (2007) *Discapacidad y diseño accesible*. Recuperado de

http://repositoriocdpd.net:8080/bitstream/handle/123456789/249/L_HuertaPeraltaJ_DiscapacidadDisenoAccesible_2007.pdf?sequence=1

INDISA (2012). *El mercado municipal cumple la función de encuentro social*. Recuperado de

<https://www.indisa.es/al-dia/mercado-municipal-cumple-funcion-encuentro-social>

ISO (2012). *Assistive products for blind and vision-impaired persons – Tactile walking surface*

indicators. Recuperado de <https://www.sis.se/api/document/preview/914481/>

ITF (2012). *Pedestrian Safety, Urban Space and Health, OECD Publishing*. Recuperado de

<http://dx.doi.org/10.1787/9789282103654-en>

Järvinen, T., Sievänen, H., Khan, K., Heinonen, A. y Kannus, P. (2008). *Shifting the focus in*

fracture prevention from osteoporosis to falls. Doi: 10.1136/bmj.39428.470752.AD

Kitto, H. (1951). *The Greeks*. Penguin books.

Lima Cómo Vamos (2018). *Encuesta Lima Como Vamos: IX informe de percepción de calidad de vida en Lima y Callao*. Recuperado de <http://www.limacomovamos.org/cm/wp-content/uploads/2018/12/EncuestaLima ComoVamos2018.pdf>

Maguiña, M. (2015). *Resumen de Variables*. Material del curso *Estadística para Ingeniería*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.

Ministerio de Desarrollo Urbano (2015). *Manual de diseño urbano*. Recuperado de https://www.buenosaires.gob.ar/sites/gcaba/files/manual_de_diseno_urbano_-_gcba_ago-2015_0.pdf

Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2008). *Guía de educación en seguridad vial*. Recuperado de <https://www.mtc.gob.pe/cnsv/documentos/Guia%20Ed.Vial%20Primaria.pdf>

Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2018). *Reglamento Nacional de Tránsito*. Recuperado de <http://www.sutran.gob.pe/wp-content/uploads/2018/09/C%C3%B3digo-de-Tr%C3%A1nsito-Spij-.pdf>

Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2016). *Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor en Calles y Carreteras*. Recuperado de http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/normas_legales/1_0_3730.pdf

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2014). *Norma A.010 Condiciones Generales de Diseño*. Recuperado de <http://www.construccion.org/normas/rne2012/rne2006.htm>

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2019). *Norma A.120 Accesibilidad universal en edificaciones*. Recuperado de

<https://busquedas.elperuano.pe/download/url/modificacion-de-la-norma-tecnica-a120-accesibilidad-univer-resolucion-ministerial-no-072-2019-vivienda-1745938-1>

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2014) *Norma CE.030 Obras especiales y complementarias*. Recuperado de

<http://www3.vivienda.gob.pe/dnc/archivos/normas/norma-ce-030-obras-especiales-y-complementarias.pdf>

Municipalidad de Pueblo Libre (2018). *Ordenanza que regula la Tasa por Estacionamiento Vehicular en el distrito de Pueblo Libre*. Recuperado de

<https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/ordenanza-que-regula-la-tasa-por-estacionamiento-vehicular-e-ordenanza-no-480-mpl-1467903-1/>

Municipalidad de San Isidro (2016). *Manual de mobiliario urbano*. Recuperado de

http://msi.gob.pe/portal/wp-content/uploads/2016/03/Manual-de-Mobiliario-Urbano_MMU.pdf

NACTO (S/F). *Urban Street Design*. Recuperado de <https://nacto.org/publication/urban-street-design-guide/street-design-elements/sidewalks/>

Passmore, C. (2015). *Models*. En: Gunstone R. (eds) *Encyclopedia of Science Education*.

Springer, Dordrecht. Doi: https://doi.org.ezproxybib.pucp.edu.pe/10.1007/978-94-007-2150-0_265

PTV Group (2015). PTV Viswalk (Versión 8) [Software de cómputo]. Karlsruhe, Alemania. PTV.

- QingMei, H., WeiNing, F., YuQuan, J., Ye, D. (2009). *The simulation and analysis of pedestrian crowd and behaviour*. Doi: 10.1007/s11431-008-0211-9
- Quintero, J. (2017). *Del concepto de ingeniería de tránsito al de movilidad urbana sostenible*. Doi: 10.11144/javieriana.ayd-40.citm
- Schrogl, K., Mathieu, C. y Lukaszczyk, A. (2009). *Threats, Risk and Sustainability – Answers by space*. SpringerWienNewYork
- Universidad Virtual del Tecnológico de Monterrey (2005). *Metodología para llevar a cabo una encuesta*. Recuperado de:
http://www.cca.org.mx/funcionarios/cursos/ap066/material/m2met_enc.pdf
- Varela, P., Ortiz, P., Chávez, H. (2009). *Velocidad de la marcha en adultos mayores de la comunidad en Lima, Perú*. Recuperado de:
http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1018-130X2009000300003
- Varna, G. (2014). *Measuring Public Space: The Star Model*. Doi: 1774183
- Wenbo, M., Yarlagadda, P. (2014). *Pedestrian Dynamics in real and Simulated World*. Doi: 10.1061/(ASCE)UP.1943-5444.0000232.

ANEXOS

A. Aforo peatonal 1 - Calibración

Tabla A.1 Registros de flujo peatonal que parte del punto 1

Periodo	De 1 a 2	De 1 a 3	De 1 a 4	De 1 a 5	De 1 a 6
10:05-10:10 am	8	7	16	3	19
10:10-10:15 am	8	1	8	0	20
10:15-10:20 am	7	5	8	10	11
10:20-10:25 am	10	6	15	1	16
10:25-10:30 am	14	8	8	3	18
10:30-10:35 am	19	4	15	7	11
10:35-10:40 am	6	8	17	6	11
10:40-10:45 am	14	5	11	7	13
10:45-10:50 am	13	5	26	8	12
10:50-10:55 am	10	4	16	10	15
10:55-11:00 am	14	8	15	5	18
11:00-11:05 am	11	6	14	6	15
	134	67	169	66	179

Tabla A.2 Registros de flujo peatonal que parte del punto 2

Periodo	De 2 a 1	De 2 a 3	De 2 a 4	De 2 a 5	De 2 a 6
10:05-10:10 am	5	0	4	0	0
10:10-10:15 am	0	3	1	0	3
10:15-10:20 am	10	0	1	0	2
10:20-10:25 am	11	0	2	0	1
10:25-10:30 am	6	0	2	0	3
10:30-10:35 am	5	0	5	0	1
10:35-10:40 am	5	0	1	1	1
10:40-10:45 am	7	0	4	0	2
10:45-10:50 am	9	1	1	0	6
10:50-10:55 am	9	0	0	1	2
10:55-11:00 am	11	0	1	0	1
11:00-11:05 am	7	0	2	0	2
	85	4	24	2	24

Tabla A.3 Registros de flujo peatonal que parte del punto 3

Periodo	De 3 a 1	De 3 a 2	De 3 a 4	De 3 a 5	De 3 a 6
10:05-10:10 am	4	0	0	4	2
10:10-10:15 am	10	0	0	2	1
10:15-10:20 am	9	0	0	1	4
10:20-10:25 am	11	0	2	7	1
10:25-10:30 am	15	1	1	2	1
10:30-10:35 am	6	0	0	1	1
10:35-10:40 am	11	0	0	2	0
10:40-10:45 am	4	0	2	1	2
10:45-10:50 am	9	0	0	1	1
10:50-10:55 am	2	0	0	3	1
10:55-11:00 am	4	0	3	2	2
11:00-11:05 am	8	0	1	2	2
	93	1	9	28	18

Tabla A.4 Registros de flujo peatonal que parte del punto 4

Periodo	De 4 a 1	De 4 a 2	De 4 a 3	De 4 a 5	De 4 a 6
10:05-10:10 am	17	0	0	0	0
10:10-10:15 am	9	0	0	2	2
10:15-10:20 am	18	3	0	0	0
10:20-10:25 am	13	3	0	0	0
10:25-10:30 am	21	0	1	4	0
10:30-10:35 am	17	2	2	0	0
10:35-10:40 am	22	1	0	0	0
10:40-10:45 am	25	0	0	1	1
10:45-10:50 am	8	0	0	0	0
10:50-10:55 am	15	0	2	2	1
10:55-11:00 am	18	4	0	2	3
11:00-11:05 am	17	1	1	1	1
	200	14	6	12	8

Tabla A.5 Registros de flujo peatonal que parte del punto 5

Periodo	De 5 a 1	De 5 a 2	De 5 a 3	De 5 a 4	De 5 a 6
10:05-10:10 am	9	1	2	1	0
10:10-10:15 am	8	1	4	3	0
10:15-10:20 am	8	0	3	1	0
10:20-10:25 am	15	3	3	0	1
10:25-10:30 am	18	3	3	1	1
10:30-10:35 am	16	2	3	1	0
10:35-10:40 am	15	0	2	1	0
10:40-10:45 am	5	0	2	0	0
10:45-10:50 am	9	2	2	2	0
10:50-10:55 am	7	2	1	0	0
10:55-11:00 am	5	0	0	1	0
11:00-11:05 am	12	2	3	1	0
	127	16	28	12	2

Tabla A.6 Registros de flujo peatonal que parte del punto 6

Periodo	De 6 a 1	De 6 a 2	De 6 a 3	De 6 a 4	De 6 a 5
10:05-10:10 am	16	0	1	2	0
10:10-10:15 am	17	3	0	1	0
10:15-10:20 am	13	2	0	2	0
10:20-10:25 am	14	0	0	0	0
10:25-10:30 am	9	3	0	3	0
10:30-10:35 am	15	3	1	2	0
10:35-10:40 am	22	3	2	0	0
10:40-10:45 am	20	4	0	0	0
10:45-10:50 am	23	6	0	1	1
10:50-10:55 am	18	1	0	2	0
10:55-11:00 am	18	2	2	1	0
11:00-11:05 am	17	3	1	1	0
	202	30	7	15	1

B. Matriz origen-destino de aforo peatonal 1

O/D	1	2	3	4	5	6	
1	-	134	67	169	66	179	615
2	85	-	4	24	2	24	139
3	93	1	-	9	28	18	149
4	200	14	6	-	12	8	240
5	127	16	28	12	-	2	185
6	202	30	7	15	1	-	255
	707	195	112	229	109	231	1583

C. Registros de velocidades peatonales para la calibración

Tabla C.1 Registros de velocidades de peatones sin carga

| V (m/s) |
|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 1.40 | 1.49 | 1.21 | 1.18 | 1.02 | 0.92 |
| 1.07 | 0.57 | 0.73 | 1.04 | 1.23 | 1.26 |
| 1.19 | 1.16 | 1.10 | 0.68 | 0.99 | 1.19 |
| 1.21 | 0.93 | 1.08 | 0.60 | 0.95 | 0.73 |
| 1.67 | 0.32 | 1.13 | 0.65 | 1.50 | 1.02 |
| 1.45 | 0.89 | 1.24 | 0.84 | 1.08 | 1.14 |
| 1.35 | 0.99 | 0.94 | 1.01 | 1.17 | 1.01 |
| 1.14 | 0.65 | 1.41 | 0.92 | 0.54 | 0.85 |
| 1.95 | 1.22 | 0.95 | 0.79 | 0.77 | 1.27 |
| 0.97 | 0.86 | 0.80 | 1.17 | 0.97 | 1.08 |

Tabla C.2 Registros de velocidades de peatones con bolsas

| V (m/s) |
|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 0.81 | 0.79 | 0.68 | 0.69 | 0.66 | 1.00 |
| 1.27 | 1.16 | 0.86 | 0.85 | 1.09 | 0.91 |
| 1.14 | 1.01 | 0.65 | 1.19 | 1.28 | 0.88 |
| 1.08 | 0.81 | 0.67 | 0.80 | 0.99 | 0.83 |
| 0.89 | 0.93 | 0.64 | 0.90 | 1.09 | 1.05 |

Tabla C.3 Registros de velocidades de peatones con carrito

| V (m/s) |
|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 0.96 | 0.85 | 0.63 | 0.71 | 0.76 | 0.69 |
| 0.84 | 1.44 | 0.99 | 1.10 | 0.73 | 0.95 |
| 0.87 | 0.89 | 1.09 | 0.43 | 0.92 | 0.58 |
| 0.95 | 0.46 | 0.99 | 0.98 | 0.99 | 1.05 |
| 0.93 | 0.91 | 1.12 | 0.99 | 0.49 | 0.86 |
| 0.98 | 1.05 | 1.16 | 0.77 | 0.95 | 0.99 |
| 0.91 | 0.86 | 1.07 | 0.74 | 0.85 | |

Tabla C.4 Registros de velocidades de peatones con niños

| V (m/s) |
|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 1.04 | 0.92 | 1.00 | 0.96 | 0.85 | 1.08 |
| 0.71 | 0.90 | 0.81 | 1.16 | 1.06 | 0.99 |
| 0.65 | 1.00 | 1.04 | 0.92 | 0.85 | 0.96 |
| 1.18 | 0.67 | 0.88 | | | |

Tabla C.5 Registros de velocidades de peatones en pareja

| V (m/s) |
|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 0.59 | 1.22 | 0.87 | 0.88 | 1.06 | 0.68 |
| 1.08 | 0.88 | 1.07 | 0.70 | 1.19 | 1.00 |
| 0.79 | 0.98 | 1.07 | 1.09 | 0.85 | 1.17 |
| 1.04 | 0.95 | 0.54 | 0.78 | 0.84 | 0.44 |

D. Frecuencias relativas acumuladas de velocidades de calibración

Tabla D.1 Frecuencias relativas acumuladas de velocidades de peatones sin carga

V (km/h)	Fi	V (km/h)	Fi
1.3	0.02	3.8	0.59
1.5	0.02	4.0	0.66
1.8	0.02	4.3	0.80
2.0	0.05	4.5	0.88
2.3	0.10	4.8	0.90
2.5	0.15	5.0	0.93
2.8	0.20	5.3	0.98
3.0	0.25	5.5	0.98
3.3	0.34	5.8	0.98
3.5	0.47	6.0	1.00

Figura D.1 Gráfica de frecuencias acumuladas – Peatones sin carga.

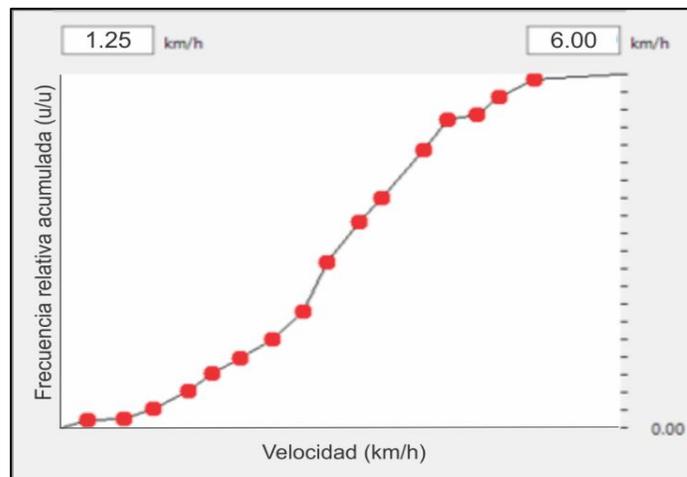


Tabla D.2 Frecuencias relativas acumuladas de velocidades de peatones con bolsas

V (km/h)	Fi	V (km/h)	Fi
2.39	0.20	3.59	0.70
2.59	0.20	3.79	0.73
2.79	0.23	3.99	0.83
2.99	0.40	4.19	0.90
3.19	0.57	4.39	0.93
3.39	0.60	4.59	1

Figura D.2 Gráfica de frecuencias acumuladas – Peatones con bolsas.

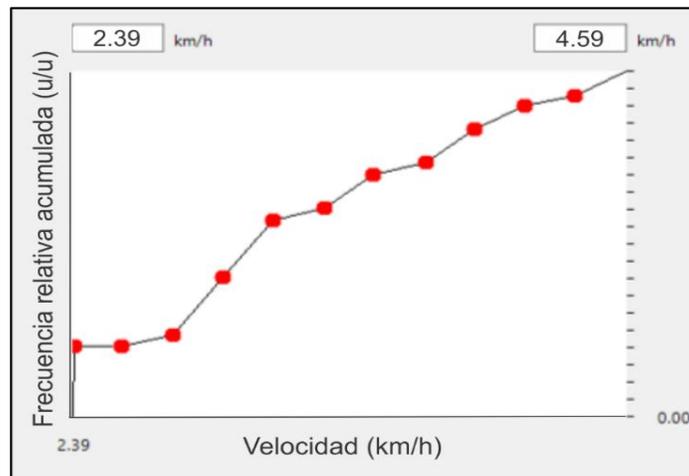


Tabla D.3 Frecuencias relativas acumuladas de velocidades de peatones con carrito

V (km/h)	Fi	V (km/h)	Fi
1.68	0.07	3.68	0.85
1.93	0.07	3.93	0.95
2.18	0.12	4.18	0.98
2.43	0.15	4.43	0.98
2.68	0.27	4.68	0.98
2.93	0.29	4.93	0.98
3.18	0.49	5.18	1.00
3.43	0.73		

Figura D.3 Gráfica de frecuencias acumuladas – Peatones con carrito

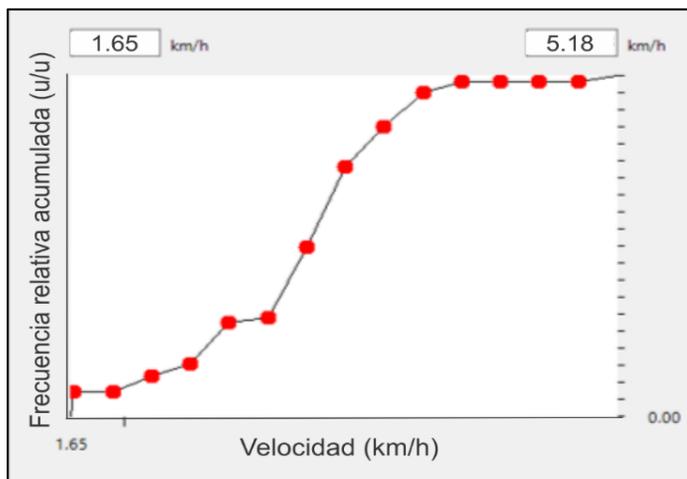


Tabla D.4 Frecuencias relativas acumuladas de velocidades de peatones con niños

V (km/h)	Fi	V (km/h)	Fi
2.38	0.10	3.43	0.57
2.53	0.14	3.58	0.71
2.68	0.14	3.73	0.81
2.83	0.14	3.88	0.90
2.98	0.19	4.03	0.90
3.13	0.33	4.18	1
3.28	0.48		

Figura D.4 Gráfica de frecuencias acumuladas – Peatones con niños

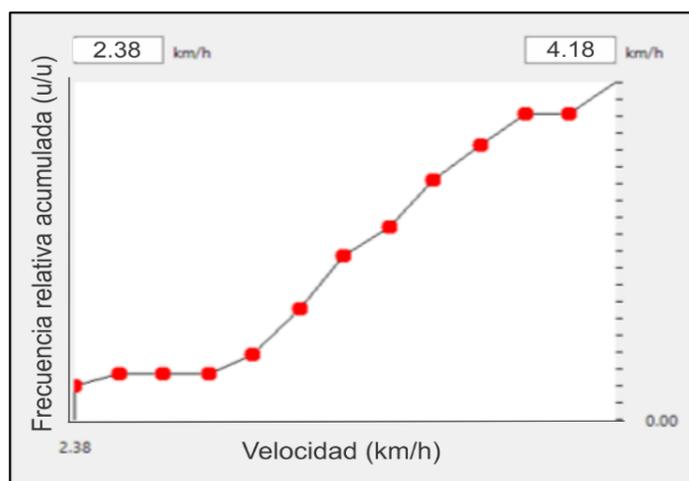
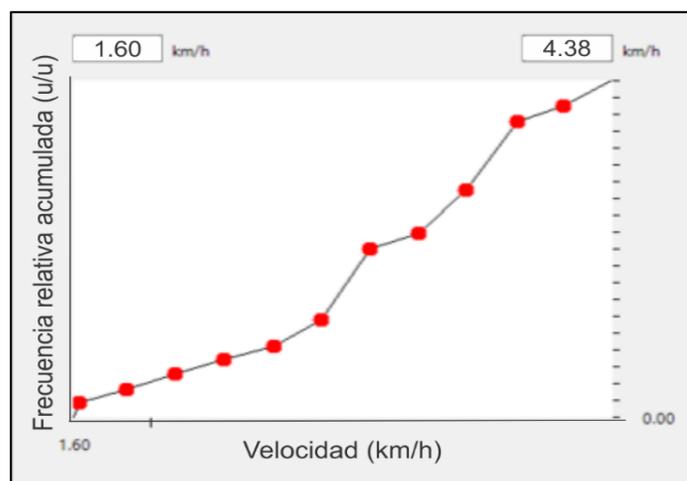


Tabla D.5 Frecuencias relativas acumuladas de velocidades de peatones en pareja

V (km/h)	Fi	V (km/h)	Fi
1.63	0.04	3.13	0.50
1.88	0.08	3.38	0.54
2.13	0.13	3.63	0.67
2.38	0.17	3.88	0.88
2.63	0.21	4.13	0.92
2.88	0.29	4.38	1.00

Figura D.5 Gráfica de frecuencias acumuladas – Peatones en pareja



E. Aforo peatonal 2 - Validación

Tabla E.1 Registros de flujo peatonal que parte del punto 1

Periodo	De 1 a 2	De 1 a 3	De 1 a 4	De 1 a 5	De 1 a 6
10:05-10:10 am	11	5	16	5	30
10:10-10:15 am	14	2	13	7	7
10:15-10:20 am	0	3	13	9	18
10:20-10:25 am	17	7	8	4	16
10:25-10:30 am	18	3	16	3	20
10:30-10:35 am	6	0	10	6	12
10:35-10:40 am	9	1	23	6	11
10:40-10:45 am	14	2	12	7	13
10:45-10:50 am	12	3	20	4	11
10:50-10:55 am	17	1	22	9	10
10:55-11:00 am	16	4	17	1	29
11:00-11:05 am	5	2	18	11	12
	139	33	188	72	189

Tabla E.2 Registros de flujo peatonal que parte del punto 2

Periodo	De 2 a 1	De 2 a 3	De 2 a 4	De 2 a 5	De 2 a 6
10:05-10:10 am	3	0	1	1	5
10:10-10:15 am	6	0	0	1	4
10:15-10:20 am	11	0	1	1	4
10:20-10:25 am	7	0	0	0	1
10:25-10:30 am	5	0	1	0	3
10:30-10:35 am	9	0	0	0	1
10:35-10:40 am	15	0	0	2	3
10:40-10:45 am	13	0	0	0	3
10:45-10:50 am	12	0	2	1	8
10:50-10:55 am	3	1	0	1	0
10:55-11:00 am	13	0	2	0	2
11:00-11:05 am	20	0	0	0	6
	117	1	7	7	40

Tabla E.3 Registros de flujo peatonal que parte del punto 3

Periodo	De 3 a 1	De 3 a 2	De 3 a 4	De 3 a 5	De 3 a 6
10:05-10:10 am	12	0	0	3	0
10:10-10:15 am	4	0	1	2	1
10:15-10:20 am	4	0	0	2	3
10:20-10:25 am	11	0	0	0	1
10:25-10:30 am	7	0	3	6	1
10:30-10:35 am	7	0	0	3	0
10:35-10:40 am	4	0	1	1	2
10:40-10:45 am	1	0	0	2	1
10:45-10:50 am	9	0	0	2	0
10:50-10:55 am	8	0	1	5	1
10:55-11:00 am	10	0	0	4	0
11:00-11:05 am	12	0	2	6	0
	89	0	8	36	10

Tabla E.4 Registros de flujo peatonal que parte del punto 4

Periodo	De 4 a 1	De 4 a 2	De 4 a 3	De 4 a 5	De 4 a 6
10:05-10:10 am	10	1	1	0	0
10:10-10:15 am	4	0	0	0	0
10:15-10:20 am	20	0	1	3	0
10:20-10:25 am	11	0	0	4	0
10:25-10:30 am	11	0	0	0	2
10:30-10:35 am	12	1	2	1	2
10:35-10:40 am	18	2	0	6	1
10:40-10:45 am	8	0	4	3	2
10:45-10:50 am	19	0	0	1	0
10:50-10:55 am	9	2	0	0	2
10:55-11:00 am	14	2	0	1	0
11:00-11:05 am	20	1	0	1	2
	156	9	8	20	11

Tabla E.5 Registros de flujo peatonal que parte del punto 5

Periodo	De 5 a 1	De 5 a 2	De 5 a 3	De 5 a 4	De 5 a 6
10:05-10:10 am	11	3	2	0	0
10:10-10:15 am	5	0	0	2	0
10:15-10:20 am	14	1	4	2	0
10:20-10:25 am	15	2	2	1	0
10:25-10:30 am	5	2	4	1	0
10:30-10:35 am	7	2	8	1	0
10:35-10:40 am	9	2	1	1	0
10:40-10:45 am	9	0	0	1	1
10:45-10:50 am	6	1	3	1	0
10:50-10:55 am	17	0	3	0	1
10:55-11:00 am	10	1	0	3	0
11:00-11:05 am	10	0	1	0	0
	118	14	28	13	2

Tabla E.6 Registros de flujo peatonal que parte del punto 6

Periodo	De 6 a 1	De 6 a 2	De 6 a 3	De 6 a 4	De 6 a 5
10:05-10:10 am	15	2	1	0	0
10:10-10:15 am	19	1	0	2	0
10:15-10:20 am	12	2	0	3	0
10:20-10:25 am	29	2	0	0	1
10:25-10:30 am	20	2	0	0	0
10:30-10:35 am	19	6	1	2	0
10:35-10:40 am	11	2	1	0	1
10:40-10:45 am	16	8	2	2	1
10:45-10:50 am	21	8	2	1	0
10:50-10:55 am	20	5	1	1	0
10:55-11:00 am	13	1	1	6	0
11:00-11:05 am	25	7	0	1	0
	220	46	9	18	3

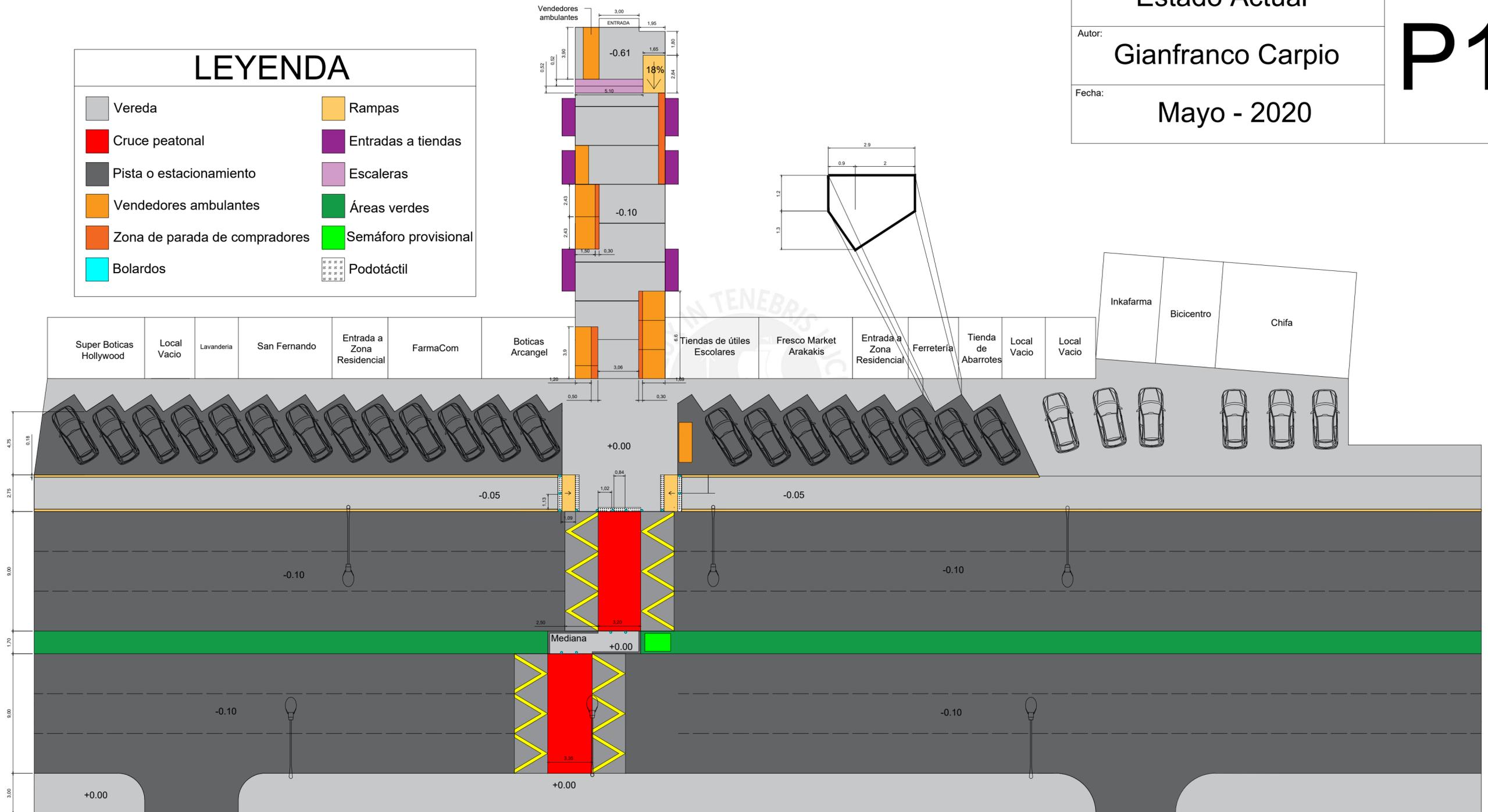
F. Matriz origen-destino de aforo peatonal 2

O/D	1	2	3	4	5	6	
1	-	139	33	188	72	189	621
2	117	-	1	7	7	40	172
3	89	0	-	8	36	10	143
4	156	9	8	-	20	11	204
5	118	14	28	13	-	2	175
6	220	46	9	18	3	-	296
	700	208	79	234	138	252	1611

G. Plano de estado actual del acceso peatonal al mercado Bolívar

Nombre:	Estado Actual	P1
Autor:	Gianfranco Carpio	
Fecha:	Mayo - 2020	

LEYENDA	
	Vereda
	Cruce peatonal
	Pista o estacionamiento
	Vendedores ambulantes
	Zona de parada de compradores
	Bolardos
	Rampas
	Entradas a tiendas
	Escaleras
	Áreas verdes
	Semáforo provisional
	Podotáctil



Escala 1/200 A2

H. Plano de propuesta de mejora del acceso peatonal al mercado Bolívar

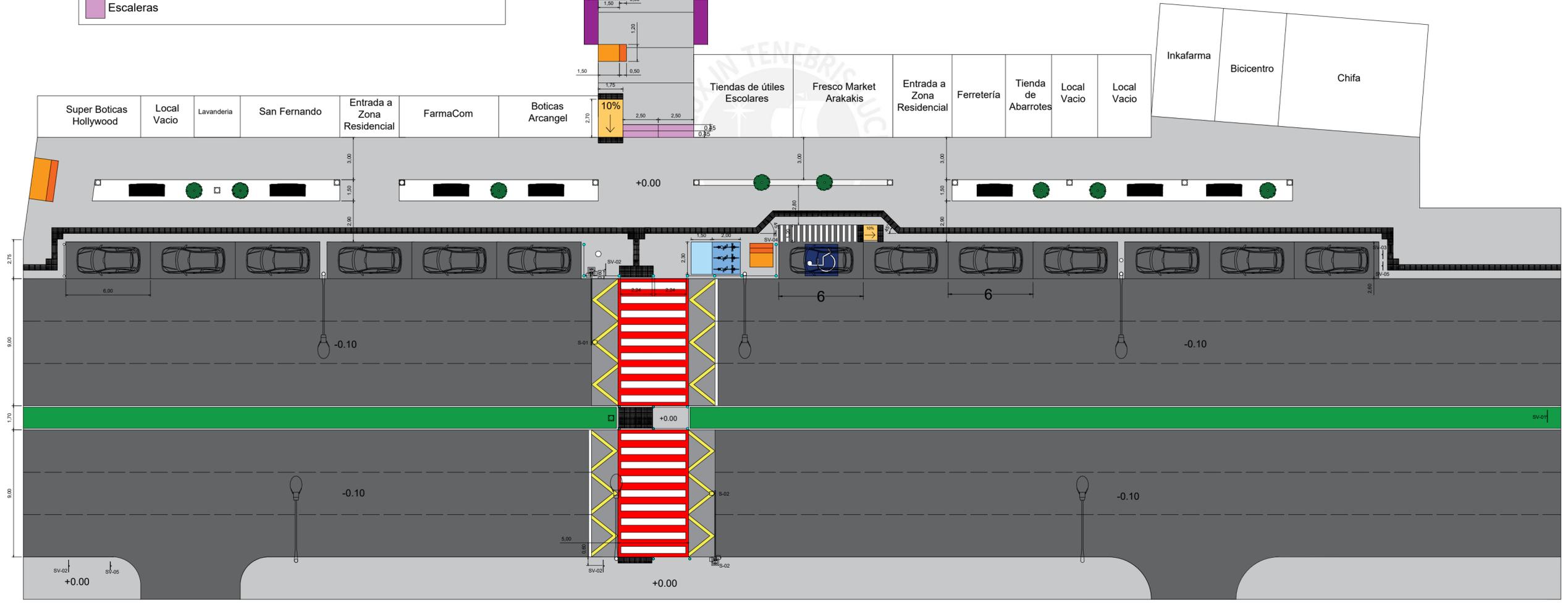
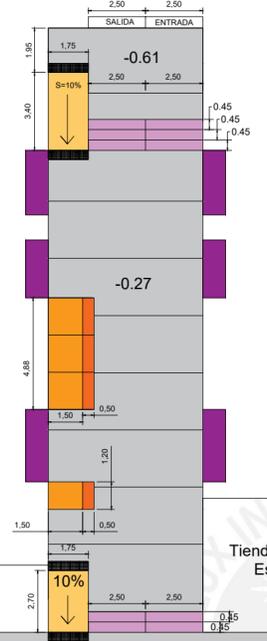
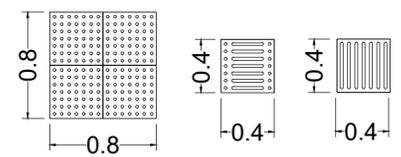
Nombre: Propuesta de mejora
 Autor: Gianfranco Carpio
 Fecha: Mayo - 2020

P2

LEYENDA

- | | | | |
|--|-------------------------------|--|-----------------------------------|
| | Vereda | | Entradas a tiendas |
| | Cruce peatonal | | Áreas verdes |
| | Pista y estacionamiento | | Estacionamiento preferencial |
| | Vendedores ambulantes | | Estacionamiento de bicicletas |
| | Zona de parada de compradores | | Zona de maniobras para bicicletas |
| | Rampas | | Bolardos |
| | Escaleras | | |

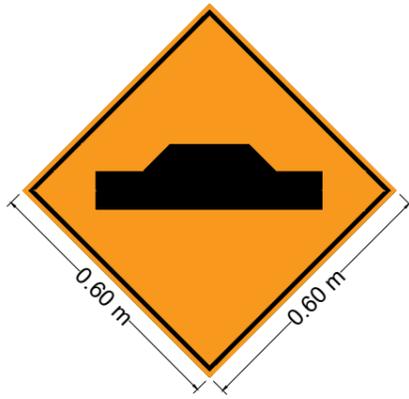
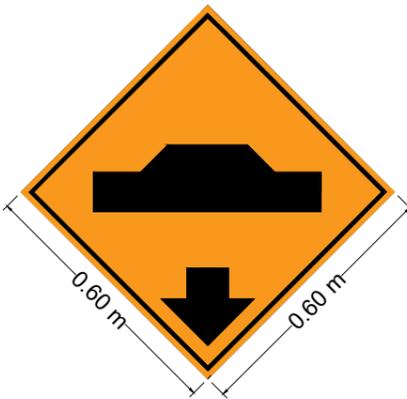
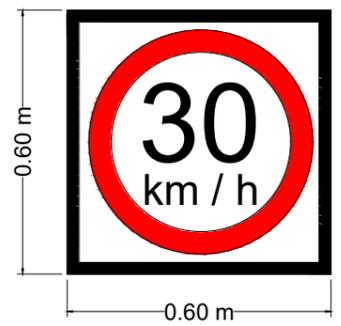
Dimensiones Podotáctil (m)



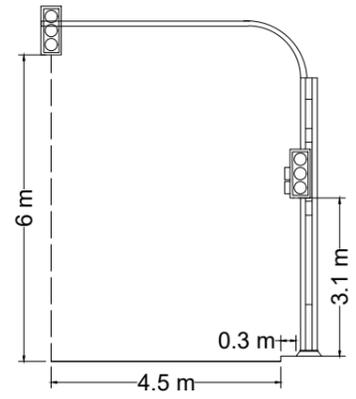
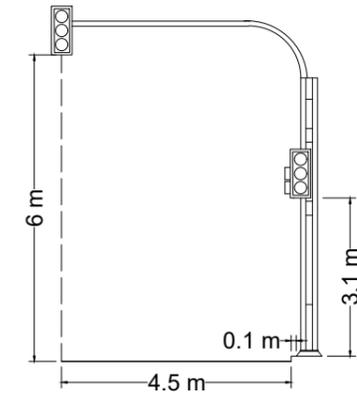
Escala 1/200 A2

I. Plano detalles

Señales verticales

		
<p>SV-01 : Proximidad de reductor de velocidad trapezoidal</p>	<p>SV-02 : Ubicación de reductor de velocidad trapezoidal</p>	<p>SV-03 : Permitido de estacionamiento</p>
		
<p>SV-04 : Estacionamiento preferencial</p>	<p>SV-05 : Velocidad máxima permitida</p>	

Semáforos tipo ménsula

<p>Vista en elevación</p> 	<p>Vista en elevación</p> 
<p>Vista en Planta</p> 	<p>Vista en Planta</p> 
<p>S-01</p>	<p>S - 02</p>