

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ**

**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA**



**PONTIFICIA  
UNIVERSIDAD  
CATÓLICA  
DEL PERÚ**

**ANÁLISIS DE LA VIDA URBANA DE DOS VÍAS PEATONALES DEL  
DISTRITO DE MIRAFLORES EN LA CIUDAD DE LIMA**

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

**AUTORA:**

Maricarmen López Bendezú

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

**AUTOR:**

Gabriel Andrés Chong Herrera

**ASESOR:**

**Dr. Félix Israel Cabrera Vega**

Lima, enero del 2020

## RESUMEN

En el distrito de Miraflores se han llevado a cabo numerosas intervenciones urbanas con la finalidad de mejorar el espacio público, como la peatonalización de las calles Lima y Virgen Milagrosa, ambas adyacentes contenidas el área de estudio, ubicadas en las inmediaciones del Parque Kennedy. El presente proyecto tiene como objetivo analizar las características y comportamiento del flujo peatonal en el espacio público del área en estudio mediante el uso de métodos cualitativos y cuantitativos que permitan establecer diferencias y resaltar las cualidades de cada calle.

Para analizar las variables de la investigación se definieron herramientas que hicieron posible la medición, empleando metodologías cuantitativas y cualitativas. El estudio partió de la observación para recolectar datos sobre el comportamiento peatonal y cualidades de diseño urbano; mediante mapeo, registro fotográfico, paseo de campo y registro diario. Por otro lado, se utilizó la herramienta de micro simulación peatonal Viswalk 8. Este software permitió obtener los niveles de servicio y la velocidad media peatonal de cada calle, además de los parámetros del modelo (Tau y Lambda). Complementariamente se realizaron entrevistas informales y encuestas para la evaluación perceptiva de los peatones.

Los resultados de la investigación arrojaron que la calle Virgen Milagrosa posee cualidades de diseño urbano superiores al de la calle Lima, modificando de manera positiva los patrones de comportamiento peatonal y percepción de los peatones. Asimismo, desarrollando un nivel de servicio peatonal mayor que el de la calle Lima. De esta manera la calle Virgen Milagrosa se caracteriza por ser una vía urbana peatonal de estancia y la calle Lima una vía urbana de tránsito peatonal. Existen aspectos físicos en el diseño de la calle Lima que podrían mejorar para que enriquezca su vida urbana de acuerdo al contexto en el que se encuentra.

Dedicatoria:

*A Dios; a nuestros padres y hermanos por su apoyo y amor incondicional. A Lucía Valeria por ser nuestra motivación. A nuestro asesor, por su guía y dedicación; a nuestros amigos que nos ayudaron de diversas maneras, y a todos los que de algún modo contribuyeron en este proyecto.*

*A Neptalí, por su ejemplo de vida; Mila y Esther que desde el cielo nos cuidan.*

# ÍNDICE

<b>CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Preguntas de Investigación .....	2
1.2 Objetivos.....	2
1.2.1 Objetivo General .....	2
1.2.2 Objetivos Específicos .....	2
1.3 Hipótesis .....	2
1.4 Justificación.....	3
<b>CAPÍTULO 2: REVISIÓN DE LA LITERATURA .....</b>	<b>4</b>
2.1 Espacio Público .....	4
2.1.1 Definición.....	4
2.1.2 Características y aspectos de los espacios públicos .....	5
2.1.2.1 Cualidades de diseño urbano .....	6
2.2 Vía urbana peatonalizada .....	9
2.2.1 Vía urbana peatonal de estancia .....	11
2.2.2 Vía urbana peatonal de tránsito .....	12
2.2.3 Análisis y estudio de una vía peatonal .....	12
2.3 Vida urbana .....	14
2.3.1 Estudio de vida urbana .....	15
2.3.1.1 Métodos de recolección de datos de vida urbana .....	16
2.3.2 La vida urbana y los entornos de movilidad.....	17
2.4 Modelación.....	20
2.4.1 Tipos de modelación según nivel del detalle.....	20
2.5 Micro simulación peatonal .....	22
2.5.1 Modelo celular autómata .....	23
2.5.2 Modelo de la fuerza social.....	23
2.6 Software PTV Viswalk 8.0.....	27
2.6.1 Aplicaciones .....	28
2.6.2 Antecedentes.....	28
2.6.3 Parámetros de Viswalk.....	28
2.6.3.1 Distribución de velocidad deseada .....	28
2.6.3.2 Parámetros de tipos de peatones.....	29

2.6.3.3 Parámetros globales.....	31
2.6.3.4 Parámetros de Evaluación .....	32
<b>CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA .....</b>	<b>34</b>
3.1 Alcances y limitaciones del proyecto .....	35
3.2 Objeto de la investigación .....	36
3.3 Métodos de investigación.....	36
3.3.1 Métodos cuantitativos.....	36
3.3.2 Métodos cualitativos.....	37
3.4 Obtención de datos .....	37
3.5 Análisis de resultados .....	41
<b>CAPÍTULO 4: CREACIÓN, CALIBRACIÓN Y VALIDACIÓN DEL MODELO EN VISWALK 8. ....</b>	<b>42</b>
4.1 Creación del modelo peatonal en Viswalk .....	42
4.1.1 Elección del fondo, escala y delimitación de áreas .....	43
4.1.2 Rutas y flujos peatonales .....	44
4.1.3 Distribución de velocidades deseadas y configuración del modelo .....	50
4.2 Calibración del modelo.....	54
4.3 Validación del modelo.....	57
<b>CAPÍTULO 5: ANÁLISIS DE RESULTADOS .....</b>	<b>63</b>
5.1 Cualidades de diseño urbano del espacio público .....	63
5.2 Patrones de comportamiento y percepción peatonal en el espacio público.....	80
5.3 Características del flujo peatonal.....	87
<b>CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES.....</b>	<b>93</b>
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>96</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>102</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Marco conceptual para el diseño orientado al peatón .....	5
Figura 2.2. Los árboles pueden ayudar a formar el sentido de recinto. ....	7
Figura 2.3. Nivel de servicio, flujo promedio para vías peatonales. ....	13
Figura 2.4. Escala de análisis para cada nivel de detalle .....	21
Figura 2.5: Procesos involucrados que conducen a cambios en el comportamiento peatonal.....	24
Figura 2.6: Vectores de posicionamiento .....	25
Figura 2.7. Relación de Tau y las fuerzas de impulso y fuerza social.....	29
Figura 2.8: Ilustración del warm-up time. ....	32
Figura 3.1. Estructura de la metodología del proyecto .....	34
Figura 4.1. Ubicación de la zona de estudio. ....	42
Figura 4.2. Modelo peatonal con áreas y obstáculos, en planta. ....	43
Figura 4.3. Identificación de puntos de entrada y salida peatonales. ....	44
Figura 4.4. Ubicación de obstáculos y puntos de entrada y salida de peatones .....	44
Figura 4.5 Rutas a partir del punto A. ....	45
Figura 4.6. Vista en 3D del modelo, zona de exposición de arte. ....	46
Figura 4.7. Vista en 3D del modelo, zona de tránsito peatonal. ....	46
Figura 4.8. Vista en 3D del modelo.....	47
Figura 4.9. Vista desde el punto de grabación. ....	48
Figura 4.10. Vista en 3D del modelo, Calle Virgen Milagrosa. ....	48
Figura 4.11. Vista desde el punto de grabación. ....	49
Figura 4.12. Vista en 3D del modelo, Calle Lima. ....	49
Figura 4.13. Vista de campo de la Calle Lima. ....	50
Figura 4.14. Resultado de velocidades de campo (Km/h).....	50
Figura 4.15. Cuadro de frecuencias de velocidades deseadas (Km/h), Calle Virgen Milagrosa. 51	
Figura 4.16. Cuadro de frecuencias de velocidades deseadas (Km/h), Calle Lima. ....	51
Figura 4.17. Tabla de distribución de velocidades deseadas (Km/h). ....	52
Figura 4.18. Cuadro de parámetros de simulación.....	53
Figura 4.19. Datos para el cálculo del número mínimo de corridas en la calibración. ....	54
Figura 4.20. Prueba de aleatoriedad de velocidades en la Calle Virgen Milagrosa.....	56
Figura 4.21. Prueba de aleatoriedad de velocidades en la Calle Lima. ....	56
Figura 4.22. Proceso iterativo de validación de modelo de micro simulación .....	57
Figura 4.23. Cuadro de frecuencias de velocidades (Km/h), Calle Virgen Milagrosa. ....	58
Figura 4.24. Cuadro de frecuencias de velocidades (Km/h), Calle Virgen Lima. ....	58
Figura 4.25. Tabla de distribución de velocidades para la validación (Km/h) .....	59

Figura 4.26. Datos para el cálculo del número mínimo de corridas en la validación. ....	60
Figura 4.27. Prueba de aleatoriedad de velocidades en la Calle Lima para validación. ....	61
Figura 4.28. Prueba de aleatoriedad de velocidades en la Calle Virgen Milagrosa.....	61
Figura 5.1. Calidad de imagenabilidad calle Virgen Milagrosa.....	63
Figura 5.2. Calidad de imagenabilidad calle Virgen Milagrosa.....	64
Figura 5.3. Calidad de recinto calle Virgen Milagrosa .....	65
Figura 5.4. Calidad de escala humana – acceso B a estacionamientos calle Virgen Milagrosa	66
Figura 5.5. Calidad de escala humana – acceso A.....	67
Figura 5.6. Calidad de escala humana – maceta vertical .....	67
Figura 5.7. Calidad de escala humana – farolas y bancas .....	68
Figura 5.8. Calidad de complejidad calle Virgen Milagrosa.....	69
Figura 5.9. Calidad de complejidad – baile calle Virgen Milagrosa .....	70
Figura 5.10. Calidad de complejidad – exposición de pinturas.....	70
Figura 5.11. Tipo de ruta según propósito de la calle Virgen Milagrosa. ....	71
Figura 5.12. Calidad de legitimidad – ciclovía calle Virgen Milagrosa .....	72
Figura 5.13. Calidad de conectividad calle Virgen Milagrosa.....	73
Figura 5.14. Calidad de escala humana – bancas personales calle Lima .....	75
Figura 5.15. Calidad de transparencia, calle Lima.....	76
Figura 5.16. Calidad de complejidad, calle Lima .....	77
Figura 5.17: Tipo de ruta según propósito de la calle Lima.....	78
Figura 5.18: Calidad de legitimidad, calle Lima.....	79
Figura 5.20. PREGUNTA 5: Satisfacción con ciclovías y espacios para ciclistas .....	81
Figura 5.21. PREGUNTA 6: Elementos atractivos en una calle peatonalizada .....	82
Figura 5.22. PREGUNTA 7: Elementos por mejorar en la calle en estudio .....	83
Figura 5.23. PREGUNTA 4: Satisfacción con mobiliario y elementos ornamentales .....	84
Figura 5.24. PREGUNTA 8: Satisfacción con actividades realizadas en la calle .....	85
Figura 5.26. PREGUNTA 1: Tipo de transeúnte según origen.....	86
Figura 5.27. PREGUNTA 9: Actividades que realizaría en la calle .....	86
Figura 5.28. Niveles de servicio según HCM 2000 .....	87
Figura 5.29. Densidad peatonal máxima de la calibración (pe/m <sup>2</sup> ).....	88
Figura 5.30. Densidad peatonal máxima de la validación (pe/m <sup>2</sup> ) .....	88
Figura 5.31. Sección de análisis en la Calle Lima .....	89
Figura 5.32. Sección de análisis en la Calle Virgen Milagrosa.....	90
Figura 5.33. Variación del flujo (calibración) de calles Lima-Virgen Milagrosa .....	92
Figura 5.34. Variación del flujo (validación) de calles Lima-Virgen Milagrosa.....	92

## **CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN**

El estudio del espacio público y de vida urbana es fundamental para el crecimiento y desarrollo de una metrópolis, ya que implementando políticas públicas que prioricen al peatón por sobre los vehículos se logrará un desarrollo urbano sostenible. La prioridad la debe tener el peatón, y es en base a ello que se deben implementar proyectos urbanos que faciliten y prevean las actividades que realizan las personas en los espacios públicos, generando entornos urbanos sostenibles.

La problemática actual radica en la poca importancia que se le brinda al estudio y desarrollo de espacio público y de la vida urbana. La ciudad de Lima no es una excepción, puesto que se caracteriza por haber experimentado una expansión demográfica y geográfica con una gestión deficiente (Pensando Lima, 2009), en un principio predominó la preferencia hacia los vehículos debido a lo cual fue necesaria la implementación de reformas urbanas, las cuales contemplaban intervenciones urbanas y ordenanzas municipales.

El distrito de Miraflores se caracteriza por sus atractivos turísticos, es por ello que el 40% de hoteles de cuatro y cinco estrellas se ubican en este distrito, así como cerca de un millar de establecimientos comerciales de artesanías y los nuevos tours gastronómicos (Portal web Miraflores, 2018). Debido a lo anterior, se emprendieron no solo medidas de fortalecimiento en materia de seguridad, sino a nivel urbano, para poder satisfacer la demanda de la ciudadanía.

Una de aquellas intervenciones urbanas fueron la peatonalización de la calle Lima y la calle Virgen Milagrosa (ubicadas en las inmediaciones del Parque Kennedy), estas dos calles adyacentes unen zonas comerciales del distrito como La Calle de las Pizzas, importante punto de encuentro turístico ubicado a media cuadra del cruce de la calle Virgen Milagrosa con la avenida Diagonal; así mismo se encuentran centros de esparcimiento, tales como bares y restaurantes de comida rápida al otro extremo de la calle Virgen Milagrosa, en el cruce con la reconocida avenida José Larco. Además, existen supermercados y tiendas por departamento en el cruce de la calle Lima con la calle Schell. De lo anteriormente mencionado nace la importancia del análisis y caracterización del comportamiento peatonal en ambas calles.

## **1.1 Preguntas de Investigación**

- ¿Cómo influye un espacio público debidamente planificado y una vida urbana de calidad sobre el comportamiento peatonal y la vida urbana?
- ¿Cómo se relacionan entre sí los patrones de comportamiento peatonal y el espacio público?
- ¿Existe alguna diferencia entre los niveles de servicio en las calles Virgen Milagrosa y calle Lima debido a sus parámetros de comportamiento peatonal?

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo General**

Analizar las características y comportamiento del flujo peatonal en dos vías peatonales importantes del distrito de Miraflores.

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

Analizar las cualidades del diseño del espacio público en cada vía peatonalizada. Además, identificar los patrones de comportamiento peatonal y la percepción de los peatones sobre el espacio público del área de estudio. Finalmente, caracterizar el nivel de servicio peatonal y los principales parámetros del modelo peatonal de la fuerza social.

## **1.3 Hipótesis**

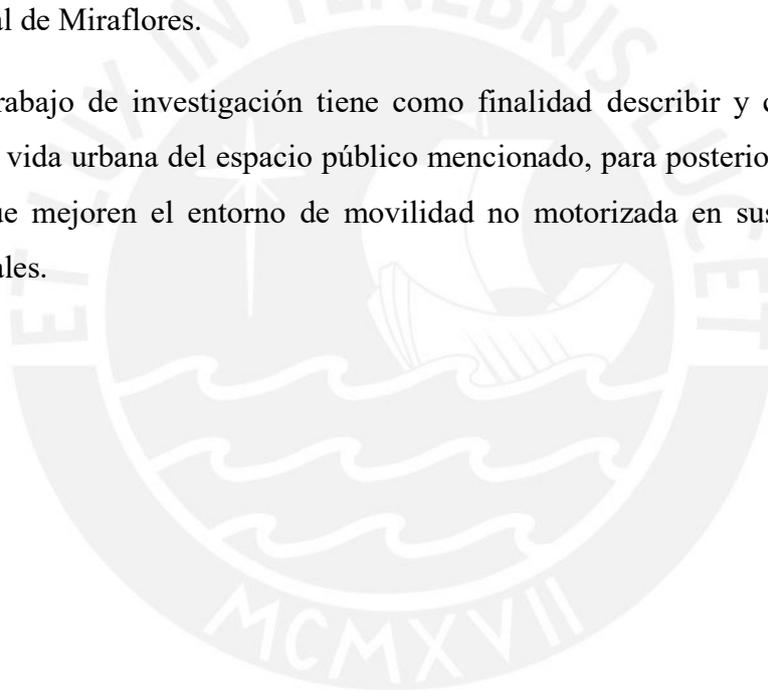
El entorno de movilidad no motorizada en el que se encuentra inscrita el área de estudio presenta características heterogéneas. Es así que la calle Virgen Milagrosa posee cualidades de diseño urbano superiores al de la calle Lima modificando de manera positiva la vida urbana y al mismo tiempo los patrones de comportamiento peatonal. Los peatones, al percibir un espacio público atractivo el cual estimula la interacción social, se comportan de manera que la vía urbana se clasifica de estancia, tal como sucede en la calle Virgen Milagrosa. Caso contrario, la vía urbana se clasifica como de tránsito, tal y como sucede en la calle Lima. De esta manera, la vía urbana de estancia Virgen Milagrosa presentará un mayor Nivel de Servicio que la vía urbana de tránsito Lima.

#### **1.4 Justificación**

En estudios recientes sobre la percepción de la población con respecto al espacio público, se obtuvo que sólo un 28.8% del total de encuestados se encuentra satisfecho con el espacio público disponible en Lima, además se obtuvo que solo el 12.3% del total de encuestados se encuentra satisfecho con las veredas o espacios para la circulación de peatones (LIMA CÓMO VAMOS, 2017), lo cual evidencia una carencia a nivel de infraestructura que permita una mejor interacción entre el peatón con su entorno.

Las calles analizadas fueron peatonalizadas en un marco de reformas urbanas y estrategias implementadas por la municipalidad de Miraflores, generando un nuevo entorno de movilidad no motorizada, ya que se encuentran rodeadas por el parque J. F. Kennedy y el parque Central de Miraflores.

El presente trabajo de investigación tiene como finalidad describir y caracterizar las cualidades de vida urbana del espacio público mencionado, para posteriormente diseñar estrategias que mejoren el entorno de movilidad no motorizada en sus componentes físicos y sociales.



## **CAPÍTULO 2: REVISIÓN DE LA LITERATURA**

### **2.1 Espacio Público**

#### **2.1.1 Definición**

El espacio público es un ambiente polivalente que relaciona todos los aspectos y elementos construidos que componen la ciudad con las formas de movilidad y de permanencia de las personas, como son el comercio, sistemas de transporte, monumentos y lugares de encuentro social (Borja, 2003). La complejidad que existe dentro del espacio público define el comportamiento de los peatones, los cuales se ven influenciados por las actividades que se realizan en el entorno, así como de las edificaciones presentes, lo cual, en conjunto influye y promoverá la transitabilidad en el entorno y generará un sentido de comunidad (Wood et al, 2010).

El estudio del espacio público ayuda a comprender el entorno en el cual se desarrolla una comunidad relacionada con su contexto social y sus características físicas para lo cual se divide en diferentes aspectos, tales como: el aspecto urbano, el aspecto funcional, el aspecto social, el aspecto económico y el aspecto ambiental, los cuales pueden ser mejorados para lograr un mayor impacto positivo sobre el peatón (Ghonimi et al., 2010). Es posible percibir al espacio público desde dos perspectivas: a larga escala, con la cual se concibe al espacio público como un espacio enfocado en el desenvolvimiento de vida pública (eventos, actividades comunitarias, etc.) y a pequeña escala, en la cual se desarrollan en el espacio público actividades cotidianas de cada peatón como caminar, jugar, descansar, etc. (Carmona, 2018). Así mismo, para Puyuelo y Merino (2012), las tipologías de los espacios públicos están determinadas por el tipo de actividad que se realiza en ellos, puesto que hay diferencias en torno a lugares de ocio como cines, teatros, centros comerciales; lugares de reunión como centros de convenciones, restaurantes o museo; y lugares donde se desarrollan actividades productivas como hospitales, centros educativos, institutos u oficinas.

Ghonimi et al (2010) explican además que la calidad de la forma urbana dentro del espacio público puede mejorarse mediante la implementación de una sinergia entre las rutas, edificaciones y espacios abiertos; además de lograr una integración de modos de transporte, variedad de servicios y espacios para la elección de los peatones, creando un entorno mixto. De esta manera, las personas podrán ubicarse en un entorno en el cual se percibirán seguridad y un atractivo en la ciudad con lo cual podrán optar por caminar más,

o usar más la bicicleta (como transporte alternativo y sostenible) y permanecer en el espacio urbano (Gehl, 2014).

### 2.1.2 Características y aspectos de los espacios públicos

Para caracterizar los espacios públicos, es necesario comprender que éstos se dividen en aspectos ligados a la naturaleza de la ciudad y su relación con la ciudadanía. Tal y como lo explica Borja (2003): *“estos tres conceptos están relacionados dialécticamente, que ninguno de ellos puede existir sin los otros dos y que nuestra vida depende en buena medida de esta relación”*. Asimismo, el espacio público posee aspectos urbanos, funcionales, sociales, económicos y ambientales los cuales determinan una ciudad vital, la cual cumplirá la función de atraer a las personas a transitar por ella (Gehl, 2014).

Los espacios públicos deben estar acondicionados para asegurar el confort de las actividades que los usuarios desarrollen en un determinado momento. Se debe estudiar el confort como un conjunto de condiciones que deben cumplirse en simultáneo dentro de un espacio público, tales como la escala humana, condiciones térmicas asociadas al clima, ocupación o uso previsto, paisaje, percepción de seguridad, condiciones acústicas, calidad de aire y ergonomía (Cabezas, 2013).

Erwing y Bartholomew (2013) establecen un marco conceptual para el diseño urbano orientado al peatón, presentado en la figura 2.1.

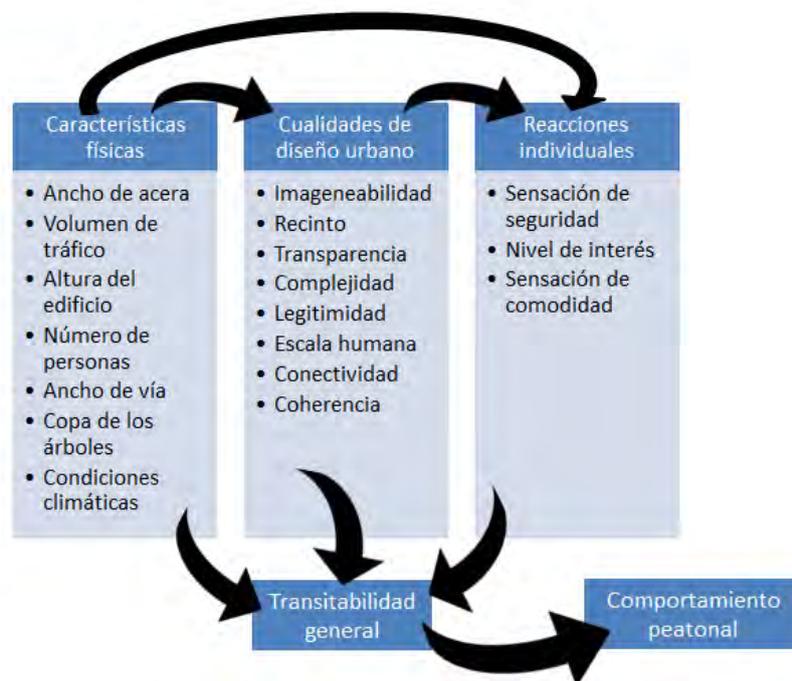


Figura 2.1. Marco conceptual para el diseño orientado al peatón

Fuente: Adaptado de Erwing y Bartholomew (2013).

### 2.1.2.1 Cualidades de diseño urbano

Las cualidades de diseño urbano son es todo lo que se puede observar dentro del espacio público el cual, según Garriz y Schroeder (2014) de acuerdo a estas cualidades, generará diversos escenarios de posibilidades de uso y acciones, pero dependen de cómo son valorados y percibidos por los peatones y la sociedad misma.

A continuación, se expondrán las cualidades de diseño urbano según Ewing y Bartholomew (2013):

- ***“Imageability”: Imagenabilidad***

Es la cualidad de un lugar que lo hace distinguirse de otros, reconocible y memorable. Según Lynch (1960), un lugar con alta “imagenabilidad” es aquel en las que sus componentes físicos específicos capturan la atención de los peatones, evocan sentimientos y crea una impresión duradera en ellos. Existen autores que relacionan los puntos de referencias como componentes de imagenabilidad. Para Lynch (1960), estos pueden ser simples como una perilla o grandiosos como un domo, lo esencial es su singularidad y su relación con la ciudad.

- ***“Enclosure”: Recinto***

Se refiere al grado en que las calles y otros espacios públicos están visualmente definidos por sus edificaciones, arborización y otros elementos verticales, como se aprecia en la figura 2.2. Los espacios libres, como el área en estudio, están definidos por la forma de sus elementos verticales, los cuales pueden obstaculizar la vista de los peatones.

Silverstein (1977) dice que un espacio abierto es positivo cuando tiene forma definida y distintiva, y cuando esta forma es tan importante como la forma de los edificios circundantes. En el ámbito urbano, el recinto está conformado por la superficie de la plaza o calle con frentes de edificaciones ininterrumpidos de aproximadamente la misma altura. Esta referencia tiene como analogía el de una habitación; las edificaciones conforman los muros y la plaza o calle, es equivalente al suelo de la habitación (Ewing y Bartholomew, 2013).



*Figura 2.2. Los árboles pueden ayudar a formar el sentido de recinto.*

*(Calle Virgen Milagrosa, Miraflores)*

Fuente: Elaboración Propia

- **“Human Scale”: Escala Humana**

Este término hace referencia al tamaño, textura y articulación de elementos físicos que corresponden al tamaño y proporción humana, esencialmente a la velocidad en la que los peatones se desplazan; los elementos físicos que contribuyen con la escala humana pueden ser: los detalles de las edificaciones, los árboles, la textura del pavimento y el mobiliario de la calle (Ewing and Bartholomew, 2013). Es la calidad de las edificaciones que incluye componentes físicos, estructurales y arquitectónicos de las medidas y proporciones relacionadas con el individuo humano; es por esto que, edificios medianamente altos, calles estrechas y espacios pequeños crean un ambiente íntimo (Urban Design Glossary for the city of Seattle, 2007)

La escala humana puede ser considerada como la velocidad humana. Por ejemplo, cuando las construcciones colindantes a las calles oprimen los sentidos creando desorientación, es porque el diseño está pensado en un vehículo de 60 kpm (Kay, 1997). Las personas se movilizan lento y el nivel de las señales debe ser alineada a su rango de visión.

Para Gehl (2010) en la escala humana las distancias determinan la interacción personal. Las personas pueden diferenciar a otras de objetos entre 300 y 500 metros; en cambio, las características personales y el lenguaje corporal puede ser identificados entre 25 y 100 metros; es por ello que, dentro de los 25 metros de distancia, la

socialización también es redefinida en categorías en las que la comunicación se intensifica, a menor distancia, mayor riqueza e intimidad.

- ***“Transparency”: Transparencia***

Se refiere al grado en el que la gente puede percibir qué actividad humana se encuentra más allá del borde de la calle u otro espacio público. Las ventanas, paredes, puertas, y otros elementos físicos influyen de la transparencia. La transparencia es más crítica al nivel de la calle, porque es donde ocurre la mayor interacción entre interior y exterior, y no necesariamente puede ser vista, sino también imaginada (Whyte, 1988). Por ejemplo, la transparencia en una calle en la que se ubican cafés con grandes ventanales.

- ***“Complexity”: Complejidad***

La complejidad está relacionada al número de diferencias notables que un observador está expuesto por unidad de tiempo (Rapoport, 1990). Para los peatones, mucha exposición crea una sensación abrumadora, y muy poca reprime la percepción sensorial. Además, se fundamenta en la diversidad de las herramientas sociales, usos a lo largo del día, antigüedad de las edificaciones y los elementos al borde de las calles, desde la acera hasta el patio de construcción.

*“Este término hace referencia a la riqueza visual del lugar y depende de la variedad del ambiente físico, especialmente del número y tipo de edificaciones, diversidad arquitectónica y ornamentación, elementos paisajísticos, mobiliario de la calle, señalización y actividad humana” (Ewing, R et al, 2013).*

- ***“Coherence”: Coherencia***

Se refiere al sentido del orden visual, se describe en relación a la repetición de elementos que son empáticos con la diversidad ordenada. Esta dimensión perceptiva se diferencia de la complejidad. Los peatones prefieren una moderada complejidad y alta coherencia. Las escenas aburridas para los peatones son aquellas que tienen poca complejidad y alta coherencia; así como las que tienen alta complejidad y poca coherencia son percibidas como desordenadas (Kaplan, 1989). Esto quiere decir que la coherencia no implica una repetición sin sentido, sino continuidad en el diseño y ordenamiento temático.

- **“Legibility”: Legitimidad**

Esta definición se refiere a la facilidad con la que la estructura espacial del lugar puede ser entendida y abordada como un conjunto. (Lynch, 1960). Por ejemplo, si se mejora una red peatonal que brinda a los peatones un sentido de orientación y ubicación relativa mediante elementos físicos que sirven como puntos de referencia.

- **“Linkage”: Conectividad**

La conectividad hace referencia a los conectores físicos y visuales entre diversos elementos, como entre edificios, de un lado de la calle a otra; puede ocurrir longitudinalmente en la calle o lateralmente a través de la calle. Además, los conectores pueden ser construidos por filas de árboles, las cuales pueden conectar psicológicamente de manera discreta (Ewing y Bartholomew, 2013).

Diversos autores sugieren la distancia entre intersecciones y su importancia en la conectividad; por ejemplo, Jacobs (1993) recomienda cada 300 pies o menos, por otro lado, Silverstein (1977) aconseja una distancia similar, cada 200 o 300 pies. Ambos sugieren esas distancias con un propósito de optimización, ya que la ortogonalidad de la calle maximiza la accesibilidad. Duany y Plater-Zyberk (1992) limita la distancia de las cuadras entre 230 y 600 pies, para asegurar razonablemente la distancia de viaje, con una postura intermedia; finalmente, Appleyard (1981) asegura que mucha conectividad erosiona la sensación de comunidad debido a la intervención vehicular, sin embargo, sugiere colocar elementos que ayuden al flujo de bicicletas y peatones, como camellones.

## **2.2 Vía urbana peatonalizada**

Una vía urbana peatonal es aquella que se caracteriza por ser de uso destinado a peatones autónomos y de personas con movilidad reducida, es lo suficientemente ancha y de textura uniforme para favorecer al desplazamiento de los usuarios de manera cómoda y segura (ARQHYS, 2012). La vía urbana peatonal debe asegurar un desplazamiento cómodo y seguro para el peatón, el cual no encuentre obstáculos verticales u horizontales en su trayecto o con escaleras para superar dichos obstáculos; así mismo, la vía urbana peatonal debe contar con mobiliario urbano para el desarrollo de la vida pública y no sólo estar enfocada al tránsito de personas (Plan Cusco, 2016).

Es importante saber que, para la implementación de una calle peatonal, es requisito fundamental la existencia de un flujo peatonal considerable, por ejemplo, en calles cercanas a zonas turísticas o comerciales, se puede reconocer esta necesidad si se observa que el ancho efectivo de la vía peatonal existente no cubre la demanda y se observa como los peatones toman incluso la vía vehicular como una vía de tránsito ocasionalmente. Por otro lado, la implementación de calles peatonales en zonas con un bajo flujo peatonal no es factible. El objetivo de una calle peatonal, es atraer el flujo de peatones, para quienes el transitar por dicha vía peatonal sea seguro, accesible y atractivo (ITDP, 2016).

Las vías urbanas peatonalizadas pueden ser hechas a base de asfalto, adoquines o empedradas, lo cual significa una ventaja a nivel de costo con respecto a las veredas comunes hechas de concreto, pero implica un mayor mantenimiento y selección de materiales (FHWA, 2002). Para la implementación de vías peatonales, según el *Massachusetts Pedestrian Transportation Plan* (1998), se contemplan cinco criterios que rigen el criterio de evaluación para determinar su viabilidad:

- **Identificar centros de actividades clave y rutas de prioridad**

Se desarrollan posibles rutas peatonales de prioridad, por ejemplo, aquella ubicada cerca a zonas comerciales, escuelas, estaciones de transporte público, centros de trabajo con numerosos empleados y barrios residenciales; posteriormente, se designan rutas prioritarias que conecten aquellas zonas de actividad que generen y promuevan el transporte a pie.

- **Identificar brechas y condiciones especiales**

Identificar zonas entre las rutas creadas que requieran mantenimiento o reconstrucción, así como el mantenimiento y mejoramiento de áreas verdes. Así mismo, identificar posibles cruces con rutas de transporte intermodal.

- **Priorizar la subsanación de conexiones faltantes**

Se debe priorizar el llenado de brechas y mejoramiento de otras secciones de vías peatonales, como parte de un plan de reconstrucción.

- **Asegurar un adecuado mantenimiento**

Se debe garantizar un adecuado mantenimiento e inspección periódica de la calle peatonal, así como de las áreas verdes a través de ordenanzas municipales y su cumplimiento, de tal manera que regulen su uso a ser exclusivamente de tránsito peatonal y no de actividades que puedan dañar la infraestructura.

- **Revisar los estatutos municipales y disposiciones con respecto a las áreas peatonales**

De ser necesario, se deben realizar cambios en las ordenanzas vigentes que requieran los desarrolladores de propiedades comerciales o residenciales para implementar elementos para vías peatonales.

El tránsito a través de una vía urbana peatonalizada es influenciado por los elementos de dicha vía peatonal, por lo cual una calle peatonalizada puede ser más atractiva que otra, por ejemplo, una vía peatonal sin obstáculos ni mobiliario no resulta atractiva para el esparcimiento de los transeúntes, a diferencia de una vía con bancas o rotondas, por ello podemos distinguir dos tipos de vía urbana peatonal: la vía urbana peatonal de tránsito y la vía urbana peatonal de estancia.

Puyuelo y Merino (2012) identifican dos tipos de usuarios relacionados a vías peatonales de tránsito, así como en un espacio público, podemos identificar dos tipos de usuarios, el usuario cotidiano y el usuario espectador.

El *usuario cotidiano* es aquel usuario relacionado a la actividad que se desarrolla en el entorno, generalmente son personas que laboran o residen en torno a un espacio público, ya que de este modo se genera un uso cotidiano de este espacio público. Así mismo, debido a esta interacción constante, se produce un aprendizaje directo y parcial que relaciona a la actividad realizada y al espacio público; por ello, se requiere de un nivel de funcionalidad del entorno para asegurar el confort del usuario.

El *usuario observador* se define como aquel que transita eventualmente a través una vía peatonal o espacio público, generalmente el usuario observador se ve influenciado y motivado más por las actividades que se realizan en el entorno y no en el entorno en sí, es decir, la interacción es limitada y específica, ligada a actividades específicas. Para este tipo de usuario se busca una percepción rápida, directa y cómoda del entorno, con lo cual satisfaga sus necesidades que se puedan generar durante el desarrollo de su actividad.

### **2.2.1 Vía urbana peatonal de estancia**

Una vía urbana peatonal de estancia se caracteriza por poseer infraestructura pública que estimula a la interacción social, tales como bancas y rotondas. Estos elementos urbanos promueven la vitalidad del espacio público en la ciudad, la cual invita a los ciudadanos a recorrerla y puede servir como un punto de partir para un planeamiento urbano que

comprenda aspectos que hacen de la ciudad una ciudad segura, sana y sostenible, la cual a su vez será generadora de vida pública, ya que ésta se retroalimentará de lo que suceda instante tras instante en el espacio público, dando lugar (Gehl, 2014).

### **2.2.2 Vía urbana peatonal de tránsito**

La vía urbana peatonal de tránsito es aquella que se utiliza para el desplazamiento libre de peatones desde un punto hacia otro de la vía. Generalmente, se ubican en rutas urbanas de aglomeración de personas, se observa que el desplazamiento es raudo y la interacción entre las personas es mínimo en este tipo de vía debido a las características físicas del entorno urbano. Una vía peatonal de tránsito no necesariamente influye positivamente en la vida urbana de un espacio público, ya que se busca atraer a las personas mediante actividades recreativas y sociales, y la calidad de vida urbana no está ligada a la optimización cuantitativa del flujo de personas (Gehl, 2014).

### **2.2.3 Análisis y estudio de una vía peatonal**

La calidad de una vía peatonal no solo se analiza por la existencia características físicas relacionados a elementos que proporcionen seguridad, accesibilidad y confort al peatón, TRB (2000) introduce el concepto de Nivel de Servicio o LOS (Level of service , por sus siglas en inglés) el cual se define como una medida cualitativa para medir la operatividad mediante parámetros como la velocidad, el tiempo de viaje, libertad de maniobra, interrupciones de tráfico, confort e instalaciones peatonales.

Para vías peatonales y aceras, el análisis difiere de otro tipo de vías peatonales, puesto que se caracterizan como vías peatonales ininterrumpidas en las cuales los peatones no tendrán interrupción en su tránsito excepto por la interacción con otros peatones o con otros modos de transporte no motorizado (TRB, 2000).

El principal parámetro para la medición de vías peatonales es el espacio, el cual es la inversa de la densidad. Puede ser observado en campo mediante la medida de un espacio en la vía peatonal en el cual se determinará el número máximo de peatones en un determinado tiempo. La velocidad puede calcularse en muestras tomadas en campo y puede usarse para realizar una caracterización entre dos o más vías peatonales según una velocidad muestral calculada (TRB, 2000). Se utiliza como medida de servicio el flujo de unidad peatonal ( $V_p$ ) y se necesita el conteo de taza pico por cada quince minutos de

peatones en una determinada sección de la vía y el ancho efectivo de la misma como lo muestra la siguiente ecuación 2.1, dada por el HCM:

$$V_p = \frac{V_{15}}{15 * W_e} \quad (\text{Ecuación 2.1})$$

Donde:

$V_p$ : Tasa de flujo unitario peatonal (p/min/m)

$V_{15}$ : Tasa de flujo pico de cada 15 minutos (p/15 min)

$W_e$ : Ancho efectivo de vía (m)

El volumen-capacidad (v/c) se puede asumir como 75 p/min/m.

El nivel de servicio se calificará según los parámetros antes mencionados, agrupados en seis niveles (A, B, C, D, E y F) los cuales están divididos por rangos mostrados en la figura 2.3.

Nivel de Servicio (LOS)	Espacio (m <sup>2</sup> /p)	Flujo (p/min/m)	Velocidad (m/s)	v/c Ratio
A	>5.6	≤ 16	>1.3	≤0.21
B	>3.7-5.6	>16-23	>1.27-1.3	>0.21-0.31
C	>2.2-3.7	>23-33	>1.22-1.27	>0.31-0.44
D	>1.4-2.2	>33-49	>1.14-1.22	>0.44-0.65
E	>0.75-1.4	>49-75	>0.75-1.14	>0.65-1.00
F	≤ 0.75	variable	≤ 0.75	variable

Figura 2.3. Nivel de servicio, flujo promedio para vías peatonales.

Fuente: Adaptado de TRB (2000).

### **2.3 Vida urbana**

La vida urbana, también llamada vida pública, si bien es característica de ciudades de países desarrollados, se debe extender más allá de cualquier entorno social o económico, y esto es posible cuando se llevan a cabo mejoras en el espacio de desenvolvimiento para los transeúntes, ya sean de tránsito o estacionarias. La vida urbana puede observarse y calificarse cuando el peatón interactúa con el espacio público, ya que dependerán de los bienes materiales y elementos del espacio público la calidad de la situación, del clima y del sitio el grado de atractivo que perciba el transeúnte (Gehl, 2014).

Según Frick et al. (2013) la dimensión social y física de la calidad de vida urbana probablemente ha recibido menos atención debido a que sus deficiencias aparecen para limitar en tiempo y espacio. Un claro ejemplo sucede cuando las personas tratan de evadir locaciones poco atractivas de la ciudad.

La vida urbana se refiere a toda interacción de las personas con el espacio público, esta interacción se traduce en la calidad de vida urbana a través del conocimiento práctico, definido por Jacobs (1961), lo cual se refiere a la particularidad con la cual cada persona percibe su entorno de acuerdo a parámetros relacionados con la accesibilidad, transitabilidad, seguridad, protección del peatón y paisajismo. Se podrá afirmar que un espacio público posee una vida urbana de calidad cuando el diseño urbano garantice que los parámetros mencionados sean satisfactorios para los peatones que transiten por dicho espacio.

La vida urbana o vida pública necesita tener una correlación directa con el espacio público, debido a que es usual que el entorno físico cambie de acuerdo a las necesidades de la ciudad, pero ello no asegura que la calidad de vida pública permanecerá al mismo nivel y esto sucede porque la vida urbana experimenta cambios muy recurrentes: cambia cada día, cada mes, incluso cada año; además, está relacionado directamente con el usuario - el peatón -, ya que el uso del espacio público está determinado por el género, la edad, la capacidad económica, la cultura y otras características inherentes de las personas (Gehl y Svarre, 2013).

### **2.3.1 Estudio de vida urbana**

Desde la masificación del automóvil a mediados del siglo XX y su hegemonía en estos días; el diseño de la calle la favorecido como funcionalidad, el desplazamiento de vehículos por sobre el desarrollo del peatón en el lugar. El espacio de la calle es espacio público, ya que estas son habitualmente el espacio público más vital y utilizado que hay en la ciudad. Los estándares convencionales o tradicionales de ingeniería tienden a considerar la calle como una vía para el tráfico de vehículos y miden su desempeño en base a indicadores de velocidad operacional, tiempo de demora, flujo y congestión. En la realidad, las calles ejercen un rol fundamental en la vida pública de la ciudad y de sus barrios, y debieran ser diseñadas desde un punto de vista de espacio público, así como también de transporte (ITDP, 2016).

En la actualidad, cuando se hace referencia a la “calidad de vida” y a su estudio, de antemano se debe de abordar en contextos interdisciplinarios, y esto debido a que abarca contextos económicos, políticos, sociales, ambientales y territoriales, que a su vez se ven afectados por la dificultad en cómo se relacionan en un contexto social en particular. El contexto urbano es donde se encuentran conflictos, ya que es en este entorno en el cual confluye la inseguridad ciudadana, la pobreza, la dificultad de las relaciones sociales y la accesibilidad (Leva, 2005).

La calidad de vida urbana tiene aspectos objetivos y subjetivos. Se puede medir objetivamente mediante la salud mental y el nivel físico de los habitantes de una determinada área; del mismo modo, la ausencia o poca presencia de calidad de vida urbana puede ser medida mediante el grado de disturbios psicosomáticos y la desintegración social entre los residentes en una ciudad o barrio. Por otro lado, la presencia o ausencia de calidad de vida urbana, es medible subjetivamente como la suma de las percepciones y experiencias de quienes viven, trabajan y visitan en una zona de la ciudad (Frick et al., 2013).

El estudio de la vida urbana, en su naturaleza de explicar la relación entre el peatón con el espacio público, debe a su vez abordar la movilidad del peatón dentro del espacio público y su relación con las actividades que se realicen dentro del mismo.

### 2.3.1.1 Métodos de recolección de datos de vida urbana

Los métodos descritos en esta sección tratan sobre la previsión de fenómenos en constante cambio enfocado en el comportamiento de vida urbana en la ciudad. Sin embargo, no existe un método preciso para prever con exactitud el uso que tendrá un espacio particular en la ciudad.

La observación directa es la herramienta primaria de los estudios de vida urbana, ya que los peatones no se involucran en el sentido de que no participan de manera directa y voluntaria; sino se observa sus actividades y comportamiento para tener un panorama que permita entender mejor las necesidades de los usuarios y como los espacios de la ciudad son usados, además de entender por qué unos espacios son usados y otros no. Por ejemplo, Gehl y Svarre (2013) observan diferentes maneras en las que una banca puede ser usada, en el mismo lugar.

Para empezar a realizar un estudio de vida urbana es necesario establecer las condiciones y aspectos del estudio. Las cuestiones principales son la cantidad de elementos, ya sean peatones, rutas, líneas, carriles; el grupo a estudiar, el cual puede ser segmentado por edad, género, discapacidad, condición de estancia; y el lugar de estudio, delimitar el área para poder proponer puntos de observación, tipo de enfoque, analizar el flujo y estancia de peatones, etc.

Las herramientas para realizar un estudio son determinadas de acuerdo al propósito, presupuesto, tiempo y condiciones locales del mismo. Además, la elección de las herramientas dependerá de la delimitación del área como espacio público, en el cual se consideran los aspectos físicos, climatológicos, sociales y culturales. Generalmente, para realizar un estudio de vida urbana se requiere combinar varias herramientas de investigación, como las siguientes:

**Conteo:** esta herramienta se usa de diferentes maneras ya que todo puede ser contado. Puede ayudar al realizar comparaciones en el espacio, tiempo.

**Mapeo:** consiste en realizar un dibujo, que represente el área en estudio y en el que se identifique el número y tipo de actividad realizada por los peatones. Esta herramienta proporciona una captura instantánea general de los patrones de estancia y actividades.

**Líneas de desplazamiento:** el movimiento de los peatones es representado por líneas dentro del área de estudio. Esta herramienta provee la prioridad de elección y/o uso entre determinadas líneas de flujo, así como de sub-áreas que son más o menos transitadas.

**Seguimiento o rastreo:** se usa para observar el movimiento de un peatón en un área extensa o en un tiempo extenso; sin que el sujeto en estudio sepa que está siendo observado, para ello el observador debe guardar una distancia prudente del sujeto a observar.

**Búsqueda de rastros:** consiste en registrar todo rastro de actividad humana; por ejemplo, basura, zonas desgastadas en el césped, etc. Los cuales pueden dar idea de la vida urbana. Asimismo, las zonas sin rastro de actividad humana pueden ser evidencia de que los elementos de esta zona no están cumpliendo con la función delegada.

**Evidencia fotográfica:** documenta las situaciones anómalas o únicas de la vida urbana. En esta categoría también se incluyen las grabaciones de video, las cuales son una herramienta poderosa para registrar situaciones rápidas y analizarlas en un tiempo prudente. La calidad de los equipos y lentes es relevante.

**Registro diario:** es una herramienta que puede registrar detalles sobre la interacción del espacio y la vida urbana. Se usa cuando las situaciones no pueden ser documentadas con otro tipo de herramienta, puede acompañarse de figuras, imágenes y fotografías para especificar su contenido.

**Paseo de prueba:** es una herramienta empática con el peatón, ya que se pueden notar los problemas y el potencial en una ruta dentro del área en estudio. Por ejemplo, se puede realizar este tipo de prueba para analizar rutas que usan las personas con discapacidad visual, motora o la interacción de ciclistas y peatones.

### **2.3.2 La vida urbana y los entornos de movilidad**

El comportamiento peatonal en el espacio público depende de factores externos, relacionados al entorno físico; y a factores internos, como la psique individual de cada peatón y su percepción e idealización del entorno relacionada a la seguridad, la accesibilidad y el confort (Talavera et al, 2014). La relación entre entorno y peatón influye en la selección de rutas para transportarse, es así que el espacio público es a su vez el medio de transporte para un peatón y es el entorno de estancia para otros por la condición

de vida urbana que se desarrolla lo cual implica espacios de recreación, entornos comerciales o segregación de espacios (Cornell et al, 2003). Aquí se evidencia la pluralidad del espacio público mencionado anteriormente en el presente capítulo.

- **Entornos de Movilidad**

La estructura urbana y el patrón de viaje presentan relaciones complejas debido a sus dimensiones e interacciones, es por esto que los autores encaminan su trabajo a descifrar las variables más importantes; por ejemplo, respecto de la movilidad motorizada, la movilidad peatonal y de ambos (Talavera et al, 2012).

El espacio público como entorno de movilidad implica la relación entre factores físicos que determinen la elección de cómo transportarse, dichos medios de transporte pueden ser motorizados o no motorizados, y esto a su vez se ve influenciado por características físicas del entorno, tales como el entorno urbano o el diseño urbano (Ewing et al, 2005). El modo de transporte y la elección de una ruta, entonces, se ven reflejado en cómo la ciudad y su diseño influyen tanto en la elección del modo de transporte y la ruta a seguir.

El peatón responde a factores externos relacionados al entorno físico identificando al espacio público como su medio por el cual se transporta y para lo cual necesita cumplir condiciones de accesibilidad, seguridad y de confort o placer lo cual se relaciona con la pirámide de necesidades de Maslow (Alfonzo et al, 2006).

#### ***Accesibilidad***

El parámetro de accesibilidad se relaciona con la percepción del peatón de elegir un modo de transporte, por ejemplo, para utilizar cierto medio de transporte para movilizarse hacia un lugar deseado, deberá analizar qué tan accesibles resultan las alternativas disponibles, como pueden ser medios motorizados (transporte público, transporte privado) o medios no motorizados (bicicleta o caminar). Si la ruta en cuestión no presenta ciclovías, o si las ciclovías no cubren todo el trayecto, es muy probable que el usuario decida no usar la bicicleta como alternativa y optará por otra. Este ejemplo evidencia un parámetro de la Accesibilidad: La conectividad. Este parámetro representa la continuidad que existe en una ruta correspondiente a un medio de transporte (Khan et al, 2014).

#### ***Seguridad***

La seguridad representa la sensación del peatón de percibir cierto riesgo o peligro que pueda atentar contra su integridad al desplazarse por una ruta elegida. El peligro puede manifestarse en una vía peatonal de un ancho efectivo reducido, lo

cual coloca al peatón muy cerca de la calzada, cercano a vehículos en movimiento; puede manifestar también en lugares de poca iluminación, dando la sensación de no ver por dónde se transita y poniendo en riesgo su integridad ante asaltos (Alfonzo, 2005).

La percepción propia de cada peatón varía dependiendo de factores inherentes como el tipo de espacio público por el cual se desplaza, la hora del día en la cual transita, la edad y la conducta de otros peatones dentro del mismo entorno (Faria, Krause y Krause, 2010).

### ***Confort y placer***

El espacio público genera una influencia sobre el peatón a nivel sensorial y psicológico. A medida que el peatón transita por un entorno urbano, experimentará sensaciones como olores, sonidos e imágenes, así como la estética del medio, lo cual tendrá un impacto en el comportamiento tanto del individuo como de una comunidad. Esta influencia está más presente en peatones y ciclistas, debido a su exposición directa con el espacio público, a diferencia de los conductores de vehículos, los cuales, al estar dentro de los mismos, están limitados de percibir el ambiente exterior (Landry, 2013).

Los factores externos como la accesibilidad, la seguridad y el confort, así como la calidad del transporte no motorizado dependen de la estética y del diseño urbano. Esto significa que un diseño urbano el cual esté orientado al peatón y al ciclista, implica un diseño el cual contemple una convivencia entre dos modos de transporte en un mismo espacio, evitando interferencias a través de una correcta señalética en las vías, espacios públicos con amplias áreas de tránsito peatonal, árboles y zonas comerciales favorecen y motivan al peatón a caminar, mientras que un espacio público con características físicas monótonas o carentes de variedad de uso desalienta a la caminata (Foltete y Piombini, 2007).

## 2.4 Modelación

En este proceso se desea expresar la realidad mediante un modelo. Es una técnica científica que permite analizar las proyecciones en la realidad al variar la configuración del modelo.

En primer lugar, un *modelo*, según la RAE (2017) es un esquema teórico de un sistema que se expresa generalmente en forma matemática, se elabora para facilitar la comprensión y el estudio del comportamiento de dicho sistema. Además permite entender y analizar la realidad conformada por componentes físicos inherentes del sistema, como la geometría de la calle en estudio, y por elementos dinámicos y sociales, como los ciclistas y peatones.

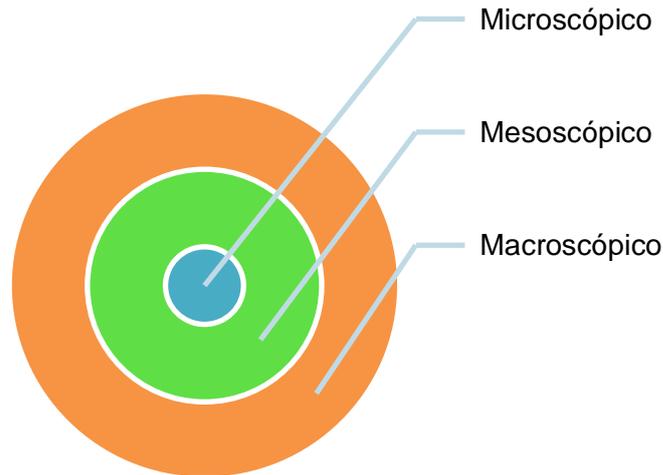
El *Sistema* es un conjunto de elementos interrelacionados que se encuentran en un medio acotado por un límite, que en conjunto persigue un objetivo concreto. De acuerdo al contexto de este proyecto, se trata de un sistema de tráfico peatonal.

La persona que transita por vía pedestre por un medio urbano es denominada *peatón*; es el sujeto de estudio en la modelación y elemento esencial en el sistema. En el caso de una vía peatonal, son los individuos que hacen uso de las facilidades e infraestructuras provistas por la Ingeniería de Tránsito, este se caracteriza por sus habilidades, limitaciones y su comportamiento.

La *modelación peatonal* es una herramienta que permite utilizar metodologías cuantitativas en el estudio del comportamiento peatonal. Debido al interés en este comportamiento, se puede clasificar el tipo de modelación según técnicas que se basan en la teoría del control óptimo.

### 2.4.1 Tipos de modelación según nivel del detalle

Según Cabrera (2018), el estudio de fenómenos por medio de modelos puede ser abordados de diferentes formas resaltando propiedades o características del sistema de interés, es decir, que el nivel de análisis en la simulación dependerá del caso de estudio y de los resultados que se desean evaluar, así como la extensión y área de estudio; estos niveles son: macroscópicos, mesoscópicos y microscópicos; dependiendo del área, según escala:



*Figura 2.4. Escala de análisis para cada nivel de detalle*

Fuente: Adaptado de Cabrera (2018)

### **Modelo macroscópico**

El nivel macroscópico se emplea para analizar grandes áreas como por ejemplo para realizar estudios de planificación del transporte de una ciudad. Este tipo de modelos describen el flujo de tráfico análogamente a los fluidos en movimiento (gases y líquidos), es por esto que son llamados también como modelos hidrodinámicos. Las variables dinámicas como la densidad, el flujo, la velocidad media o la varianza de velocidad son agregadas localmente; debido a esta particularidad, estas cantidades generalmente varían en espacio y tiempo (Trieber, 2013).

Según Venegas (2017), este tipo de enfoques ofrecen ciertas ventajas: como la descripción cualitativa del comportamiento del fenómeno, la inferencia analítica de los resultados, además de ser usualmente más eficientes computacionalmente que otros enfoques, como los microscópicos, siempre y cuando no se utilicen autómatas celulares.

### **Modelo mesoscópico**

Los métodos basados en teorías mesoscópicas proporcionan un enfoque prometedor porque pueden conducir a modelos útiles, que posiblemente requieran entradas empíricas para determinar algunos parámetros, los cuales son sub macroscópicos, pero son indispensables para los fenómenos físicos relevantes (Krafczyk et al., 2005).

Es un modelo híbrido entre los modelos microscópicos y macroscópicos, se pueden emplear en el análisis de áreas de influencia intermedias, por ejemplo, en una zona

comercial. En este tipo de modelos, las partes críticas de la red de tránsito, como las intersecciones semaforizadas, se describen de manera microscópica y el resto del sistema de manera macroscópica; es decir, dependiendo de su importancia. (Trieber, 2013).

### **Modelo microscópico**

Los modelos microscópicos permiten analizar a detalle el tráfico ya que se basan en aspectos de comportamiento individual, son efectivos para evaluar la evolución dinámica de la congestión; sin embargo, requieren de muchos datos y tiempo para ser construidos y calibrados. Una de sus ventajas es la posibilidad de observar los resultados en forma de animación, pero puede ser peligroso si no se conoce la base teórica del modelo o este no esté calibrado adecuadamente. (Cabrera, 2018).

Según Sturges (2017), la micro simulación es una nueva herramienta esencial para poder ver el desempeño del sistema de movilidad de una ciudad, y de esta manera el flujo de los elementos sea mejor.

Trieber (2013) enlista las principales aplicaciones de los modelos microscópicos, son las siguientes: el modelamiento de cómo el comportamiento individual afecta el tráfico, las situaciones en las que la heterogeneidad del tráfico juega un rol importante, para la descripción del comportamiento de la conducción humana, incluyendo errores, tiempo de reacción, desatención y anticipación; y en la visualización de las interacciones entre los diferentes participantes del tráfico: autos, camiones, buses, ciclistas, peatones, etc.

### **2.5 Micro simulación peatonal**

Los modelos de micro simulación peatonales describen la dinámica del comportamiento peatonal basadas en el supuesto que cada persona puede ser rastreada de manera individual, y que su trayectoria puede ser pronosticada.

Se pueden clasificar los modelos microscópicos pueden ser “diferenciales” si se basan en ecuaciones diferenciales ordinarias, caso contrario se trataría de un modelo no-diferencial.

Para analizar el comportamiento peatonal microscópico se usan generalmente el modelo celular automático y el de fuerza social.

### **2.5.1 Modelo celular autómatas**

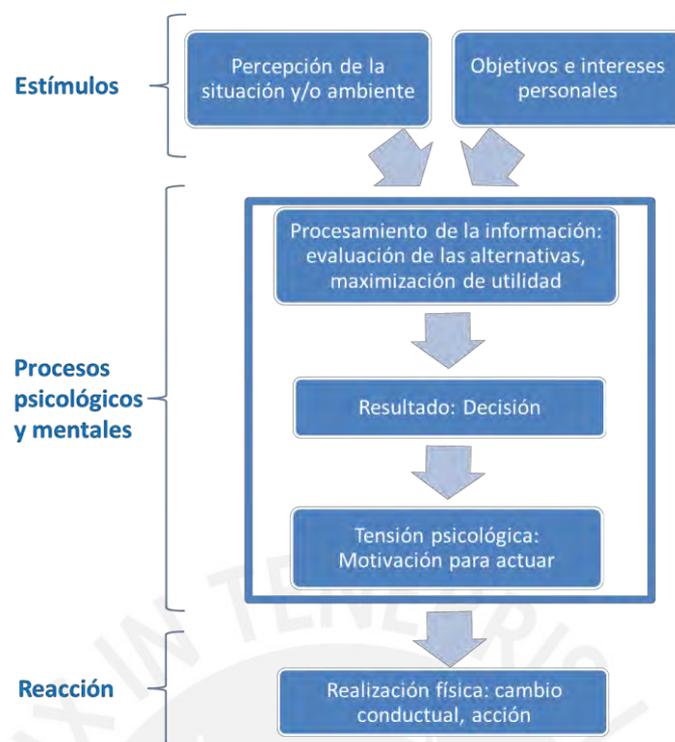
Este modelo es fácil y rápido de simular, describe todos los aspectos del sistema dinámico usando integrales, de forma discreta, y las cantidades derivadas, como la velocidad o la aceleración, son múltiplos enteros de las unidades básicas (células) (Treiber, 2013).

Según Treiber (2013), las variables son discretas en este tipo de modelos, el espacio es dividido en células fijas y el tiempo en intervalos fijo. El estado de cada célula es binario: 0, para ningún elemento (vehículo o peatón) y 1 para existe un elemento (vehículo o peatón) o parte de uno. Generalmente este tipo de modelos son usados en micro simulación; sin embargo, se conciben también en modelos macroscópicos de simulación de tráfico.

### **2.5.2 Modelo de la fuerza social**

El Modelo de Fuerza Social deriva de investigaciones realizadas por los físicos Dirk Helbing y Peter Molnár (1998), el cual consiste en la modelación del comportamiento de individuos basados en la influencia que reciben de su entorno, que a su vez determinarán patrones típicos en su accionar o toma de decisiones. Este modelo tiene en cuenta factores psicológicos y sociales que pueden modificar las conductas de cada individuo, los cuales radican en el deseo innato de no tener contacto físico con desconocidos y el deseo de llegar hacia un punto deseado en el menor tiempo posible, que puede traducirse en el menor recorrido posible.

Además, es capaz de simular y predecir el comportamiento de peatones en diversos entornos y con ello se puede modelar el comportamiento de masas de personas que responden a diversos estímulos tales como el clima, el entorno urbano y la densidad peatonal (Helbing y Molnár, 1998). La siguiente figura presenta un esquema de los procesos involucrados que conducen a cambios de comportamiento en el peatón según Helbing y Molnár (1998).



*Figura 2.5: Procesos involucrados que conducen a cambios en el comportamiento peatonal*

Fuente: Adaptado de Helbing y Molnár (1998)

El comportamiento de cada individuo en un entorno neutro posee una característica individual que depende de su deseo en un momento específico; sin embargo, en situaciones atípicas, como un incendio o un desastre natural, ese deseo individual se traduce a un deseo generalizado, el de preservar sus vidas y lo cual supone una variación entre los parámetros de análisis.

Para comprender la formulación del modelo de fuerza social, Helbing y Molnár (1998) proponen una situación habitual, en la cual una persona desea trasladarse desde un lugar inicial “A” hasta un punto de deseo “B” para lo cual la persona planea hacerlo de la manera más rápida posible, es decir, mediante el camino más corto. Habitualmente, la ruta elegida estará compuesta de polilíneas continuas que representa el cambio de trayectoria que experimenta el peatón debido a estímulos externos y su propio comportamiento en relación al entorno.

A continuación, se definen los siguientes tramos entre “A” y “B:

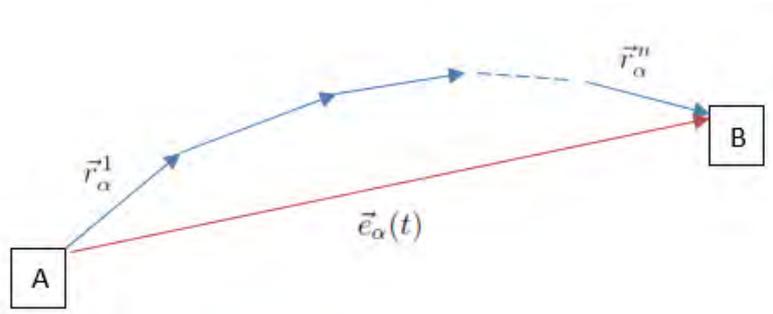


Figura 2.6: Vectores de posicionamiento

Fuente: Adaptado de Helbing y Molnár (1998)

La fuerza social, entonces, puede ser entendida como la resultante de un conjunto de fuerzas determinadas por factores externos y propios del peatón que modifican su trayectoria en distintos momentos durante su recorrido.

Si  $\vec{r}_\alpha^k$  representa el siguiente vector de posicionamiento para el desplazamiento, se puede definir la dirección  $\vec{e}_\alpha(t)$  como la ecuación 2.2:

$$\vec{e}_\alpha := \frac{\vec{r}_\alpha^k - \vec{r}_\alpha(t)}{\|\vec{r}_\alpha^k - \vec{r}_\alpha(t)\|} \quad (\text{Ecuación 2.2})$$

Donde  $\vec{r}_\alpha(t)$  denota la posición del peatón en un determinado tiempo (t).

De no ser afectado el desplazamiento del peatón, este se desplazará con una velocidad de deseo igual a  $v_\alpha^0$ . Cuando se genere una desviación o cambio en la velocidad debido a un factor externo en un determinado tiempo, se tendrá una velocidad instantánea igual a  $\vec{v}_\alpha^0(t) := v_\alpha^0 \vec{e}_\alpha(t)$  lo cual causará un cambio en la velocidad, es decir una desaceleración o un acto de evasión, esto se convierte en una tendencia a acercarse o alejarse  $\vec{v}_\alpha^0(t)$  (efecto de repulsión) dentro de un cierto tiempo de relajación, el cual se denominará tau ( $\tau_\alpha$ ) el cual puede describirse en la ecuación 2.3 como un término de aceleración como el siguiente:

$$\vec{F}_\alpha^0(\vec{v}_\alpha, v_\alpha^0 \vec{e}_\alpha) := \frac{1}{\tau_\alpha} (v_\alpha^0 \vec{e}_\alpha - \vec{v}_\alpha) \quad (\text{Ecuación 2.3})$$

Esto evidencia una relación inversamente proporcional del parámetro tau ( $\tau_\alpha$ ) con la fuerza  $\vec{F}_\alpha^0$ .

Se analiza también la influencia de los peatones sobre el movimiento de un peatón en específico, esto se realiza estudiando la naturaleza del movimiento del peatón, el cual se

ve influenciado por su velocidad y la densidad peatonal del entorno. Cada peatón posee un espacio exclusivo, un territorio, el cual se reduce de acuerdo a los parámetros antes mencionados.

Es posible afirmar entonces que mientras más velocidad relativa posea un peatón con respecto a otro, el espacio exclusivo o espacio independiente entre los peatones se reducirá. Por ejemplo, cuando un peatón en específico aumenta su velocidad para llegar más rápido hacia un lugar deseado y para lo cual debe transitar entre otros peatones, su velocidad relativa respecto a los peatones que se desplacen a una velocidad promedio será mucho mayor para lo cual, al atravesar el entorno, será posible que tenga que sortear a los demás peatones reduciendo su velocidad justo antes de que exista un contacto con otro peatón, incluso podría llegar a golpear a otros peatones en su recorrido teniendo en cuenta que éste fenómeno puede producirse en un entorno con densidades peatonales variantes.

Las densidades peatonales pueden ser bajas (como en parques o calles peatonales amplias), medias (como en centros comerciales) y altas (como estaciones de metro o aeropuertos). Esta influencia de otros peatones  $\beta$  sobre el peatón en estudio  $\alpha$ , resulta en los efectos repulsivos, representados por cantidades vectoriales en la ecuación 2.4:

$$\vec{f}_{\alpha\beta}(\vec{r}_{\alpha\beta}) := -\nabla_{\vec{r}_{\alpha\beta}} V_{\alpha\beta}[b(\vec{r}_{\alpha\beta})] \quad (\text{Ecuación 2.4})$$

Asumiendo que  $V_{\alpha\beta}(b)$  es una función de  $b$  decreciente con líneas equipotenciales, en la que la dirección del movimiento se describe mediante una elipse; también, el vector  $\vec{r}_{\alpha\beta}$  es el orden del ancho de paso del peatón  $\beta$ . Esta aproximación describe de manera realista las maniobras de esquivar hacia otros peatones, a pesar de su simplicidad.

Los peatones, además toman cierta distancia de las condiciones de borde en las que se encuentran, como los bordes de los edificios, paredes, y todo tipo de obstáculos que consideren perjudiciales. La cercanía a estos obstáculos crea una sensación de incomodidad, ya que los peatones deben prestar más atención para evadir las potenciales fuentes de peligro y daño. Este es el llamado efecto repulsivo, el cual puede ser descrito como en la ecuación 2.5:

$$\vec{F}_{\alpha B}(\vec{r}_{\alpha B}) := -\nabla_{\vec{r}_{\alpha B}} U_{\alpha B}(\|\vec{r}_{\alpha B}\|) \quad (\text{Ecuación 2.5})$$

En el que el B corresponde al borde u obstáculo, y la expresión  $U_{\alpha B}(\|\vec{r}_{\alpha B}\|)$  es el potencial decreciente monótono y repulsivo; además, el vector  $\vec{r}_{\alpha B}$  denota la ubicación de la parte del borde B que está más cerca del peatón  $\alpha$ .

Así como existen fuerzas de efecto repulsivo, existen los efectos atractivos  $\vec{f}_{\alpha i}$ ; los cuales pueden ser descritos de manera similar al de los efectos repulsivos como la ecuación 2.6:

$$\vec{f}_{\alpha i}(\|\vec{r}_{\alpha i}\|) := -\nabla_{\vec{r}_{\alpha i}} W_{\alpha i}(\|\vec{r}_{\alpha i}\|, t) \text{ (Ecuación 2.6)}$$

En la que el vector  $\vec{r}_{\alpha i}$  representa el vector de desplazamiento entre el punto i y el punto  $\alpha$  y  $W_{\alpha i}(\|\vec{r}_{\alpha i}\|, t)$  es una función potencial monótona creciente. La principal diferencia del efecto atractivo radica en que esta es normalmente decreciente en el tiempo t cuando el interés se pierde. Estos efectos son los responsables, por ejemplo, de la formación de grupos de peatones.

Las fórmulas anteriormente mencionadas para los efectos atractivos y de repulsión sólo son aceptadas para la dirección del movimiento del peatón, no contempla la poca influencia de las situaciones que se encuentran detrás del peatón. Podemos asumir entonces que el efecto total es la suma de todas las fuerzas, adicionando las fluctuaciones por comportamiento, ecuación 2.7.

$$\begin{aligned} \vec{F}_{\alpha}(t) := & \vec{F}_{\alpha}^0(\vec{v}_{\alpha}, v_{\alpha}^0 \vec{e}_{\alpha}) + \sum_{\beta} \vec{F}_{\alpha\beta}(\vec{e}_{\alpha}, \vec{r}_{\alpha} - \vec{r}_{\beta}) + \sum_B \vec{F}_{\alpha B}(\vec{e}_{\alpha}, \vec{r}_{\alpha} - \vec{r}_B^{\alpha}) \\ & + \sum_i \vec{F}_{\alpha i}(\vec{e}_{\alpha}, \vec{r}_{\alpha} - \vec{r}_i, t) + \text{fluctuaciones} \text{ (Ecuación 2.7)} \end{aligned}$$

## 2.6 Software PTV Viswalk 8.0

Este software es un complemento de Vissim 8.0 (software de modelación microscópica vehicular), ya que los modelos presentados son usados para el análisis de distintos modos de transporte, incluyendo la caminata. Su individualización con respecto de otros softwares de la empresa que desarrolla software y soluciones de tránsito Planung Transport Verkehr (PTV) corresponde al enfoque peatonal, debido a que los vehículos y peatones no se rigen bajo las mismas reglas. Este software se basa en el modelo de Fuerza Social, desarrollado por Helbing y Molnár (1998).

### **2.6.1 Aplicaciones**

PTV Viswalk permite simular y modelar el comportamiento del peatón, se usa cuando es necesario simular y analizar los flujos peatonales, ya sea dentro o fuera de los edificios, como parte del espacio público. Como software de simulación microscópica peatonal, “es adecuado para la planificación urbana, la construcción, la planificación de seguridad peatonal y los planes de evacuación, la planificación de transporte integrada y muchas otras aplicaciones dirigidas a asegurar un equilibrado flujo de peatones” (PTV, 2018).

### **2.6.2 Antecedentes**

Este software tuvo su primera aparición con su versión 2.03 en el año 1992. Sin embargo, sus inicios datan de la década de los ochenta en Alemania. Cuando se realizaban trabajos de planificación de redes de autobús y transporte en la carretera de Mannheim. En el 2017, PTV Group lanzó al mercado la versión más reciente de este programa, actualmente se encuentra en su versión 11.0. (PTV, 2018 a)

### **2.6.3 Parámetros de Viswalk**

Al realizar la modelación en el Viswalk se puede modificar los parámetros en el software con el fin de adecuarlo al tipo de peatón. Además, existen parámetros ligados al peatón que sirven para ajustar y maximizar su comportamiento. A continuación, se explicará sobre la distribución de velocidad deseada y se presentarán los tipos de parámetros usados al modelar.

#### **2.6.3.1 Distribución de velocidad deseada**

Dentro de la modelación, este parámetro se presenta en lugar de un valor fijo, permitiendo que las situaciones de desplazamiento peatonal sean más realistas. Tiene gran significancia en la velocidad de los posibles recorridos y el flujo del peatón.

La velocidad deseada del peatón se obtiene cuando este transita de manera libre y cómoda, sin que el camino presente obstáculos. Esta velocidad se obtiene como muestra cuando la zona de estudio esté libre de factores que alteren el orden de cada individuo.

Cada usuario del software puede crear su propia distribución de velocidades con datos de campo; asimismo, el software propone diversos tipos de distribuciones como Kretz, Pred-Milinski, entre otros. Estos valores pueden ser ingresados mediante la toma de datos

de un número determinado de peatones, de los cuales se obtendrán sus velocidades medias. Posteriormente, se agruparán para obtener un diagrama de frecuencias relativas y absolutas. Con la distribución de las frecuencias absolutas, el software empleará cada valor de la curva para asignar dicho valor de velocidad a cada peatón que ingresará al área de análisis.

### 2.6.3.2 Parámetros de tipos de peatones

Estos parámetros asociados a la fuerza social pueden simular el tipo de comportamiento de los peatones expresados en funciones matemáticas.

- **Tau ( $\tau$ ):** Puede ser interpretado como el tiempo de reacción del peatón, definido como el tiempo de relajación (PTV, 2017); cuando este parámetro se incrementa, la densidad de personas disminuye, la aceleración de peatones decrece y el radio de giro si hubiese una esquina, aumenta. Tau establece un movimiento sistemático en la dirección de la velocidad deseada. La unidad de este parámetro es el segundo, y para el software el tiempo mínimo de simulación peatonal es de 0.5 segundos.

Cuando los valores de Tau son altos, la fuerza social y la fuerza de impulso tienen una significancia similar en el desplazamiento peatonal (Huallpa, 2016).

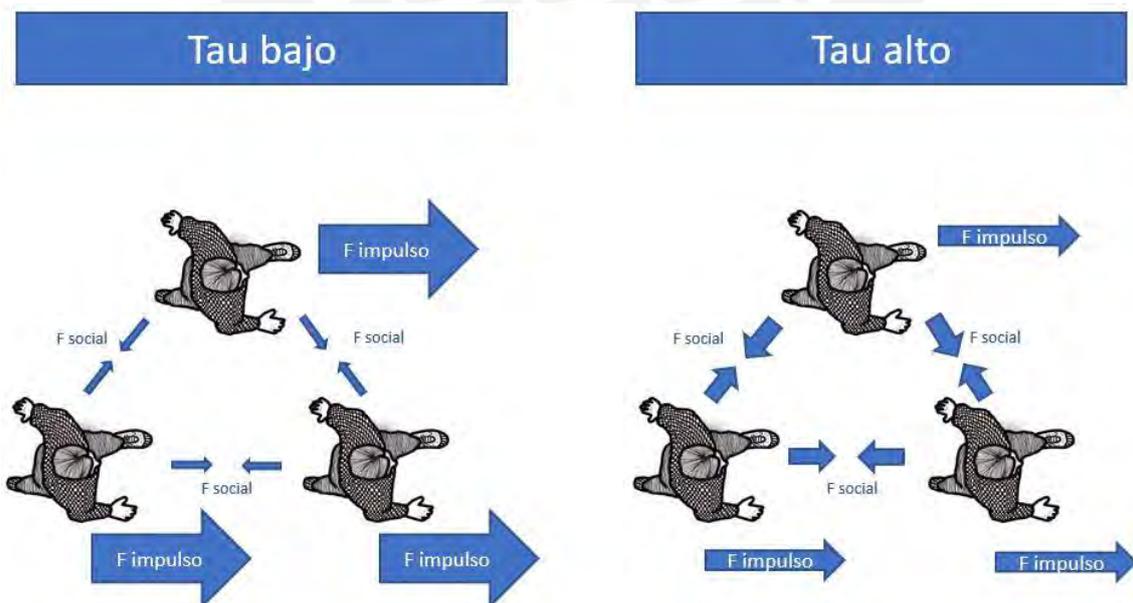


Figura 2.7. Relación de Tau y las fuerzas de impulso y fuerza social

Fuente: Adaptado de Huallpa (2016)

- ***Lambda\_mean ( $\lambda\_mean$ )***: Tiene como función considerar la influencia de las personas que rodean al peatón, cuando este esté en movimiento. Cuando Lambda tiene valores bajos, la influencia de las personas cercanas no es significativa. En el software, cuando Lambda se incrementa, el flujo peatonal es más eficiente; los peatones se empujan más y el flujo a través de un cuello de botella depende del ancho del paso. Se entiende este parámetro como el que determina que lo que suceda fuera del campo de visión del peatón no influya en su comportamiento como si estuviese en él (PTV, 2017).
- ***Noise***: Determina la intensidad de la fuerza aleatoria que actúa sobre un peatón. Este parámetro permite controlar el desplazamiento de los peatones a medida que éstos disminuyen su velocidad para evitar obstrucciones. Un rango entre 0.8 y 1.4 evita la formación de cuellos de botella; por otro lado, un valor igual a 0 ocasionará que los peatones, al no disminuir su velocidad y permitan el paso de otros peatones, generen cuellos de botella a través de una entrada determinada (PTV, 2017).
- ***A\_soc\_isotropic y B\_soc\_isotropic***: El primer parámetro determina la intensidad de la fuerza, mientras que el segundo representa el radio del cuerpo de un peatón. Ambos parámetros forman parte de la fuerza de repulsión entre dos peatones.
- ***VD***: Considera las velocidades relativas entre peatones y contribuye a la fuerza entre estos. Se mide en segundos. Al aumentar el valor de este parámetro, los peatones que se desplazan en sentidos opuestos evadirán de manera más rápida el encuentro.
- ***A\_soc\_mean y B\_soc\_mean***: Conjuntamente determinan la fuerza y amplitud de la fuerza social de manera dependiente de la velocidad relativa entre dos peatones. El primer parámetro determina la intensidad de la fuerza en unidades de (m/s<sup>2</sup>); por otro lado, el segundo parámetro, representa el rango de la fuerza, expresado en metros.
- ***React\_to\_n***: Este parámetro que regula la máxima cantidad de personas cercanas al peatón, estas personas ejercen fuerzas de atracción o repulsión hacia el peatón. El máximo valor que puede tomar este parámetro es 8, para potenciar la eficiencia del software se ubican este mismo número de celdas alrededor del peatón.

- ***Queue\_orden y queue\_straightness***: Ambos parámetros determinan la forma de las colas peatonales. El valor máximo es 1 y el mínimo es 0. Mientras este valor sea más grande, más ordenada es la cola.
- ***Side\_preference***: Sus valores corresponden al deseo de adelantar a otro peatón. Cuando el valor es -1, indica que los peatones prefieren transitar por el lado derecho; caso contrario, cuando es 1 indica que transitan por el lado izquierdo; y el valor de 0 expresa un comportamiento libre.

### 2.6.3.3 Parámetros globales

Este tipo de parámetros influyen en todos los tipos de peatones.

- ***Dynamic potential***: La intención de este parámetro es hacer que los peatones elijan el camino más corto en términos de tiempo restante, ya que el peatón reevalúa el camino a lo largo de su recorrido buscando el viaje más corto desde el punto actual. Por otro lado, debido a la configuración por defecto del software, los peatones escogen el camino más corto, esto es conocido como el potencial estático, puesto que la distancia de recorrido no cambia durante la ejecución de la simulación. Para muchos peatones es más atractivo llegar al destino lo más rápido posible, en lugar de recorrer el camino más corto. Este parámetro se puede ajustar a través de la herramienta de enrutamiento.
- ***Never\_walk\_back***: Determina si los peatones deben detenerse o no cuando la diferencia entre los vectores de la velocidad calculada y la dirección deseada es superior a  $90^\circ$ .
- ***Use\_cache***: Cuando se ajusta este parámetro, los cálculos complejos y lentos cuando se ejecutan varias simulaciones en un modelo pueden limitarse, ya que tiene como función reducir la memoria necesaria. Si la geometría del modelo es consistente, los cálculos de la primera simulación son válidos para todas las simulaciones. Cuando se ejecuta la simulación, debe tomar el valor de 1.
- ***Grid\_size***: Este parámetro define cómo los peatones se influyen entre sí, mediante la determinación de la distancia máxima entre los peatones para que exista dicha influencia. La grilla consiste en cuadrados de tamaño ajustable. La persona solo puede ser afectada por las grillas que tiene al lado. Un valor demasiado pequeño evidencia la tardanza con la que los peatones evitaban el encuentro o paso con otro.

- **Routing:** Hay varios parámetros dentro de la ruta que se pueden ajustar, como: routing\_large\_grid, routing\_step, routing\_accuracy, routing\_obstacle\_dist, routing\_cell\_size. Estos afectan los tiempos de cálculo y la exactitud de los cálculos. Además, pueden agregar una distancia adicional a las vías estrechas en comparación con las amplias para lograr opciones de ruta más realistas en los peatones cuando existe una opción entre los dos. Esto solo es posible cuando se usa potencial estático, anteriormente explicado. (Friis y Svensson, 2013)

#### 2.6.3.4 Parámetros de Evaluación

Son los parámetros que se utilizarán para configurar el proceso de micro simulación del modelo.

- **Tiempo de evaluación:** Es el tiempo en el cual se realiza la micro simulación, lo cual dependerá del periodo de tiempo en el cual se realizó la toma de datos en el área de análisis para poder establecer una correlación en los resultados.
- **Warm-up time:** Llamado también “tiempo de estabilización”, es el periodo de tiempo que toma el modelo en regular el flujo peatonal y/o vehicular dentro del área de estudio debido a que el flujo inicial es cero. El “warm-up-time” puede calcularse analizando el tiempo en el cual un elemento (peatón o vehículo) tarda en recorrer el área de análisis en una condición de flujo libre, dicho tiempo se duplica, debido a que debe entenderse que se recorre el mismo espacio en el sentido opuesto (FHWA, 2004).

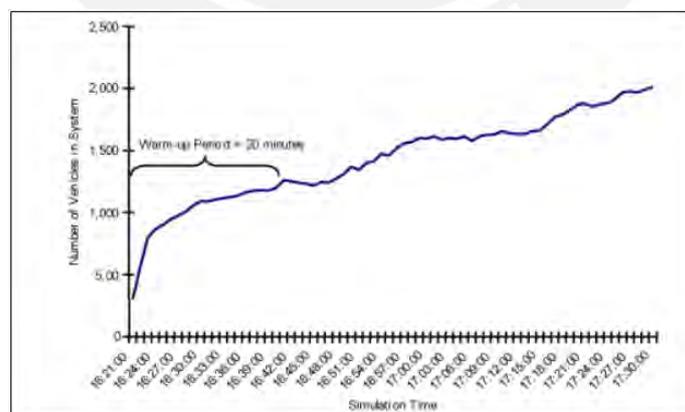


Figura 2.8: Ilustración del warm-up time.

Fuente: FHWA (2004)

- **Número semilla:** Es un número a partir de lo cual se generan simulaciones para evitar la proliferación de errores, el cambio de este número genera un cambio en el comportamiento de conductores o peatones, en la aparición de tipos de vehículos o peatones, etc. (Álvarez, 2017).
- **Número de corridas:** El número de corridas es aquel que determina cuántas veces se efectuará la micro simulación, junto al número semilla, se realizarán las simulaciones las cuales tendrán diferentes resultados como velocidad promedio, densidad, etc. debido al comportamiento aleatorio de los elementos que se evalúan (FHWA, 2004).



## CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA

Los enfoques de investigación son igualmente valiosos, ya sean cuantitativos, cualitativos o mixtos, constituyen posibles elecciones para enfrentar problemas y generar conocimientos (Sampieri et al, 2014). Por un lado, el *enfoque cuantitativo* prueba hipótesis utilizando la recolección de datos con base en el análisis estadístico y la medición numérica para establecer pautas de comportamiento.

Por otro lado, el *enfoque cualitativo* usa el análisis y recolección de datos para revelar nuevas interrogantes en la interpretación o para enfocar las preguntas de investigación. Además de los dos enfoques anteriormente mencionados, existe un tercero, el *enfoque mixto*, el cual integra ambos enfoques para tratar una problemática. En este proyecto se utilizó una metodología mixta para analizar las características y comportamiento del flujo peatonal en dos vías peatonales importantes del distrito de Miraflores, la calle Virgen Milagrosa y la calle Lima. La estructura del desarrollo de la metodología se muestra en la figura 3.1.

En el presente capítulo se desarrollarán cada aspecto importante de la metodología; los cuales son: Alcances, limitaciones, objeto de la investigación, métodos cualitativos, métodos cuantitativos, obtención de datos y análisis de resultados.

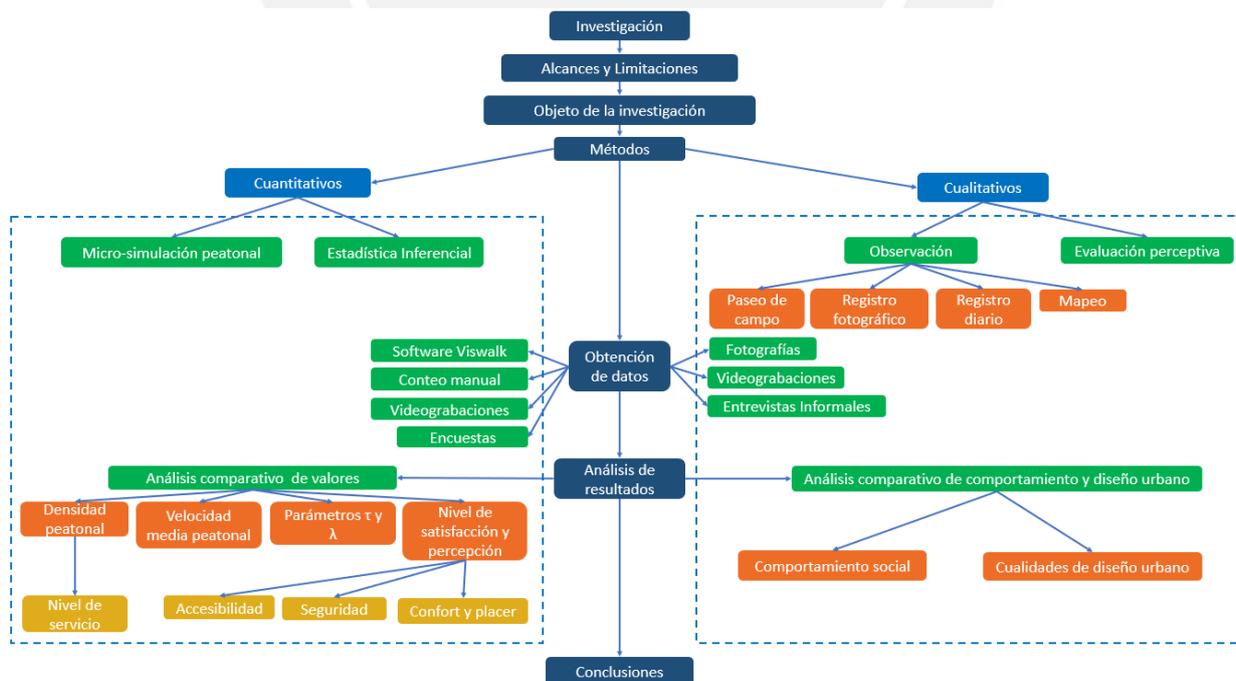


Figura 3.1. Estructura de la metodología del proyecto

Fuente: Elaboración Propia

### **3.1 Alcances y limitaciones del proyecto**

El presente proyecto es un estudio descriptivo que busca caracterizar y diferenciar la vida pública en las calles Virgen Milagrosa y calle Lima en términos de cualidades de diseño urbano, nivel de servicio peatonal, comportamiento peatonal y velocidad peatonal media. El área de estudio está ubicada dentro del Parque Central de Miraflores, que comprende el Parque Kennedy y el Parque 7 de junio, en el distrito de Miraflores, Lima. El proyecto delimita su área de la siguiente manera: la calle Virgen Milagrosa desde su intersección con la avenida José Larco hasta su intersección con Diagonal y a su vez se estudia la calle Lima, desde su cruce con Virgen Milagrosa hasta su intersección con la avenida Ernesto Diez Canseco, formando un área con forma de “T”.

Miraflores está ubicado a 79 msnm, es un distrito que, en el mes de setiembre, fecha de la recolección de datos, posee una temperatura que varía entre 17°C y 20°C, con presencia de brillo solar, llovizna y humedad de 80%. Entonces, los resultados del análisis son válidos cuando las condiciones climáticas son idénticas y la geometría del área de estudio no varíe.

El entorno próximo del área de estudio tiene como característica la presencia de establecimientos turísticos y de entretenimiento, como la Iglesia Virgen Milagrosa y la Calle de las Pizzas; comerciales, como restaurantes y tiendas por departamento. Además, el Parque Central de Miraflores es reconocido por la presencia de gatos; actividades de interacción social y esparcimiento, como la exposición de pinturas de artistas locales.

En diciembre del 2016 la Municipalidad de Miraflores desarrolló un proyecto de estacionamientos subterráneos en el área, por lo que se implementó la peatonalización del área en estudio, junto con la avenida Ernesto Diez Canseco. Sin embargo, existen bolardos que delimitan la ruta de posibles vehículos, por ejemplo, de emergencia, que pueden estacionarse en la calle Lima.

Las limitaciones en cuanto al procedimiento del proceso de investigación radican principalmente en la recolección de datos, nivel de confiabilidad y limitaciones propias del software usado. En cuanto a la recolección de datos para el análisis no se distingue género ni edad entre los peatones, tampoco un patrón especial para grupos de peatones, ya sea en el conteo o en las encuestas. Además, el nivel de confiabilidad de la encuesta es del 90% con un 5% de error esperado.

El software Viswalk 8, usado para la micro simulación, no contempla las interacciones vehiculares, como el parqueo. Además, no se puede simular el tiempo que emplean los peatones en las actividades de estancia y los recorridos de un mismo punto de entrada y de salida. Así mismo, los datos utilizados para el análisis no serían compatibles con versiones anteriores o recientes, debido a que las características pueden variar de versión en versión.

Los parámetros de eficiencia del nivel de servicio de la calle peatonalizada serán cualitativos y se usará la clasificación analítica y empírica del HCM; sin embargo, la densidad peatonal y la velocidad media peatonal serán estudios cuantitativos.

### **3.2 Objeto de la investigación**

Según el alcance del proyecto, se debe estudiar las características físicas y de vida pública de las calles mencionadas. Esto quiere decir, que el objeto de investigación tiene un componente físico y un componente social. El primero hace referencia a las cualidades de cada calle: dimensiones, material, elementos ornamentales, señalética, ubicación de elementos; por otro lado, el componente social es representado por el peatón, ya que se analizará su comportamiento, las actividades que realiza, y el flujo en el área de estudio.

### **3.3 Métodos de investigación**

Ya que se trata de una investigación de metodología mixta, se usarán métodos cualitativos y cuantitativos para obtener los resultados para el análisis.

#### **3.3.1 Métodos cuantitativos**

Son aquellos que arrojan resultados numéricos producto de operaciones y funciones matemáticas como resultados, los cuales deberán ser estudiados y analizados para responder una hipótesis.

- ***Estadística inferencial***

Se utilizó encuestas para medir el nivel de satisfacción de las actividades que realizaban los peatones, así como qué elementos físicos son atractivos para estos, el tipo y motivo de ruta, además de la condición del peatón (turista, residente). Todos los elementos anteriores para analizar el comportamiento y la percepción de los peatones.

- ***Micro-simulación peatonal***

Se desarrollará un modelo base en el software VISWALK con el fin de simular el comportamiento peatonal en un entorno análogo al área de estudio, el cual depende de parámetros de comportamiento peatonal definidos en el software y mencionados en el capítulo 2.

### **3.3.2 Métodos cualitativos**

En el estudio de vida pública se utilizan varios métodos de manera simultánea, fueron mencionados en el capítulo 2. En el presente proyecto, los métodos cualitativos que parten de la observación; son los siguientes: mapeo, registro fotográfico, paseo de campo y registro diario; y una evaluación perceptiva.

- ***Observación***

Con este método se busca obtener información relevante acerca de los peatones, las actividades que realizan, sus particularidades, y aquellos fenómenos que no pueden ser medidos mediante herramientas cualitativas y que contempla la investigación.

- ***Evaluación perceptiva***

Con este tipo de evaluación se busca obtener las opiniones y percepciones detalladas de los entrevistados. La información recolectada es complementada con los resultados cuantitativos de las encuestas.

### **3.4 Obtención de datos**

Los datos que se requieren deben ser analizados según el tipo de herramienta y el método para poder organizar la información. Otro punto importante a resaltar es que puede usarse un mismo tipo de herramienta, pero un método diferente, como en el caso de las videograbaciones.

#### **3.4.1 Herramientas cuantitativas**

En este grupo de herramientas los datos de campo se pueden agrupar de acuerdo al objeto de investigación. Para el caso del componente físico, se recolectaron datos geométricos;

mientras que, para el componente social, se recolectaron datos de demanda y datos de percepción.

- ***Encuestas***

Se realizaron encuestas puntuadas para obtener datos de percepción. Para que la muestra sea representativa, la proporción muestral se consideró del 90.7%, ya que no se considera niños, ni adultos mayores de más de 75 años, debido al enfoque de la investigación. El nivel de confiabilidad de la encuesta es del 90% y con un error esperado del 5%. La muestra del área en estudio fue de 91, los cuales 37 corresponden a la calle Lima y 54 a la calle Virgen Milagrosa.

- ***Datos de percepción***

Se recolectaron los datos mediante formatos impresos con alternativas múltiples, descritos en el anexo. El personal que encuestó y entrevistó constó de 3 personas, 2 de ellas situadas en la calle Virgen Milagrosa y una en la calle Lima. Las encuestas se realizaron a personas que accedieron a contestar, incluyendo extranjeros; el intervalo de edad de los encuestados se situó entre los 20 y 65 años. Con el propósito de evaluar las condiciones de interacción entre ciclistas y peatones se consideró una sección de encuesta para la percepción de este tipo de interacción intermodal.

- ***Software Visswalk 8***

Se usó esta herramienta de micro-simulación, en el capítulo 4 se detallan lo correspondiente a la elaboración del modelo hasta llegar a análisis en el capítulo 5. Para empezar a modelar, son necesarios recolectar datos geométricos del área de estudio.

- ***Datos geométricos***

Se obtuvieron los datos de la calle en estudio de planos preexistentes, así como de mediciones in-situ para recolectar datos de elementos de las calles, como bolardos. Las características de interés son aquellas que se ingresaron en el software. Se obtuvieron los datos el día sábado 1 de setiembre del 2018 a las

3:30 pm, las herramientas utilizadas fueron: el software Google Earth Pro 2018 y una cinta métrica de 3m.

- ***Videgrabaciones y conteo manual***

Se grabó con 1 cámara digital, 2 cámaras semiprofesionales Samsung serie NX y una handycam (video cámara digital) colocadas con sus respectivos trípodes. Debido a que se trabajó en un área correspondiente a dos calles peatonales que se intersecan, se trabajó con cuatro puntos de control ubicados al inicio de cada calle y a la intersección. El personal capacitado para la toma de datos, 5 personas, contabilizó los peatones mediante una aplicación para smartphones de un contador digital.

- ***Datos de demanda***

Para analizar el flujo peatonal, fue necesario realizar el conteo de peatones de manera manual y el uso de videgrabaciones de manera simultánea para poder obtener los datos de toda el área en estudio y cubrir los puntos ciegos de las cámaras videgrabadoras. Las grabaciones deben realizarse de manera discreta para no alterar el comportamiento de los peatones, ya que la presencia de cámaras genera un efecto de disuasión hacia los transeúntes lo cual alteraría significativamente el proceso de recolección de datos.

La toma de datos se realizó en dos intervalos, correspondientes a la calibración y validación en el software VISWALK. El primer intervalo fue de 4:30 pm a 5:00 pm y el segundo de 5:35 pm a 6:05 pm, ambos intervalos el día sábado 1 de setiembre del 2018.

Para medir la velocidad media de los peatones se utilizaron como puntos de referencia en los vídeos, los bolardos verdes que delimitan un carril intermodal (utilizado en ocasiones excepcionales para el ingreso de vehículos al frontis de la iglesia), que están separados 1.85 m entre sí, tienen una altura de 0.9 m y son visibles desde los puntos de control; con lo cual se estimó la velocidad media como el tiempo en el que un peatón tarda en recorrer el espacio entre cuatro de estos bolardos.

### 3.4.2 Herramientas cualitativas

En este grupo de herramientas los datos de campo se pueden agrupar de acuerdo al objeto de investigación. Para el caso del componente social se recolectaron datos de percepción.

- ***Fotografías y videgrabaciones***

Se fotografió y grabó con 1 cámara digital y 2 cámaras semi-profesionales Samsung serie NX. El objetivo de las fotografías y videgrabaciones es de evidenciar las ocurrencias, fenómenos y características de los peatones y del área de estudio. No se fijaron el número máximo ni mínimo de fotografías, pero sí se hizo una lista de pendientes que era coherente con el registro diario y se evaluó todo el tiempo de grabación las actividades que realizaban los peatones para luego realizar un mapa de actividades. Cabe resaltar que el registro fotográfico se realizó en todo el proceso de manera simultánea. Además, con el propósito de evaluar las condiciones de interacción entre ciclistas y peatones que presenta la zona de estudio, se tomó evidencia fotográfica y de video.

- ***Entrevistas***

Se realizaron 12 entrevistas informales las cuales no se transcribieron, según los investigadores, es el número mínimo en el que se deja de recibir información nueva en una muestra homogénea (Guest, Bunce and Johnston, 2006), ya que no se hizo diferenciación entre género, ni intervalos de edad; la muestra es representativa.

- ***Datos de percepción***

Mediante entrevistas se obtuvieron los datos de percepción; estas se realizaron el día domingo 2 de setiembre desde las 3:00 pm hasta las 7:00 pm. De los encuestados, 12 accedieron a entrevistas, las cuales se desarrollaron de las preguntas de las encuestas y cuyas particularidades y opiniones fueron registradas en el registro diario. El personal que entrevistó fue el mismo que encuestó.

### **3.5 Análisis de resultados**

En esta sección se analiza la información resultante de los procesos metodológicos anteriormente descritos. Se clasifican en dos tipos, según el enfoque, cualitativo o cuantitativo.

#### **3.5.1 Análisis comparativo de valores**

Este análisis corresponde a las herramientas cuantitativas. Los parámetros a evaluar, para posteriormente caracterizar, es la *densidad peatonal*, de la cual depende los niveles de servicio (*Level of service*) con lo cual se podrá evaluar la situación actual del caso de estudio referente a la calidad de transitabilidad, densidad y flujo peatonal; además de la *velocidad media peatonal* y los *parámetros Tau y Lambda*. Una vez identificadas las características de cada calle se procede a comparar entre ellas.

#### **3.5.1 Análisis comparativo de comportamiento y diseño urbano**

Los resultados sustentan las comparaciones de las *cualidades de diseño urbano* de cada calle mediante fotografías, debido a que también influyen en el flujo y comportamiento peatonal. Para analizar las cualidades del diseño urbano del espacio público, se tomó como referencia el Manual “Pedestrian- and Transit-Oriented Design” de Ewing y Bartholomew (2013).

En el registro diario se acotaron las actividades de estancia observadas mediante videograbaciones y fotografías, las cuales ayudaron a diferenciar el *comportamiento social* de cada calle.

## CAPÍTULO 4: CREACIÓN, CALIBRACIÓN Y VALIDACIÓN DEL MODELO EN VISWALK 8.

### 4.1 Creación del modelo peatonal en Viswalk

El procedimiento realizado para la elaboración del modelo peatonal empleando el software AutoCAD 2018 partió desde la ubicación de la zona de estudio con la herramienta “Toogle Background Map” la cual permite acceder a la ubicación geográfica del lugar de estudio en la cual se muestran el nombre de las calles y se identifican el tipo de vías, así como lugares históricos, luego con los datos hallados se elabora un plano delimitando el área de estudio como se muestra en la Figura 4.1.



Figura 4.1. Ubicación de la zona de estudio.

Fuente: AutoCAD (2018)

#### 4.1.1 Elección del fondo, escala y delimitación de áreas

Una vez ubicada la locación dentro del software VISWALK 8, se procedió con el uso del software Google Earth Pro con el cual también se ubicó el área de estudio y se tomó una captura y con la cual se delimita el área de estudio de manera conveniente y, a continuación, se importa la imagen desde VISWALK con la herramienta ubicada en la pestaña “View” seguida de “Backgrounds” mediante la cual se selecciona el archivo obtenido anteriormente para servir de plantilla.

Con el fondo del área de trabajo, se realizó el trazado de las áreas peatonales y la ubicación de obstáculos para ambas calles. Cabe resaltar que cada calle posee una característica singular, por lo cual ambas calles se modelaron como áreas distintas, a las cuales se asignaron configuraciones y parámetros distintos tales como distribuciones de velocidades distintas y comportamiento peatonal. Esta diferenciación se realizó debido al tipo de actividades que se realizan en cada calle, así como la presencia de elementos físicos como bolardos, bancas, cercas, farolas, áreas verdes, etc., los cuales influyen en la toma de decisión y el comportamiento peatonal por el efecto de atracción o repulsión que generan (Ver Figura 4.2).



*Figura 4.2. Modelo peatonal con áreas y obstáculos, en planta.*

Fuente: Elaboración Propia.

#### 4.1.2 Rutas y flujos peatonales

Una vez delimitada dentro del VISWALK el área peatonal de tránsito y los obstáculos, se procedió a asignar las áreas de entrada y salida de peatones, las cuales se determinaron con la información recolectada con cámaras estacionarias las cuales registraron las rutas de los peatones que ingresaron y salieron del área de estudio en un intervalo de media hora por los puntos de establecidos. Estas rutas abarcan las dos calles peatonales a analizar y permiten conocer los patrones de ruta seguidos por los peatones.



*Figura 4.3. Identificación de puntos de entrada y salida peatonales.*

Fuente: Elaboración Propia.

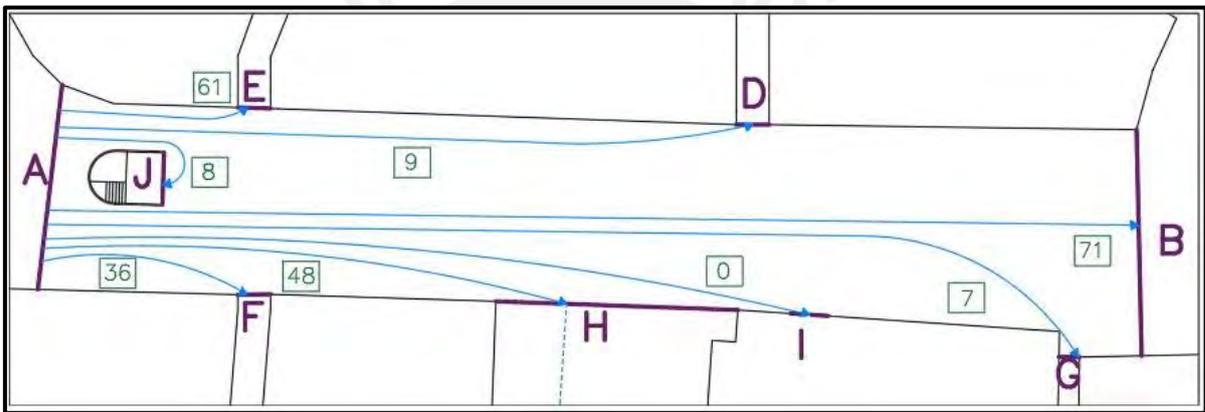


*Figura 4.4. Ubicación de obstáculos y puntos de entrada y salida de peatones*

Fuente: Elaboración Propia.

Se estimaron las rutas de acuerdo a los conteos realizados por video para cada entrada, así como la validación del mismo por medio de los conteos manuales realizados in situ. Se determinó la cantidad de peatones que entraban por cada área delimitada, así como el tiempo que cada peatón demoraba para ir desde un área de ingreso hacia un área de salida. Cabe señalar que se incluyó el tiempo en el cual cada peatón se detenía a tomar fotografías, a apreciar las actividades o a descansar momentáneamente en las bancas.

Todas estas características de la vida urbana, observada y recolectada, servirán para establecer los patrones de comportamiento, los cuales influirán significativamente en los parámetros  $\lambda_{mean}$  ( $\lambda_{mean}$ ) y  $\tau$  ( $\tau$ ), ingresados en el software VISWALK, los cuales determinarán la reacción de cada peatón ante la influencia de otros peatones y el entorno físico.



*Figura 4.5 Rutas a partir del punto A.*

Fuente: Elaboración Propia.

Para una mejor representación del modelo se importan objetos en 3D, los cuales se ubicarán sobre áreas de obstáculos para generar el efecto de repulsión por parte de los peatones. Estos objetos representan las actividades de vida urbana y las características del espacio público que se realizan en el área de estudio, tales como los caballetes con pinturas, de los vendedores de arte, los árboles, las farolas de alumbrado público y cercas. con lo cual el modelo quedaría representado como en las Figuras 4.6 y 4.7.



*Figura 4.6. Vista en 3D del modelo, zona de exposición de arte.*

Fuente: Elaboración Propia.



*Figura 4.7. Vista en 3D del modelo, zona de tránsito peatona.*

Fuente: Elaboración Propia.

Se debe tener en cuenta que el espaciado entre objetos debe ser lo más representativo posible, siendo importante la asignación de áreas planas como obstáculos en la base de los objetos en 3D, de lo contrario, los peatones del modelo atravesarán los objetos y no generará efecto de repulsión o efecto evasivo alguno, así mismo, se debe de establecer un

espaciado considerable entre objetos y sus respectivas zonas de base de obstáculos, puesto que los peatones en la simulación podrían generar incorrecciones al tratar de atravesar por dichos espacios.

Una manera con la cual corroborar la veracidad del modelo del entorno en el software VISWALK 8 es comparando las similitudes entre la evidencia audiovisual y el modelo desde vistas en ángulos similares. En este caso, se comparan las dos tomas del video para la recolección de datos, y fotografías de evidencia para la caracterización del entorno urbano.



*Figura 4.8. Vista en 3D del modelo.*

Fuente: Elaboración Propia



*Figura 4.9. Vista desde el punto de grabación.*

Fuente: Elaboración Propia.



*Figura 4.10. Vista en 3D del modelo, Calle Virgen Milagrosa.*

Fuente: Elaboración Propia



*Figura 4.11. Vista desde el punto de grabación.*

Fuente: Elaboración Propia.



*Figura 4.12. Vista en 3D del modelo, Calle Lima.*

Fuente: Elaboración Propia.



*Figura 4.13. Vista de campo de la Calle Lima.*

Fuente: Elaboración Propia.

#### **4.1.3 Distribución de velocidades deseadas y configuración del modelo**

Las velocidades para cada calle se ingresan al software VISWALK 8 en base a los datos obtenidos de las mediciones en campo. Para cada calle se determinaron áreas de toma de muestra, con distancias conocidas, en las cuales se analizaron los tiempos de treinta peatones, posteriormente se calcularon sus velocidades y empleando un análisis de frecuencias, se obtuvieron las frecuencias absolutas características de cada calle. A continuación, se muestran los resultados obtenidos a partir de los valores máximos, mínimos y la media de los datos de campo mostrados en la Figura 4.14.

	<b>LIMA</b>	<b>VIRGEN MILA.</b>
Máximo (km/h)	4.77	3.76
Mínimo (Km/h)	3.46	1.95
Media (Km/h)	4.16	2.55
Cantidad de datos	30	30

*Figura 4.14. Resultado de velocidades de campo (Km/h).*

Fuente: Elaboración Propia.

Para realizar el procedimiento para calcular los intervalos de frecuencia se necesita conocer los datos característicos de la muestra como los valores máximos y mínimos; la media muestral y la cantidad de datos. Con ello se determina la cantidad de intervalos de frecuencia haciendo uso de la ecuación de la Regla de Sturges y a continuación se determina la amplitud de intervalo de clases. Una vez realizadas estas operaciones se podrá construir el intervalo de frecuencias de velocidades deseadas como se muestra en la Figura 4.15 y 4.16.

$$R = X_{max} - X_{min}$$

$$K = 1 + 3.322 * \text{Log}(\bar{x}) \cong 6 \text{ (Regla de Sturges)}$$

$$A_i = \frac{R}{K} \text{ (Amplitud de intervalo de clases)}$$

INTERVALO DE CLASES		$\bar{x}$	f	hi	F	Hi
1.95	2.26	2.11	8	0.3	8	0.27
2.26	2.57	2.42	12	0.4	20	0.67
2.57	2.88	2.73	3	0.1	23	0.77
2.88	3.19	3.04	5	0.2	28	0.93
3.19	3.50	3.35	1	0.0	29	0.97
3.50	3.81	3.66	1	0.0	30	1.0
			30	1		

Figura 4.15. Cuadro de frecuencias de velocidades deseadas (Km/h), Calle Virgen Milagrosa.

Fuente: Elaboración propia.

INTERVALO DE CLASES		$\bar{x}$	fi	hi	Fi	Hi
3.46	3.68	3.57	2	0.1	2	0.07
3.68	3.90	3.79	3	0.1	5	0.17
3.90	4.12	4.01	8	0.3	13	0.43
4.12	4.34	4.23	9	0.3	22	0.73
4.34	4.56	4.45	3	0.1	25	0.83
4.56	4.78	4.67	5	0.2	30	1.00
			30	1		

Figura 4.16. Cuadro de frecuencias de velocidades deseadas (Km/h), Calle Lima.

Fuente: Elaboración propia.

De los cuadros de frecuencias absolutas, sus respectivas gráficas de frecuencias absolutas serán las que se ingresarán al VISWALK como parámetro “Desired Speed Distributions” para cada calle.

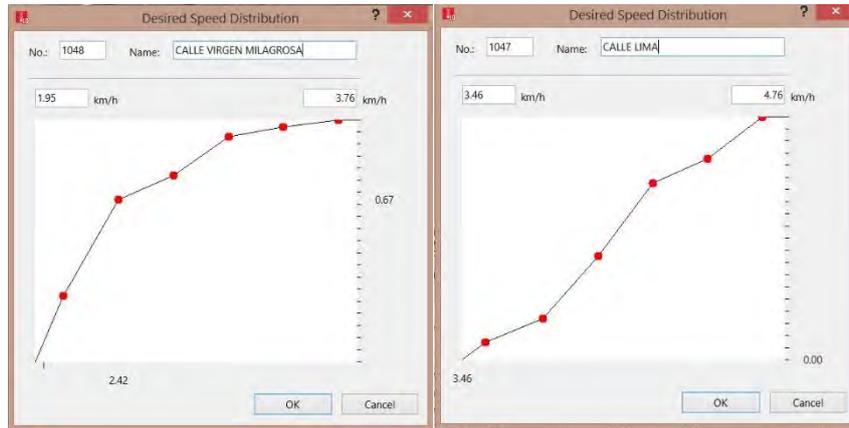


Figura 4.17. Tabla de distribución de velocidades deseadas (Km/h).  
Calle Milagrosa (izquierda) y Calle Lima (derecha).

Fuente: Elaboración Propia.

Se configuran los parámetros de simulación en la pestaña “Evaluation” y en la opción “Parameters”, en la cual se establecerán el periodo de evaluación (Period), el warm-up time (Start Time), el número semilla (Random seed) y el número de corridas.

El periodo de simulación se estableció en dos etapas para la recolección de datos de campo, la primera etapa, de treinta minutos, la cual nos servirá para estimar el flujo de peatones en las rutas, la distribución de las velocidades en una sección determinada de cada calle y con ello se podrá calibrar los resultados tomados en campo de manera aleatoria a treinta peatones comparándolos con el resultado del software, previamente habiendo asignado valores de Tau ( $\tau$ ) y Lambda ( $\lambda$ ), como parte de la caracterización del comportamiento peatonal (Walking Behavior) en cada calle, con los cuales el comportamiento de los peatones será análogo a lo observado en campo por medio de las herramientas audiovisuales.

La segunda etapa consta de un periodo de treinta minutos, en la cual se obtendrá el flujo peatonal en las rutas, una nueva distribución de velocidades para cada calle y con ello se validará lo obtenido en la primera etapa, manteniendo los valores de Tau ( $\tau$ ) y Lambda ( $\lambda$ ), pero variando los flujos peatonales en cada ruta establecida, con lo cual se obtendrá a su vez nuevas distribuciones de velocidades deseadas para cada calle

Los parámetros de configuración no se establecieron de manera arbitraria. El periodo de simulación se estableció mediante el tiempo de recolección de datos, el cual fue de treinta minutos por grabación; el Start-Time (warm-up) se estableció como el tiempo que transcurre un peatón con velocidad media en recorrer de ida y vuelta una de las calles; el número semilla se establece como 42 para asegurar un nivel de aleatoriedad de eventos en la micro simulación y, por último, el número de corridas se eligió como 20 para posteriormente verificar si dicho número elegido es válido mediante el cálculo del número de corridas mínimo.

Para el presente análisis, los valores adoptados fueron:

<b>Periodo de simulación</b>	<b>1800 segundos</b>
<b>Start-Time (warm-up)</b>	300 segundos
<b>Random Seed</b>	42
<b>Número de corridas</b>	20

*Figura 4.18. Cuadro de parámetros de simulación.*

Fuente: Elaboración Propia.

El número de corridas se establece a partir de un número de corridas mínimo, el cual se obtiene mediante la siguiente fórmula:

$$n_{min} = \left( t_{\frac{\alpha}{2}} * \frac{S}{e} \right)^2 \text{ (Ecuación 4.1)}$$

$n_{min}$  : Número mínimo de corridas.

$t_{\frac{\alpha}{2}}$  : Valor de t-student obtenido de tabla según la cantidad de datos.

$S$  : Desviación estándar de la muestra de campo.

$e$  : Error esperado igual al 10% de la media obtenida del software.

## 4.2 Calibración del modelo

La calibración del modelo se efectuará haciendo uso de los resultados obtenidos del software VISWALK 8 y los datos medidos en campo, previamente, se configuran los parámetros tau y lambda, los cuales determinan el comportamiento peatonal para cada calle con las distribuciones de velocidad deseadas de cada calle. Para el presente análisis, se calibró el modelo asignando valores para comportamiento peatonal y se verificó que no ocurran eventos que alteren el comportamiento o el libre tránsito de los peatones tales como cuellos de botella u obstaculizaciones entre peatones. Para el presente análisis se eligieron los valores de Tau ( $\tau$ ) igual a 0.6 para la calle Virgen Milagrosa y 0.55 para la calle Lima, y un valor de Lambda ( $\lambda$ ) igual a 0.75 para la calle Virgen Milagrosa y 0.85 para la calle Lima.

Para comprobar si el número de corridas es el adecuado, es decir, si supera el número mínimo para cada calle según los resultados, se emplea la ecuación 4.1 haciendo uso de los datos obtenidos del software VISWALK 8 y los datos obtenidos de campo, los cuales se muestran en la Figura 4.19.

DATO	LIMA	VIRGEN MILA.
V prom (Km/h)	4.16	2.55
Desv. Est. (campo)	0.327	0.41
Media (Km/h) Viswalk8	3.99	2.35
# datos	30	30

Figura 4.19. Datos para el cálculo del número mínimo de corridas en la calibración.

Fuente: Elaboración Propia.

A continuación, se muestran los cálculos del número mínimo de corridas para ambas calles:

El valor de  $t_{\frac{\alpha}{2}}$  se calcula con la distribución de t-student, el cual arroja un valor igual a:

$$t_{\frac{\alpha}{2}} = 2.0930$$

**Calle Lima:**

$$n_{min} = \left( 2.0930 * \frac{0.327}{0.399} \right)^2$$
$$n_{min} = 2.942 \cong 3$$

**Calle Virgen Milagrosa:**

$$n_{min} = \left( 2.0930 * \frac{0.41}{0.235} \right)^2$$
$$n_{min} = 13.3 \cong 14$$

Los números de corridas mínimos calculados para cada calle resultaron menor al número de corridas empleado, con lo cual se puede concluir que el número de corridas empleado es el correcto para el proceso de calibración.

Los datos a analizar serán las velocidades de ambas secciones establecidas para la recolección de datos en el software, las cuales a su vez fueron usadas para medir las velocidades características de treinta peatones en campo. Con los datos necesarios, se procederá a realizar una prueba de aleatoriedad con la cual se analizará las diferencias entre las medias de los conjuntos de datos tomados en campo y los obtenidos en el software, independientemente para cada calle. Esta prueba se realizará con la herramienta virtual StatKey, el cual realizará una prueba aleatoria para una diferencia de medias (Randomization Test for a Difference in Means) mediante la prueba de hipótesis nula y alternativa para comprobar supuestos. Se requiere utilizar el conjunto de datos de cada calle y generar diez mil muestras aleatorias.

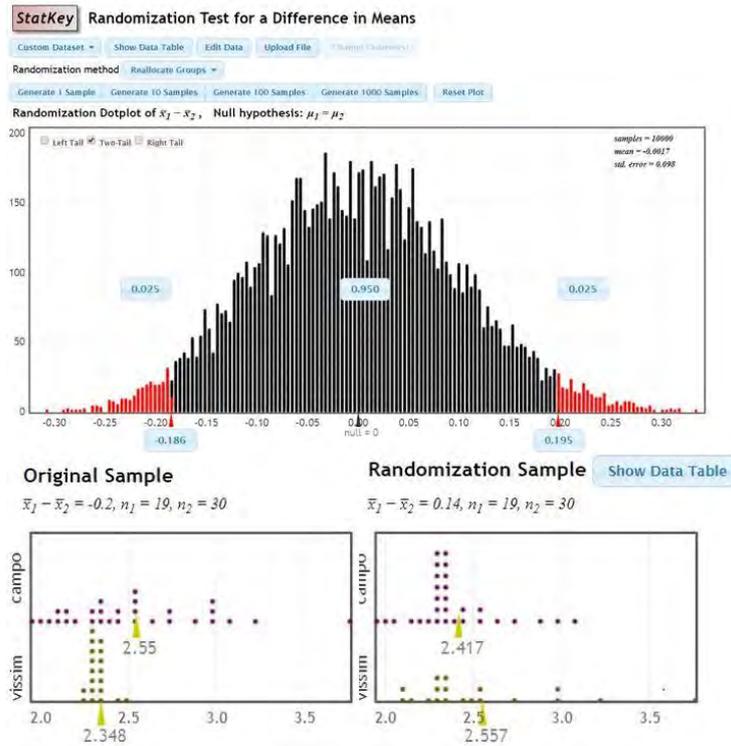


Figura 4.20. Prueba de aleatoriedad de velocidades en la Calle Virgen Milagrosa.

Fuente: Elaboración Propia.

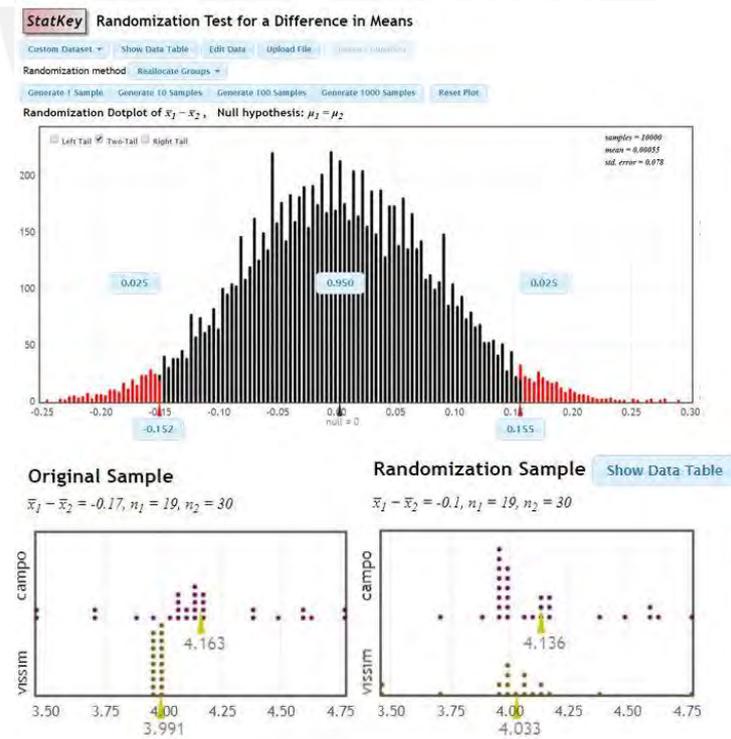


Figura 4.21. Prueba de aleatoriedad de velocidades en la Calle Lima.

Fuente: Elaboración Propia.

Los resultados obtenidos se muestran en las Figuras 4.20 y 4.21 las cuales indican que en la Calle Virgen Milagrosa la diferencia entre las medias entre los datos obtenidos en campo y la media obtenida del software es de 0.2 Km/h, y la diferencia de medias de velocidades datos obtenidos por la prueba de aleatorización son de 0.14 Km/h respectivamente (Ver Figura 4.19); mientras que en la Calle Lima se observa que se la diferencia entre las medias de las velocidades medidas en campo y la media de los valores obtenidos del software son de 0.17 Km/h y la diferencia de medias producto de la aleatorización es de 0.1 Km/h (Ver Figura 4.20).

En ambos casos se comprueba que el nivel de confianza de la prueba se encuentra dentro del 95% y podemos tomar los datos obtenidos del software como representativos.

### 4.3 Validación del modelo

Para este proceso se debe introducir nuevos datos de entrada recolectados de campo. Se inicia ingresando estos nuevos valores sin modificar la infraestructura del área en estudio. Luego, se corre el modelo y finalmente, se verifican los parámetros de calibración. La validación está completa si se obtienen valores similares, caso contrario, se verifican los errores y se realiza la calibración hasta obtener la similitud en la validación.

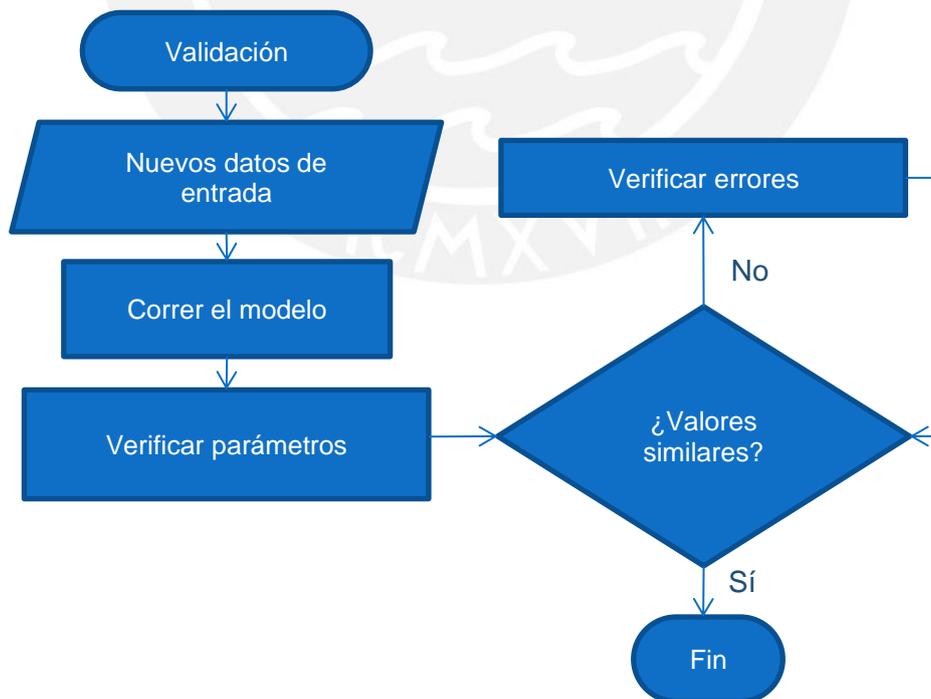


Figura 4.22. Proceso iterativo de validación de modelo de micro simulación

Fuente: Adaptado de FWHA (2004)

La validación del modelo se realizó con los datos obtenidos de la segunda etapa de obtención de imágenes durante treinta minutos. Al igual que en la primera etapa de recolección de datos, se midieron los flujos peatonales de las entradas y salidas dentro del área de estudio, así como se obtuvieron medidas de treinta peatones al azar en las mismas secciones en las cuales se calcularon los tiempos entre dos puntos, con lo cual se calcula la velocidad media representativa de campo para esta segunda etapa. Los datos de Tau ( $\tau$ ) y Lambda ( $\lambda$ ) se mantuvieron iguales para esta etapa, sin embargo, se pudo apreciar que el volumen de peatones se incrementó.

Con estos datos se obtuvieron nuevos valores de distribución de velocidades deseadas para las calles, con lo cual se realizaron las operaciones para determinar la frecuencia absoluta con lo cual se obtendrán los valores para asignar las distribuciones de velocidades a cada calle.

INTERVALO DE CLASES		$\bar{x}$	fi	hi	Fi	Hi
2.94	3.18	3.06	4	0.1	4	0.13
3.18	3.42	3.30	2	0.1	6	0.20
3.42	3.66	3.54	6	0.2	12	0.40
3.66	3.90	3.78	8	0.3	20	0.67
3.90	4.14	4.02	5	0.2	25	0.83
4.14	4.38	4.26	5	0.2	30	1.00
			30	1		

Figura 4.23. Cuadro de frecuencias de velocidades (Km/h), Calle Virgen Milagrosa.

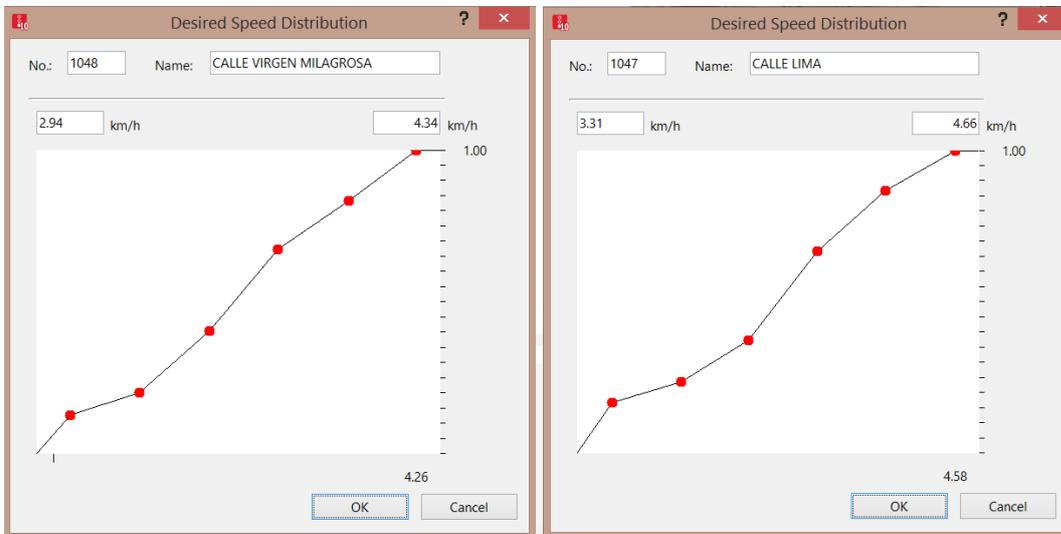
Fuente: Elaboración Propia

INTERVALO DE CLASES		$\bar{x}$	fi	hi	Fi	Hi
3.31	3.54	3.43	5	0.2	5	0.17
3.54	3.77	3.66	2	0.1	7	0.23
3.77	4.00	3.89	4	0.1	11	0.37
4.00	4.23	4.12	9	0.3	20	0.67
4.23	4.46	4.35	6	0.2	26	0.87
4.46	4.69	4.58	4	0.1	30	1.00
			30	1		

Figura 4.24. Cuadro de frecuencias de velocidades (Km/h), Calle Virgen Lima.

Fuente: Elaboración Propia

Calculadas las frecuencias absolutas correspondiente a las velocidades para cada calle se procede a ingresar dichos datos como “Desired Speed Distribution” dentro del VISWALK 8 como se muestra en la Figura 4.25.



*Figura 4.25. Tabla de distribución de velocidades para la validación (Km/h) Calle Virgen Milagrosa (izquierda) y Calle Lima (derecha).*

Fuente: Elaboración Propia.

La configuración de parámetros de la simulación se mantiene igual, así como las secciones de análisis del modelo, de esta manera se procede a ejecutar la simulación.

Una vez terminada las veinte corridas de esta segunda etapa, se procede a comprobar la validez del número de corridas empleando la ecuación 4.1 y, al igual que en el proceso de calibración, el valor de  $t_{\frac{\alpha}{2}}$  se calcula con la distribución de t-student para la misma cantidad de datos, pero con otros valores de velocidades y datos obtenidos de campo y de la simulación. Los valores obtenidos para ambas calles fueron los siguiente:

DATO	LIMA	VIRGEN MILA.
V prom (Km/h)	4.06	3.73
Desv. Est. (campo)	0.402	0.39
Media (Km/h) Viswalk8	3.85	3.55
# datos	30	30

Figura 4.26. Datos para el cálculo del número mínimo de corridas en la validación.

Fuente: Elaboración Propia.

Se comprueba el número mínimo de corridas en el proceso de validación análogamente al proceso de calibración.

**Calle Lima:**

$$n_{min} = \left( 2.0930 * \frac{0.402}{0.385} \right)^2$$

$$n_{min} = 4.75 \cong 5$$

**Calle Virgen Milagrosa:**

$$n_{min} = \left( 2.0930 * \frac{0.39}{0.355} \right)^2$$

$$n_{min} = 5.28 \cong 6$$

La cantidad de corridas empleadas en el modelo fueron superiores al número mínimo requerido para cada calle, con lo cual se concluye que se efectuó correcta simulación.

De los valores obtenidos en esta etapa, se analizan lo obtenido en campo y en software. Con los valores de las velocidades obtenidas de cada calle se realiza la prueba de aleatorización con diez mil muestras para comprobar la validez de los resultados.

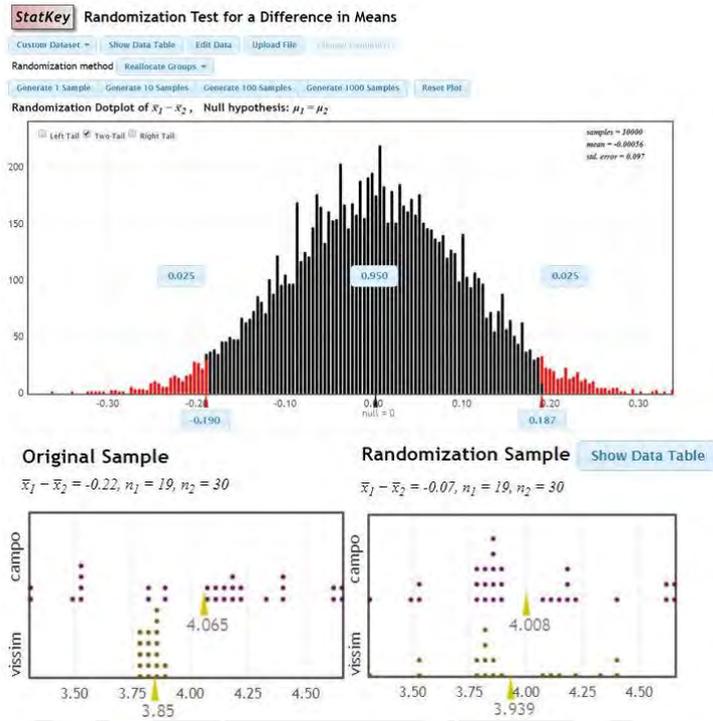


Figura 4.27. Prueba de aleatoriedad de velocidades en la Calle Lima para validación.

Fuente: Elaboración Propia.

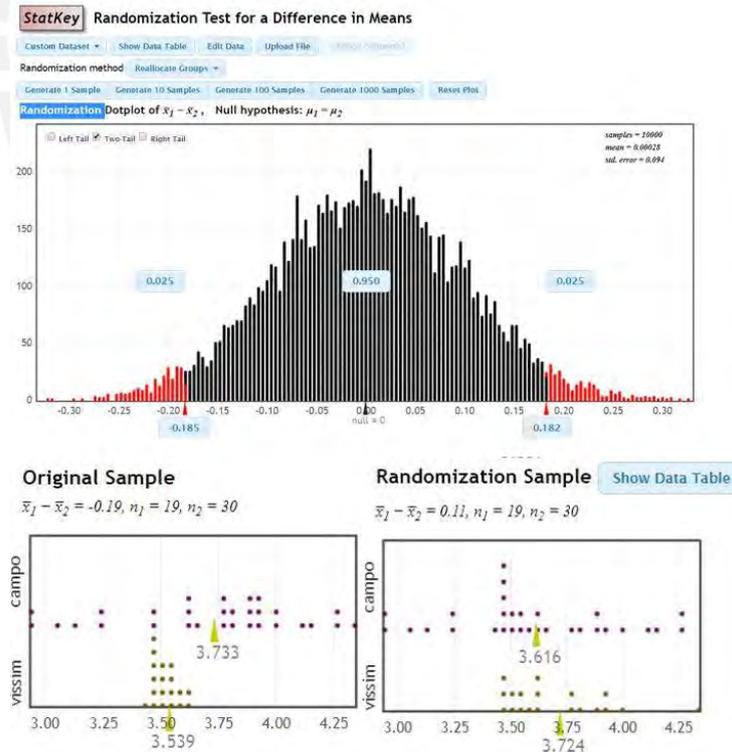


Figura 4.28. Prueba de aleatoriedad de velocidades en la Calle Virgen Milagrosa para validación.

Fuente: Elaboración Propia.

Las diferencias entre las medias de velocidades medidas en campo de las calles Lima y Virgen Milagrosa son de 0.22 Km/h y 0.19 Km/h respectivamente; mientras que la diferencia entre las medias producto de las pruebas de aleatorización es de 0.07 Km/h y 0.11 Km/h para las calles Lima y Virgen Milagrosa respectivamente (ver figuras 4.26 y 4.27).

Los resultados obtenidos aseguran que los valores de la simulación se ajustan a los valores reales debido a que se encuentran en el rango de confiabilidad del 95% con lo cual se comprueba que los resultados del VISWALK 8 serán representativos con relación al área de estudio.



## CAPÍTULO 5: ANÁLISIS DE RESULTADOS

### 5.1 Cualidades de diseño urbano del espacio público

Para el análisis de las cualidades de diseño urbano se utilizaron las siguientes herramientas: registro fotográfico, paseo de prueba, encuestas y registro diario sobre las actividades y opiniones de los peatones.

#### Cualidades del diseño urbano: Calle Virgen Milagrosa

- **“Imageability”:** *Imagenabilidad*

En términos de tener una imagen memorable que surge de componentes físicos y que capturan la atención de los peatones, como una gran escultura o estructura, la calle Virgen Milagrosa tiene imagenabilidad entre media y alta; ya que dentro de esta calle se encuentra el Municipio de Miraflores y la iglesia que lleva el mismo nombre, Virgen Milagrosa, ilustrada en la figura 5.1. Además, cuenta con una pileta de forma esférica en uno de sus extremos adyacentes a la avenida José Larco, mostrada en la figura 5.2. Cabe mencionar que la calle en estudio está inscrita dentro de un conjunto de parques que se encuentran en la ciudad de Miraflores; el Parque Kennedy y el Parque Central de Miraflores, los cuales tienen la imagenabilidad alta debido a su relación con los gatos.



*La línea amarilla delimita el borde de la Iglesia Virgen Milagrosa; el borde rojo corresponde al Palacio Municipal de Miraflores; ambos edificios memorables del área de estudio.*

*Figura 5.1. Calidad de imagenabilidad calle Virgen Milagrosa*

Fuente: Elaboración Propia



*La pileta esférica es un atributo arquitectónico de la calle Virgen Milagrosa en su proximidad con la av. Larco, además sirve de punto de referencia espacial.*

*Figura 5.2. Calidad de imagenabilidad calle Virgen Milagrosa*

Fuente: Elaboración Propia

- **“Enclosure”: Recinto**

Se considera que un espacio abierto es positivo cuando tiene forma distintiva y definida; además, cuando esta forma es tan importante como la forma de los edificios circundantes. El recinto está conformado por la superficie de la calle con frentes de edificaciones o elementos verticales ininterrumpidos de aproximadamente la misma altura. Se hace referencia a la analogía de una habitación, en la que los elementos verticales conforman los muros o paredes, y la calle es equivalente al suelo de la habitación.

De acuerdo a este parámetro, la calle Virgen Milagrosa se encuentra definida por su ancho, su arborización y otros elementos verticales como las farolas que le dan la sensación de un espacio con distribución espacial similar a una habitación, evidenciada en la figura 5.3, la relación entre el “piso” y las “paredes” es armónica. Sin embargo, en cuestión de edificaciones, los únicos edificios: la Municipalidad y la Parroquia, se encuentran enfocados en el extremo cercano a la Av. José Larco; sin continuidad de estructuras a lo largo de la calle en estudio. A pesar de lo anterior la calle califica como calidad de recinto positivo.



La altura de los árboles y los edificios junto con el ancho de la calle dotan de una sensación de distribución como la de una habitación.

Figura 5.3. Calidad de recinto calle Virgen Milagrosa

Fuente: Elaboración Propia

- **“Human Scale”: Escala Humana**

Los elementos físicos que contribuyen con la escala humana pueden ser los detalles de la calle en sí. En el caso de la calle Virgen Milagrosa, la calle posee un pavimento de adoquín rojo; el mobiliario de la calle consta de bancas con respaldar de tubos circulares y asientos de granito y madera, en los cuales pueden sentarse ocho personas por lado de la banca, la orientación de cada banca es hacia la calle y en medio se encuentran arbustos de mediana altitud.

Para acondicionar la calle a una escala más humana, existen macetas verticales de forma prismática de 1.6 m de altura que contienen plantas no leñosas, enredaderas; además, las farolas municipales de luz cálida de 2.8 m de altura; los elementos anteriormente mencionados se encuentran distribuidos equitativamente a lo largo de la calle, como se aprecia en las figuras 5.6 y 5.7.

Adicionalmente, existen dos accesos a los estacionamientos en los extremos de la calle en estudio, llamados A y B, los cuales presentan un diseño arquitectónico de acuerdo al criterio de escala humana: la altura de los elementos ornamentales es de

4.0 m, cuyas paredes son muros vivos y el perímetro es de vidrio, dotándole de transparencia, mostrados en la figura 5.4 y 5.5.

En conclusión, los elementos físicos arquitectónicos cumplen con la cualidad de escala humana en la calle Virgen Milagrosa, ya que todos los elementos pequeños tienen dimensiones relacionadas con el individuo humano, y los edificios son medianamente altos en relación al ancho de la vía peatonal creando un ambiente íntimo.



*El acceso al estacionamiento tiene las dimensiones que se requieren para asegurar su visibilidad equilibrando su relación con la escala humana.*

*Figura 5.4. Calidad de escala humana – acceso B a estacionamientos calle Virgen Milagrosa*

Fuente: Elaboración Propia



Al igual que la imagen anterior, el acceso A equilibra sus dimensiones con la escala humana, además, está rodeado de elementos que cumplen con esta cualidad.

*Figura 5.5. Calidad de escala humana – acceso A hacia los estacionamientos calle Virgen Milagrosa*  
Fuente: Elaboración Propia



Para incorporar una transición entre las dimensiones de los árboles de los parques vecinos, y los arbustos que se encuentran en las bancas (figura 5.23), estas macetas tienen la altura adecuada para la escala humana.

*Figura 5.6. Calidad de escala humana – maceta vertical calle Virgen Milagrosa*  
Fuente: Elaboración Propia



Los elementos de mobiliario e iluminación presentan cualidades de escala humana. Cabe resaltar que las farolas municipales (en amarillo) tienen coherencia con la escala humana, pero el alumbrado público (en rojo) no.

*Figura 5.7. Calidad de escala humana – farolas y bancas  
calle Virgen Milagrosa*

Fuente: Elaboración Propia

- **“Transparency”:** *Transparencia*

Las únicas dos edificaciones que se encuentran en la calle en estudio no contemplan elementos de transparencia hacia la calle en sí; pero sí los elementos que se encuentran en la calle como los accesos a los estacionamientos y las rejas que delimitan los parques de la calle. Esta última característica es predominante en cuanto a extensión, por lo que la calle sí cumple con la calidad de transparencia.

- **“Complexity”:** *Complejidad*

La complejidad de la calle Virgen Milagrosa es variada, pero no demasiada como para abrumar al peatón, hace referencia a la variedad del ambiente físico. Se analizarán en tres grupos: tipo de edificaciones, diversidad arquitectónica y ornamentación, actividad humana.

Según el tipo de edificaciones que se encuentran en dicha calle. La primera es el Palacio Municipal de Miraflores, el cual fue inaugurado en 1944 de estilo neo colonial, presenta cuatro pisos que albergan oficinas y ambientes para la atención al

público. En segundo lugar, se encuentra la Iglesia Virgen Milagrosa, ilustrada en la figura 5.8, perteneciente a la Iglesia católica, fue construida el siglo pasado y presenta las mismas características arquitectónicas que el palacio municipal adyacente.



*Iglesia Virgen Milagrosa (al centro), a la izquierda se encuentra el Palacio Municipal de Miraflores, ambas construcciones de estilo neo colonial.*

*Figura 5.8. Cualidad de complejidad calle Virgen Milagrosa*

Fuente: Perú Católico (2017)

Por otro lado, se encuentra la diversidad arquitectónica de la calle. Como se mencionó en el párrafo anterior, los edificios presentan un estilo neo colonial, en cambio, el mobiliario y la ornamentación pertenece al estilo arquitectónico actual, debido a su reciente construcción. Estos aspectos están contrapuestos y evidencian la variedad del ambiente físico. Los elementos de ornamentación están descritos en el acápite anterior de escala humana.

Por último, la actividad humana presente en la calle hace referencia al tipo de uso del espacio público. Mediante la observación, se pudo identificar las diversas actividades de los peatones que transitaban y los que hacían la calle su lugar de estancia. Se presenció la formación de grupos al transitar, además de grupos de ciclistas, también actividades socioculturales como baile mostradas en la figura 5.9, música en vivo y exposición de pinturas en caballetes como en la figura 5.10, este último con autorización de la Municipalidad.



*Grupo de danza que realiza una presentación nómada; los espectadores se detienen a observar y registrar dicha actividad. La música es reproducida mediante un parlante inalámbrico.*

*Figura 5.9. Cualidad de complejidad – baile calle Virgen Milagrosa*

Fuente: Elaboración Propia



*Exposición de retratos y pinturas de artistas locales, los peatones se detienen a observar y algunos acceden a ser retratados; es una actividad cultural, social y comercial.*

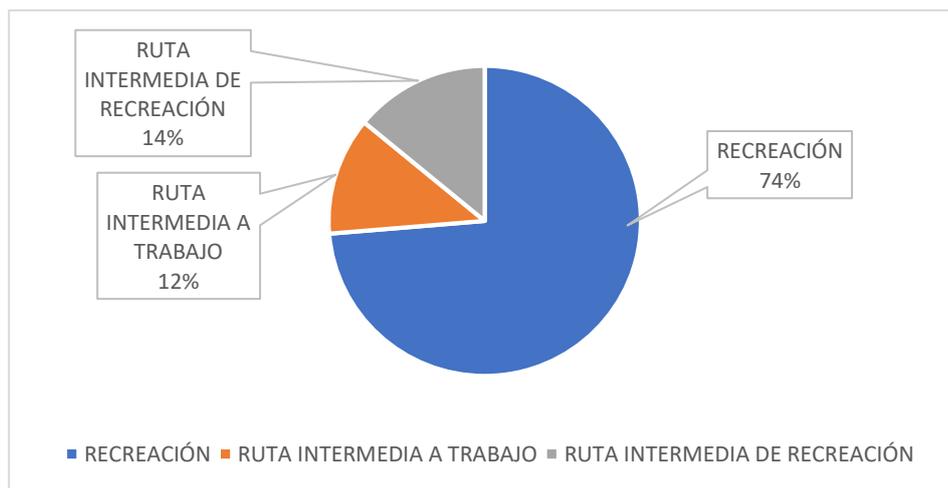
*Figura 5.10. Cualidad de complejidad – exposición de pinturas*

*calle Virgen Milagrosa*

Fuente: Elaboración Propia

- **“Coherence”:** *Coherencia*

De acuerdo a la descripción de la cualidad anterior, la calle presenta una moderada complejidad debido al contraste de las edificaciones con los demás elementos paisajísticos. La coherencia hace referencia a la continuidad en el diseño y en el ordenamiento temático, en este sentido, la calle en estudio presenta alta coherencia. La experiencia de recorrer la calle no resulta en escenas aburridas. Es un lugar de recreación, según la encuesta realizada a los peatones.



*Figura 5.11. Tipo de ruta según propósito de la calle Virgen Milagrosa.*

Fuente: Elaboración Propia

La figura 5.11 pertenece a la encuesta realizada a peatones de la calle Virgen Milagrosa, se evidencia la importancia del tipo de ruta con fines recreacionales, conectándola con la cualidad de coherencia de dicha calle.

- **“Legibility”:** *Legitimidad*

Hace referencia a la orientación y ubicación que los elementos de la calle pueden proveer a los transeúntes. De manera general, los puntos de acceso a los estacionamientos funcionan como puntos de referencia ya que están identificados y presentan características que los diferencian de otros elementos de la calle, además del tamaño que presenta en proporción a los peatones. Sin embargo, la ciclovía que

se encuentra en la calle, y que forma parte de la red de ciclovías del distrito de Miraflores, está diseñada de manera no consecuente con sus alimentadoras lo que genera malestar entre ciclistas y peatones, no solo confusión para los ciclistas sino la invasión de espacios entre estos dos tipos de usuarios de la vía. En la figura 5.12 se muestra el tramo de ciclovía que interrumpe el flujo peatonal.



*Evidencia de modificación del diseño de la ciclovía. El ciclista puede interrumpir el flujo de peatones que transitan, así como de los que realizan actividades de estancia (observar la exposición de pinturas).*

*Figura 5.12. Calidad de legitimidad – ciclovía calle Virgen Milagrosa*

Fuente: Elaboración Propia

- **“Linkage”: Conectividad**

Esta cualidad se analiza desde cada elemento de la vía peatonal hacia cada uno de ellos. Longitudinalmente, existen conectores físicos como los de borde, las rejas que delimitan la calle y las farolas ubicadas paralelas a estas en la calle Virgen Milagrosa, como se aprecia en la figura 5.13; además las bancas que están ubicadas en el centro y se distribuyen como las farolas. Con respecto a la calle Lima los conectores son discretos ya que se encuentran en el mismo nivel de piso y tienen el mismo tipo de

pavimento. Se puede concluir que la calle Virgen Milagrosa sí presenta cualidades de conectividad entre todos sus elementos físicos y visuales.



Las farolas se encuentran distribuidas en ambos lados de la calle y tienen continuidad (línea roja, para farolas de la izquierda). Por otro lado, en línea amarilla se resalta la continuidad de las rejas de medianía con el Parque Central de Miraflores.

*Figura 5.13. Calidad de conectividad calle Virgen Milagrosa*

Fuente: Elaboración Propia

### ***Cualidades del diseño urbano: Calle Lima***

- ***“Imageability”: Imagenabilidad***

La calle Lima tiene imagenabilidad entre media y baja; ya que dentro de esta calle se encuentra una pequeña rotonda, la recepción de la parroquia Virgen Milagrosa y uno de los lados de la mencionada parroquia. Cabe mencionar que la calle en estudio está inscrita dentro de un conjunto de parques que se encuentran en la ciudad de Miraflores; el Parque Kennedy y el Parque Central de Miraflores, los cuales tienen la imagenabilidad alta debido a su relación con los gatos. Pero esencialmente esta calle limita el Parque Kennedy, y en esta se encuentra una caseta para adopción de dichos felinos.

En términos de tener una imagen memorable que surge de componentes físicos y que capturan la atención de los peatones, como una gran escultura o estructura; la calle en estudio no presenta en abundancia dicha cualidad.

- ***“Enclosure”:* Recinto**

Esta cualidad hace referencia a la analogía de una habitación, en la que los elementos verticales conforman los muros o paredes, y la calle es equivalente al suelo de la habitación; según lo anterior, la calle en estudio no presenta la escala necesaria entre elementos verticales y el ancho de la vía peatonalizada, generando una analogía de pasadizo más que el de una habitación.

Las dimensiones de las edificaciones son congruentes entre sí y la altura de los árboles también, pero presenta un problema en cuanto al “suelo”, este es irregular, es más ancho en su intersección con la calle Virgen Milagrosa y angosta en su intersección con la avenida Ernesto Diez Canseco, formando una especie de “embudo”. La principal razón de esta particularidad es la ubicación de un restaurante que tiene mesas en la calle misma y la ubicación del acceso C a los estacionamientos, y el espacio diferencial entre la parroquia y su recepción. Por lo anterior, la calle presenta una cualidad de recinto negativo.

- ***“Human Scale”:* Escala Humana**

Los elementos físicos que contribuyen con la escala humana pueden ser los detalles de la calle en sí, en el caso de la calle Lima, esta posee un pavimento de adoquín rojo; el mobiliario de la calle consta de bancas con respaldar de tubos circulares y asientos de granito, en los cuales pueden sentarse tres personas por banca, la orientación de cada banca es hacia la calle y están distribuidos equitativamente en el lado de la vía que colinda con el Parque Kennedy; para acondicionar la calle a una escala más humana, existen bancas en forma de cubos ilustradas en la figura 5.14, sin respaldar, también de granito en la que solo cabe una persona y se encuentran distribuidos en el frontis de la parroquia que pertenece a esta calle. Adicionalmente, existe el acceso C a los estacionamientos, ubicado en frente de la recepción de la parroquia Virgen Milagrosa, cerca de la intersección de la calle con el mismo nombre y la calle Lima, presenta un diseño arquitectónico de acuerdo al criterio de escala humana: la altura

de los elementos ornamentales es de 4.0 m, cuyas paredes son muros vivos y el perímetro es de vidrio, dotándole de transparencia.



*Bancas y macetas en forma de cubos de granito, ubicadas en el frontis de la Iglesia Virgen Milagrosa hacia la calle Lima. Los elementos no dotan comodidad pero sus dimensiones sí son coherentes con la escala humana.*

*Figura 5.14. Calidad de escala humana – bancas personales calle Lima*

Fuente: Elaboración Propia

En conclusión, los elementos físicos arquitectónicos cumplen con la adecuada calidad de escala humana en la calle Lima, ya que todos los elementos pequeños tienen dimensiones relacionadas con el individuo humano, y los edificios son medianamente altos en relación al ancho de la vía peatonal creando un ambiente íntimo.

- **“Transparency”:** *Transparencia*

Existen dos restaurantes que presentan mesas en el exterior, las cuales dotan de transparencia a la vía en estudio. Adicionalmente, los demás locales comerciales tienen balcones y ventanas grandes, que se aprecian en la figura 5.15. En el otro lado de la vía, la que limita con el parque, posee rejas que dotan de visibilidad y transparencia. Se puede concluir que la calle sí cumple con la cualidad de transparencia.



Los restaurantes A y B cuentan con mesas en el exterior y el hostel C permite que sus huéspedes usen los balcones.

*Figura 5.15. Calidad de transparencia, calle Lima*

Fuente: Elaboración Propia

- **“Complexity”:** *Complejidad*

La complejidad de la calle Lima es baja, pero no demasiada como para aburrir al peatón, hace referencia a la variedad del ambiente físico. Se analizarán en tres grupos: tipo de edificaciones, diversidad arquitectónica y ornamentación, actividad humana. Según el tipo de edificaciones que se encuentran en dicha calle, se encuentran construcciones destinadas a actividades comerciales como hospedaje y servicios alimenticios, evidenciados en la figura 5.16, además se encuentra la recepción y despacho de la Parroquia Virgen Milagrosa, que es un edificio administrativo y la parroquia en sí, la cual es una edificación de interés religioso.

Por otro lado, se encuentra la diversidad arquitectónica de la calle. Como se mencionó en el párrafo anterior, los edificios tienen fines variados, y su construcción en su mayoría presenta un estilo neo colonial, en cambio, el mobiliario y la ornamentación pertenecen al estilo arquitectónico actual, debido a su reciente

construcción. Estos aspectos están contrapuestos y evidencian la variedad del ambiente físico. No presenta elementos ornamentales.

Por último, la actividad humana presente en la calle hace referencia al tipo de uso del espacio público. Mediante la observación, se pudo identificar que los peatones se limitaban a transitar y los que hacían de la calle su lugar de estancia en las bancas. Se presenció la formación de grupos al transitar, además de ciclistas.



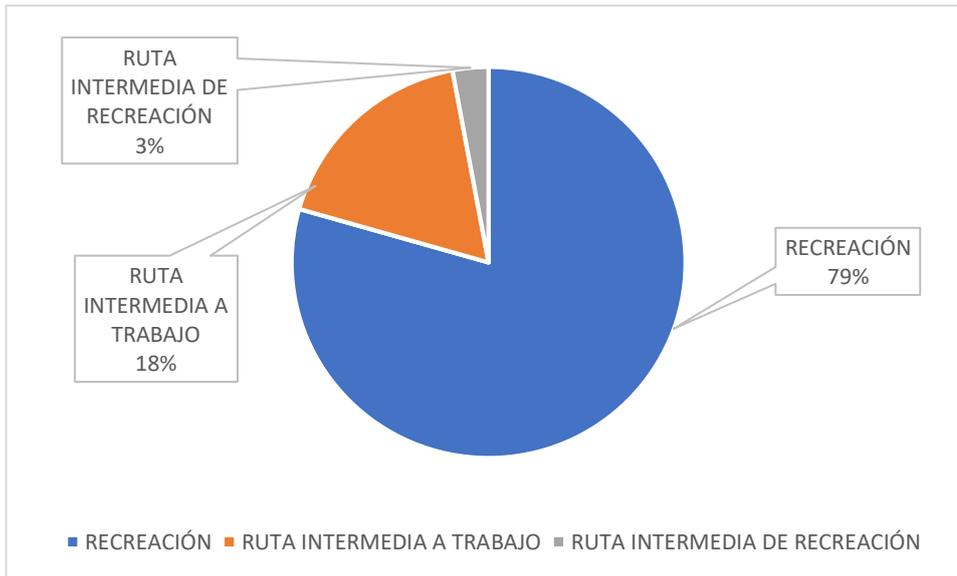
*Los peatones se limitan a transitar y sentarse en las bancas, evidenciando que no existe variedad en las actividades de estancia.*

*Figura 5.16. Calidad de complejidad, calle Lima*

Fuente: Elaboración Propia

- **“Coherence”: Coherencia**

La coherencia hace referencia a la continuidad en el diseño y en el ordenamiento temático, en este sentido, la calle en estudio presenta alta coherencia. De acuerdo a la descripción de la calidad anterior, la calle presenta una baja complejidad debido a que no existe contraste de las edificaciones con los demás elementos paisajísticos, añadido a esto la alta coherencia, se puede concluir que la experiencia de recorrer la calle resulta en escenas aburridas. Es un lugar de recreación, según la encuesta realizada a los peatones, pero en la que no se realizan actividades variadas.



*Figura 5.17: Tipo de ruta según propósito de la calle Lima*

Fuente: Elaboración Propia

La figura 5.17 pertenece a la encuesta realizada a peatones de la calle Lima, se evidencia la importancia del tipo de ruta con fines recreacionales, conectándola con la cualidad de coherencia de dicha calle.

- **“Legibility”: Legitimidad**

Hace referencia a la orientación y ubicación que los elementos de la calle pueden proveer a los transeúntes. De manera general, los puntos de acceso a los estacionamientos funcionan como puntos de referencia ya que están identificados y presentan características que los diferencian de otros elementos de la calle, además del tamaño que presenta en proporción a los peatones. Sin embargo, no existe ciclovía en la calle, y la calle presenta bolardos fijos de 0.9 m de altura que simulan el carril para un vehículo cuya trayectoria inicia en la calle Schell y se dirige hacia una de las entradas de la Parroquia Virgen Milagrosa.

Los bolardos generan confusión entre ciclistas, peatones y vehículos, como se observa en la figura 5.18; ya que, durante la toma de datos para la simulación microscópica de la calle, se registró en la vía la interrupción de dos autos rentados y conducidos por turistas. Además, que existe confusión si esa es la ciclovía autorizada.



*Los bolardos, elementos verdes tubulares, simulan un carril, pero los ciclistas y peatones no tienen claro la utilidad de estos. Sin embargo, orienta de manera discreta a aquel que transite en la calle Lima.*

*Figura 5.18: Calidad de legitimidad, calle Lima*

Fuente: Elaboración Propia

- **“Linkage”:** *Conectividad*

Esta cualidad se analiza desde cada elemento de la vía peatonal hacia cada uno de ellos. Longitudinalmente, existen conectores físicos como los de borde, las rejas que delimitan la calle del Parque Kennedy y las bancas juntas a estas, pero en el otro borde no existen conectores físicos. Cabe mencionar que los bolardos fijos agregan conectividad en el centro de la calle diferenciándola de la calle Virgen Milagrosa. Con respecto a la calle Virgen Milagrosa los conectores son discretos ya que se encuentran en el mismo nivel de piso y tienen el mismo tipo de pavimento. Se puede concluir que la calle Lima sí presenta cualidades de conectividad entre todos sus elementos físicos, pero no visuales, ya que como mencionamos en el acápite anterior, los bolardos generan confusión con respecto del uso y su función en la vía de estudio.

## 5.2 Patrones de comportamiento y percepción peatonal en el espacio público

Se ha elegido obtener los datos a través de estudios cualitativos, encuestas; ya que permiten el contacto directo con la realidad, en este caso a través de la recolección de información mediante un diario, paseos de prueba y registro fotográfico, además de facilitar el conocimiento profundo de un fenómeno. Según Orellana et al (2017) los estudios cualitativos permiten entender la complejidad de los desplazamientos cotidianos, actitudes, percepciones y razones del peatón.

Tradicionalmente el análisis de movilidad urbana ha asumido un enfoque de optimización, por ejemplo, el de la ruta más corta, en distancia y/o tiempo, elegida por el peatón hacia un destino. El movimiento peatonal, como actividad humana es más que un ejercicio de optimización que está influenciado por otros factores como la cultura, la accesibilidad, la seguridad, el confort, entre otros. Para el estudio de la relación de los peatones con el espacio público se analizaron los siguientes aspectos:

- **Accesibilidad**

La conectividad es uno de los aspectos que inciden en la decisión de moverse o no, así como la continuidad física y visual del espacio público. De igual forma, la calidad de la infraestructura es un factor determinante. Es por ello, que las preguntas 3 y 5 cuestionan en nivel de satisfacción con el espacio de circulación de peatones y de ciclistas respectivamente.

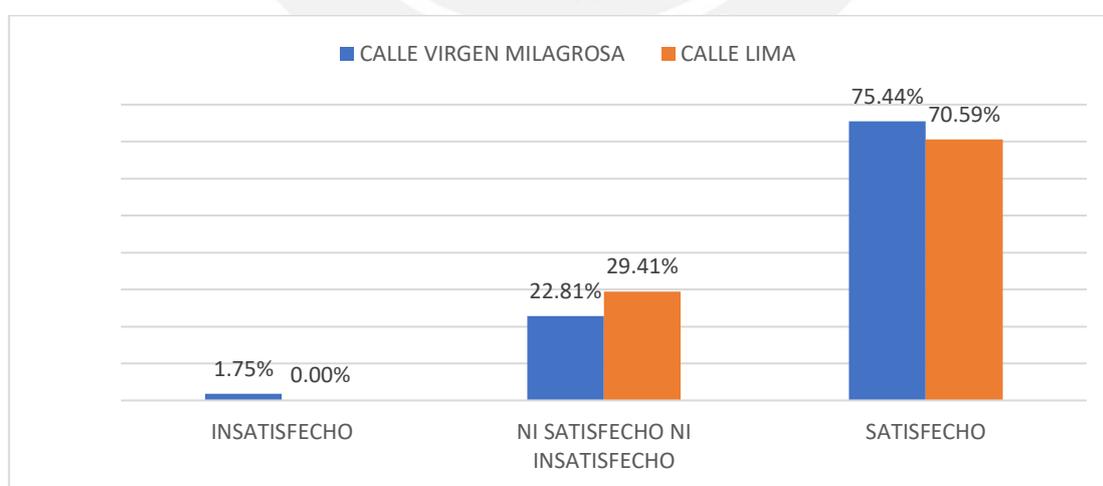
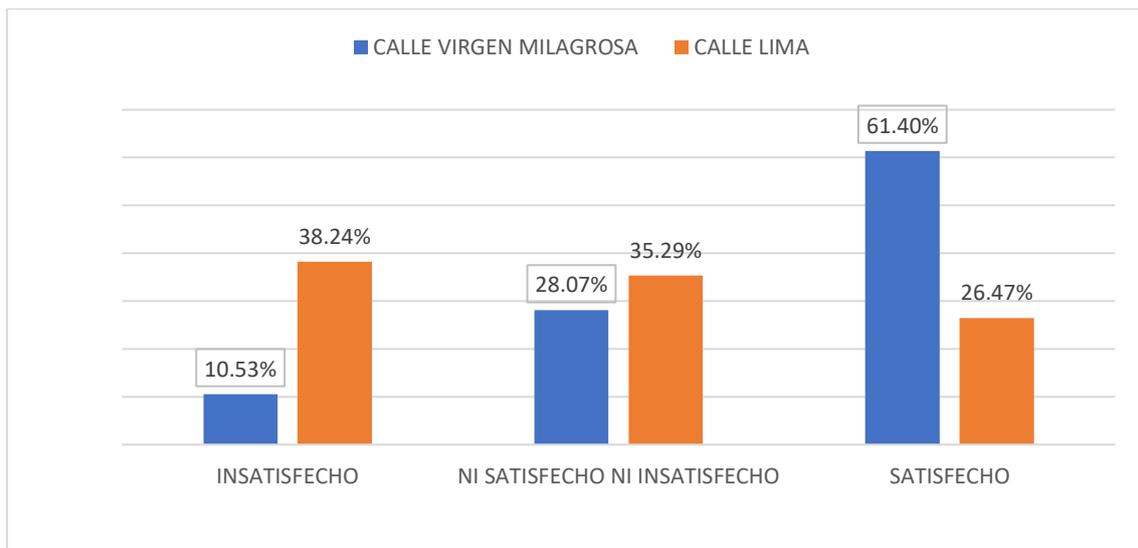


Figura 5.19. PREGUNTA 3: Satisfacción con los espacios de circulación para peatones en las Calles Virgen Milagrosa y Calle Lima.

Fuente: Elaboración propia

La figura 5.19 pone en evidencia que los peatones de ambas calles en estudio perciben que las condiciones de accesibilidad son aproximadamente similares. Para esta pregunta se explicó a los encuestados qué elementos del espacio público se refería. En la evaluación de accesibilidad de la Calle Virgen Milagrosa, se observa que el 75% está satisfecho con ello, mientras que un 70% está satisfecho con la Calle Lima, además de un 22% y 29% que no se encuentran ni satisfechos ni insatisfechos en las Calles Virgen Milagrosa y Calle Lima respectivamente.



*Figura 5.20. PREGUNTA 5: Satisfacción con ciclovías y espacios para ciclistas*

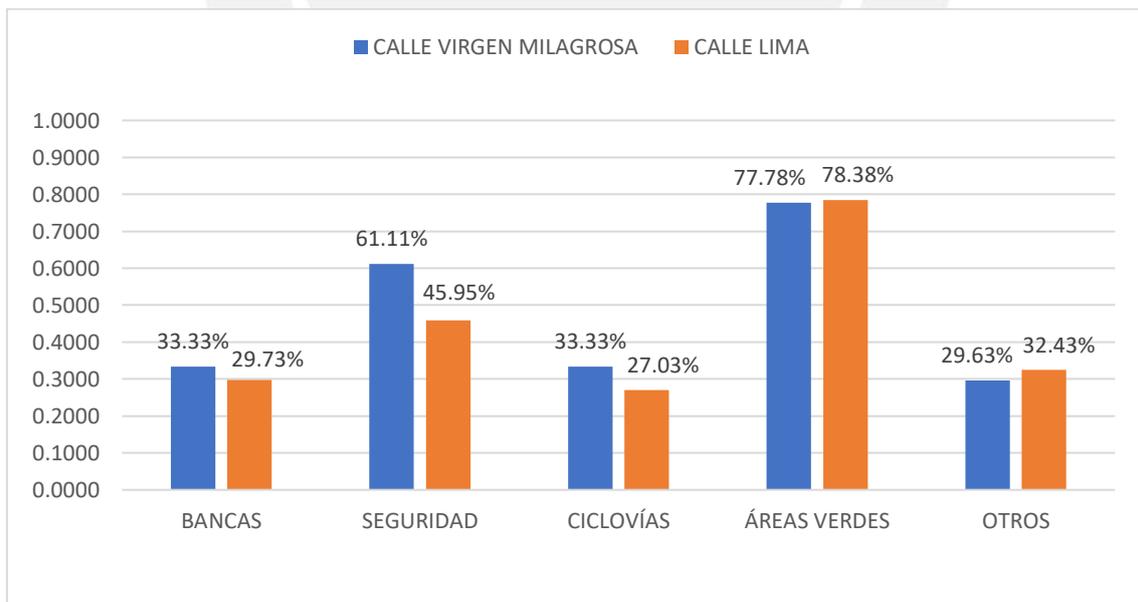
Fuente: Elaboración propia

En el caso de la pregunta 5 (Ver figura 5.20), no se obtuvo una muestra significativa de ciclistas, 3.29% de la población encuestada, por lo que la percepción de esta pregunta es en su mayoría de peatones. Cabe mencionar, además, que la diferencia porcentual de ambas calles tanto en la categoría de satisfecho y la de insatisfecho es notoria debido a las características de las ciclovías en cada calle. La existencia una ciclovía que pertenece a una red distrital, la cual está al nivel del espacio peatonal diferenciada por señalización vial en el piso de adoquín, sin sardinel y que presenta una interferencia con los peatones cerca del punto J, entrada “A” al estacionamiento. Por otro lado, la calle Lima no presenta ciclovía ni estructura alguna para ciclistas.

- **Seguridad**

Este aspecto se aplica a todo tipo de rutas no motorizadas y se relaciona con la iluminación, y el diseño del espacio público. Según Orellana (2017) afirma que se ha encontrado que las estrategias para mejorar el tráfico y reducir la velocidad tiene un efecto positivo en la intensidad y diversidad de funciones urbanas y pueden mejorar la calidad del espacio público; además, la colocación de árboles ordena los espacios y dirigen el flujo peatonal. Ambas afirmaciones caben dentro del contexto físico del área de estudio, el cual se encuentra inscrito entre el Parque Kennedy y el Parque Central de Miraflores.

Entonces, para verificar si la percepción de seguridad en los peatones tiene prioridad, y los elementos que se relacionan con ellos están considerados, la pregunta 6 aborda de este tema, mostrando como resultados un 61% y 46% para la Calle Virgen Milagrosa y Calle Lima respectivamente (ver Figura 5.21). Por otro lado, la pregunta 7 ayuda a identificar los elementos que los peatones consideran que se debe mejorar (ver Figura 5.22). Cabe mencionar que la construcción de las percepciones de riesgo y seguridad están ligadas a la edad y al comportamiento grupal y la información social del entorno (Orellana, 2017).

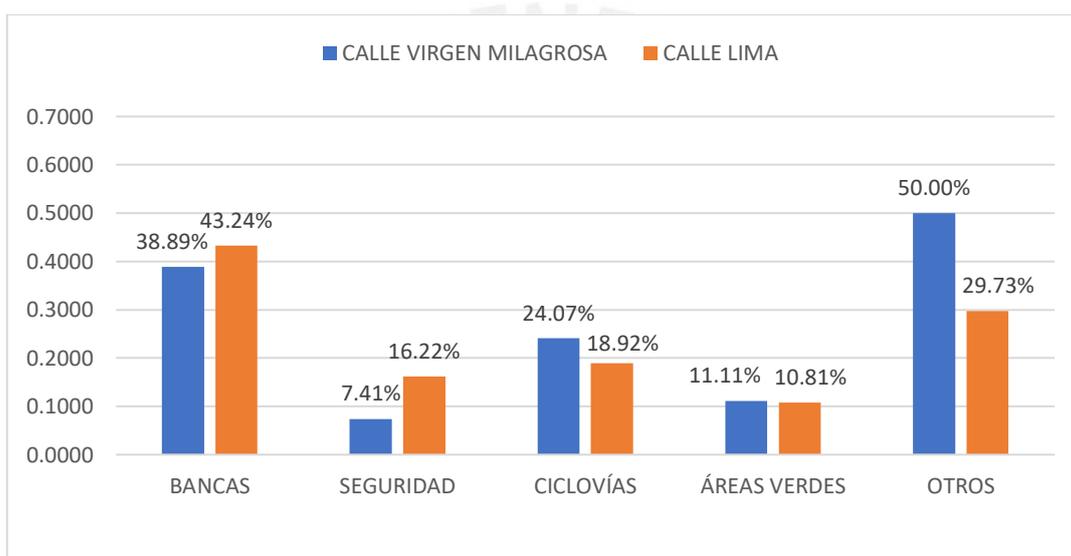


*Figura 5.21. PREGUNTA 6: Elementos atractivos en una calle peatonalizada*

Fuente: Elaboración propia

La figura 5.10 correspondiente a la pregunta 6 de la encuesta realizada muestra que, para los peatones encuestados en ambas calles, la percepción de seguridad ocupa el segundo lugar en prioridad después de las áreas verdes. Estos resultados coinciden con los comentarios anotados en el registro diario que sugieren que los peatones se sienten seguros en el distrito de Miraflores; además se evidencia que el atractivo principal para los peatones son las áreas verdes, antes mencionadas como elementos ligados a la seguridad.

En la categoría “otros”, entre las dos calles, es importante mencionar que la iluminación representa el 32%, corroborado con el registro diario.



*Figura 5.22. PREGUNTA 7: Elementos por mejorar en la calle en estudio*

Fuente: Elaboración propia

En la figura 5.22 se describen los elementos que deberían mejorar según los peatones en cada calle. Se puede interpretar que los peatones de la calle Lima se sienten menos seguros, pero a pesar de ello la seguridad no es prioridad por mejorar en dicha calle, como podemos observar la prioridad de mejora en la Calle Lima son las bancas, un 43%, debido a que en toda su longitud de análisis solo existen 6 bancas separadas por 20 metros. Cabe mencionar que los elementos descritos en la categoría “otros” contemplan, según el registro diario, actividades culturales, la presencia de gatos en el parque, iluminación, piletas, entre otros; sin embargo, ninguna de las anteriores tuvo importancia respecto a la seguridad.

- **Confort y placer**

Según Orellana (2017) supone que las imágenes, sonidos, olores y sensaciones que provienen del entorno urbano son percibidos con mayor intensidad por los peatones, pues los estímulos llegan directamente a los sentidos, están relacionadas directamente con el diseño urbano.

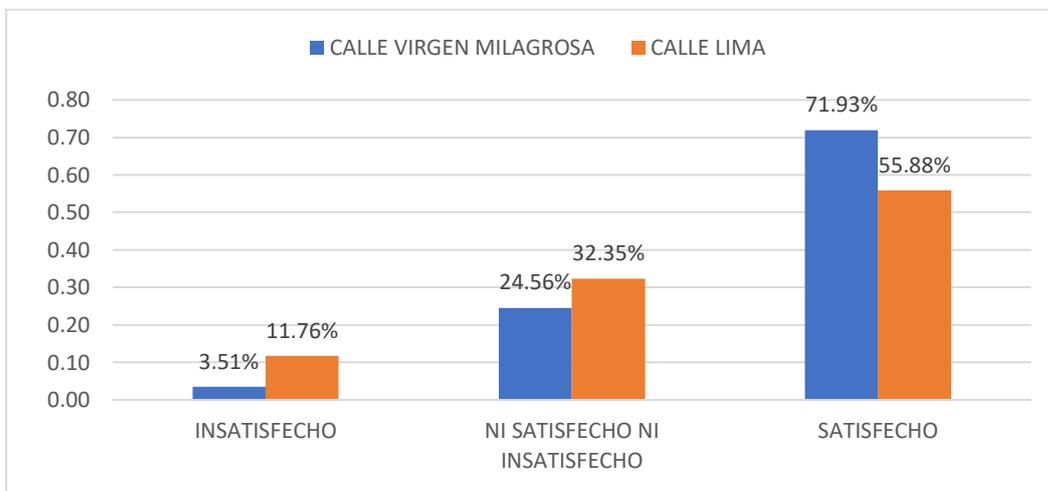


Figura 5.23. PREGUNTA 4: Satisfacción con mobiliario y elementos ornamentales

Fuente: Elaboración propia

La figura 5.23 evidencia que para ambas calles los peatones se encontraban satisfechos con las características del diseño urbano, un 72% y 56 % para las calles Virgen Milagrosa y Calle Lima respectivamente. Sin embargo, el registro diario recolectó información sobre insatisfacción sobre el mobiliario ubicado al exterior de la iglesia Virgen Milagrosa en la calle Lima, el cual tiene forma de cubo. Además, en ambas calles, los usuarios de las bancas manifestaron malestar respecto de los materiales y el espaldar de las bancas. Algunos de los peatones satisfechos indicaron que entendían el diseño de las bancas, ya que, si estos eran cómodos en su totalidad, el tiempo de permanencia del usuario sería mayor y podría causar malestar a aquellos peatones que quisieran usarlas.

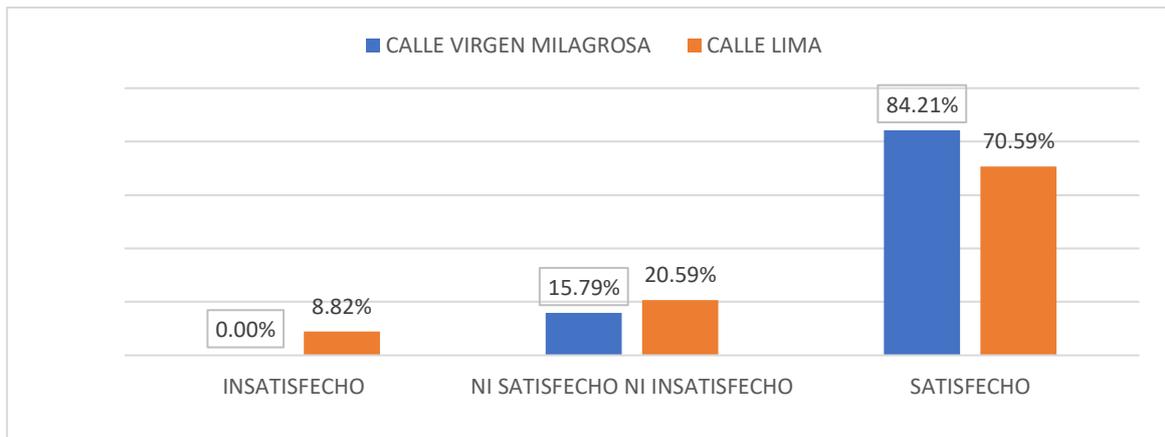


Figura 5.24. PREGUNTA 8: Satisfacción con actividades realizadas en la calle

Fuente: Elaboración propia

Los resultados de la pregunta 8 representados por la figura 5.24 demuestran que para ambas calles los peatones se encuentran satisfechos, en su mayoría, con la actividad que realizan en la calle; muestra además que la percepción de placer es alta.

### Mapeo de actividades

Las actividades que se desarrollaron en ambas calles durante la hora más transitada, son mostradas en el mapeo de la figura 5.25. En esta figura se puede observar las zonas en las que los peatones realizan actividades de estancia, asociadas al placer.

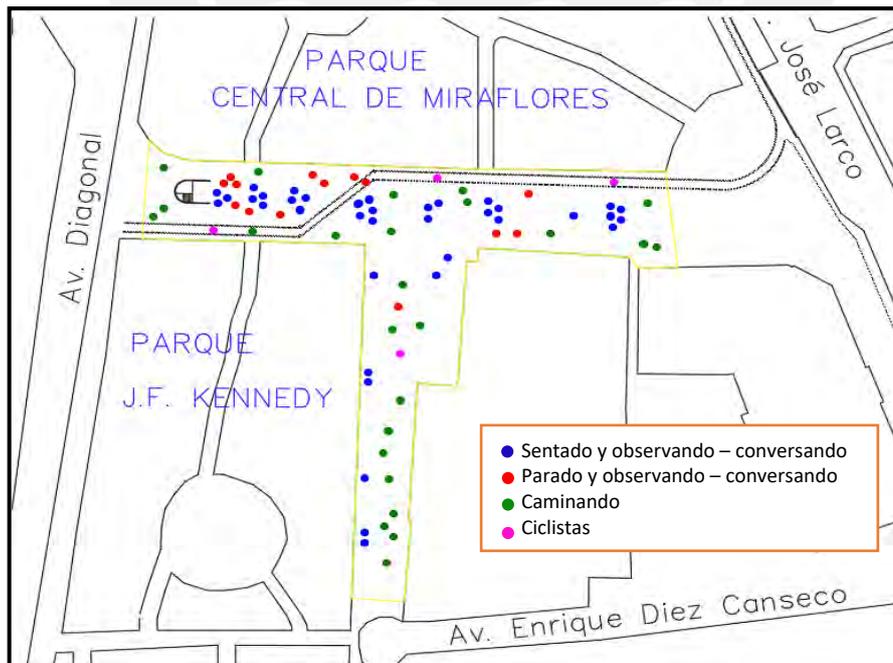
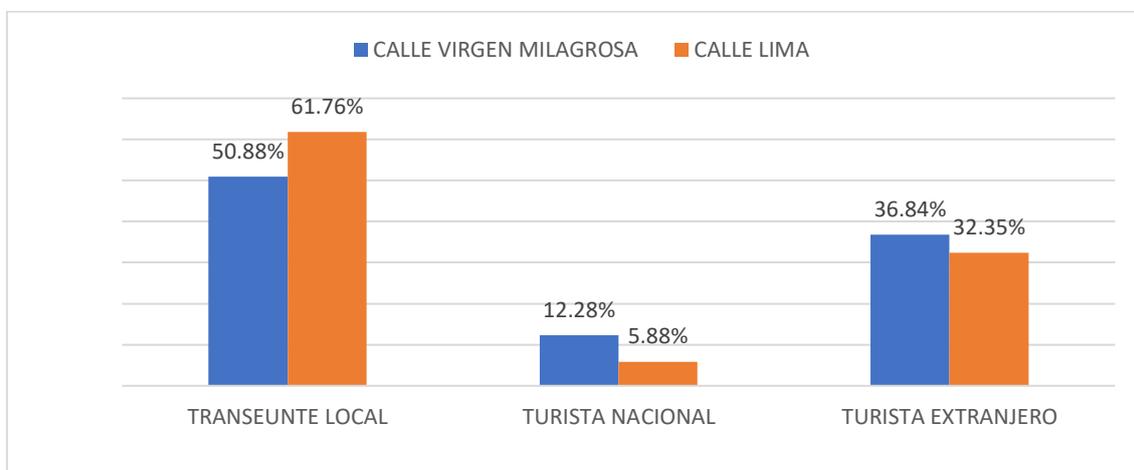


Figura 5.25. Mapeo del área de estudio 4pm

Fuente: Elaboración propia

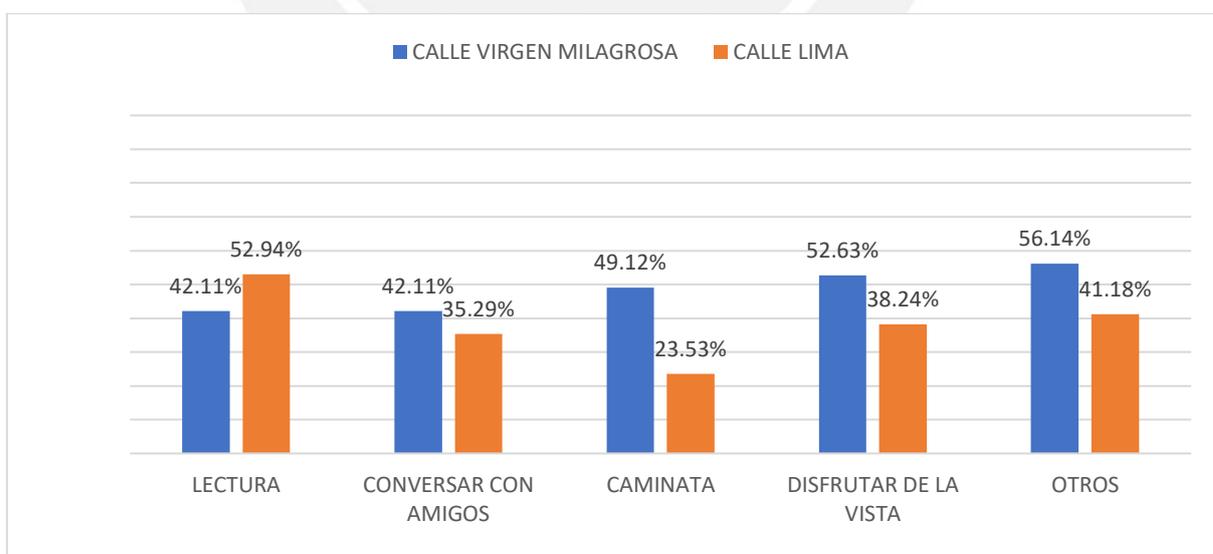
En la zona cercana a la Av. Diagonal, las personas estuvieron detenidas observando los cuadros expuestos en esa zona. Además, la Iglesia Virgen Milagrosa es un foco de atención para los transeúntes. La cantidad de personas observando en su mayoría son transeúntes locales y se observa un porcentaje importante de turistas en el área de estudio, lo cual explica el tipo de actividades, según la figura 5.26.



*Figura 5.26. PREGUNTA 1: Tipo de transeúnte según origen*

Fuente: Elaboración propia

Se elaboró también la pregunta 9 destinada a las necesidades por complacer de los peatones en cada calle. Cabe destacar, que en la categoría otros destacaron las actividades culturales.



*Figura 5.27. PREGUNTA 9: Actividades que realizaría en la calle*

Fuente: Elaboración propia

La figura 5.27 demuestra un efecto inverso en la categoría “caminata”, ya que los peatones de la calle Lima desean menos caminar, a pesar de ser la actividad que predomina en dicha calle, evidenciada en su densidad peatonal. Por otro lado, para ambas calles, la actividad esperada de placer es la de disfrutar de la vista, sin incluir la categoría “otros”.

### 5.3 Características del flujo peatonal

#### *Niveles de servicio (LOS)*

Los niveles de servicio llamados LOS (Levels Of Service) fueron definidos en el capítulo 2, estos dependen de la densidad peatonal expresada en peatones por metro cuadrado. Los rangos de valores de la escala de LOS de HCM en el software Viswalk 8 se detallan en la figura 5.28. La figura 5.29 y la figura 5.30 muestran el rango de valores de la densidad peatonal para el caso de la calibración y validación respectivamente; de dichas figuras se puede inferir que ambas calles presentan un nivel de servicio A, el cual es eficiente en términos de distribución de espacio por peatón; sin embargo, se puede apreciar que en algunas corridas, el nivel del servicio en la Calle Lima se clasifica como nivel B, lo cual se debe al ancho efectivo de vía en la sección de análisis con relación al flujo de peatones.

Nivel de servicio HCM	Densidad MIN (pe/m <sup>2</sup> )	Densidad MAX (pe/m <sup>2</sup> )
A	-	0.179
B	0.179	0.270
C	0.270	0.455
D	0.455	0.714
E	0.714	1.333
F	1.333	-

*Figura 5.28. Niveles de servicio según HCM 2000  
y rango de valores de densidad peatonal correspondientes.*

Fuente: Adaptado de VISWALK 8.

Cabe resaltar que el método de análisis para LOS propuesto por el HCM es analítico-empírico, lo cual difiere del cálculo de LOS realizado mediante el software VISWALK 8, puesto que este último corresponde a una micro simulación. Sin embargo, debido a que las densidades son bajas en el presente caso de estudio, además de no haber diferencia significativa entre los niveles caracterizados por ambos métodos en ambas calles, es posible comparar y caracterizar los niveles de servicio de las calles sin inconvenientes.

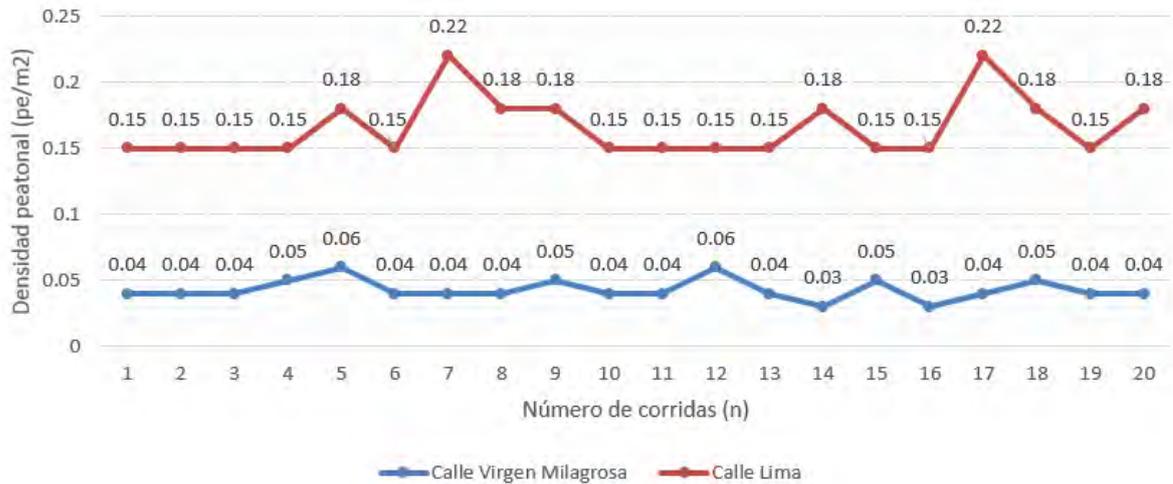


Figura 5.29. Densidad peatonal máxima de la calibración (pe/m<sup>2</sup>)

Fuente: Elaboración propia

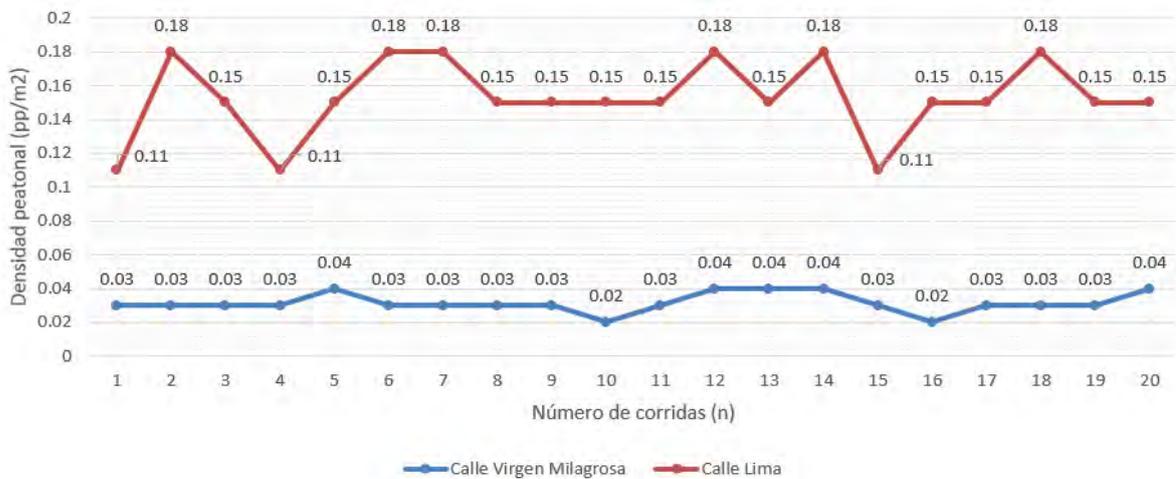
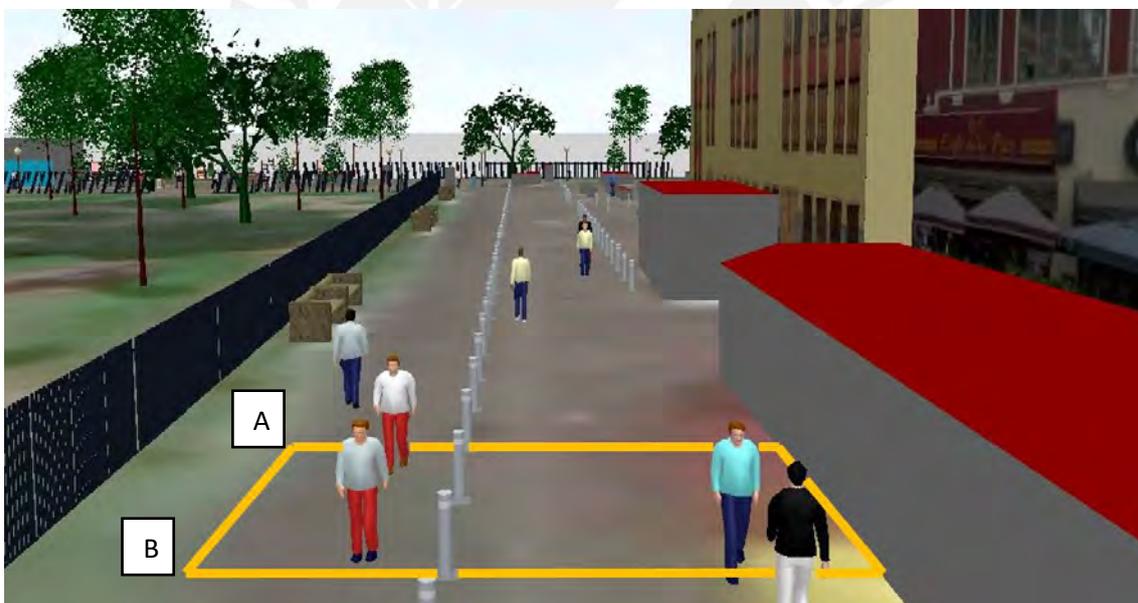


Figura 5.30. Densidad peatonal máxima de la validación (pe/m<sup>2</sup>)

Fuente: Elaboración propia

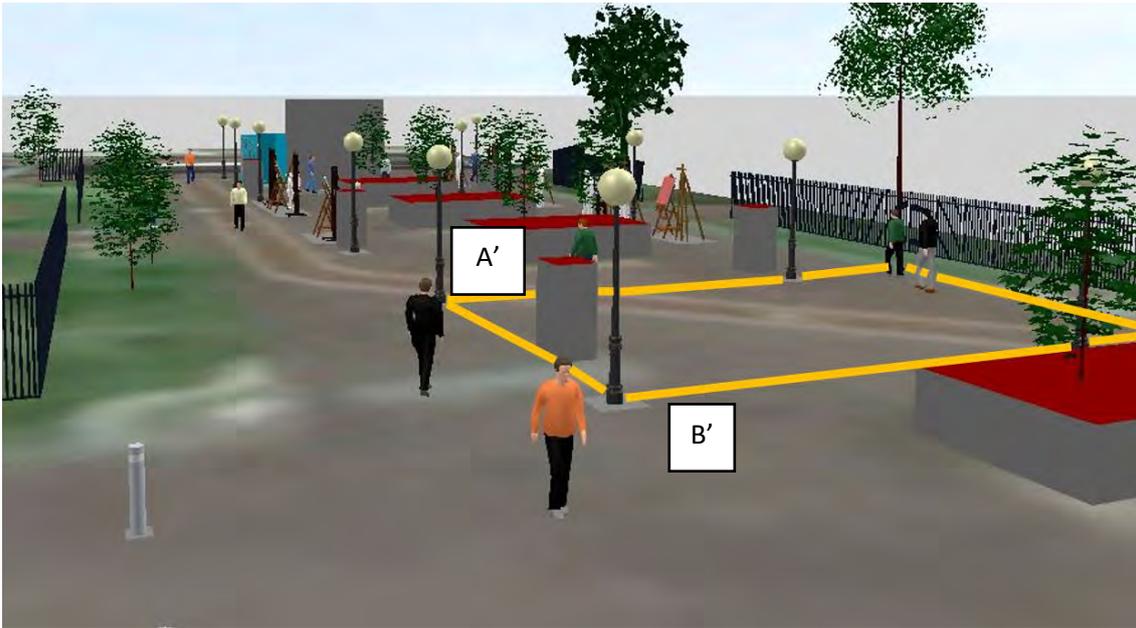
Las secciones de análisis fueron seleccionadas puesto que se contaba con visualización de las mismas por medio de una cámara de videograbación, se tomaron como referencia elementos ornamentales como las farolas o los bolardos, con los cuales también se midieron las distancias para obtener la velocidad media peatonal representativa en ambas calles (ver Figuras 5.31 y 5.32). A diferencia de la sección de análisis de la Calle Virgen Milagrosa, la sección ubicada en la Calle Lima comprende todo el ancho de vía, por consiguiente, todos los peatones que transitan por la Calle Lima serán parte del análisis.

En la Calle Virgen Milagrosa, no se consideró todo el ancho de la vía debido que, de haberlo hecho, se hubiera contabilizado a los peatones que giran en la intersección lo cual produce una desaceleración, lo cual está ligado al parámetro Tau ( $\tau$ ).



*Figura 5.31. Sección de análisis en la Calle Lima*

Fuente: Elaboración propia



*Figura 5.32. Sección de análisis en la Calle Virgen Milagrosa*

Fuente: Elaboración propia

### ***Parámetros Tau ( $\tau$ ) y Lambda ( $\lambda$ )***

El comportamiento y reacción de cada peatón está relacionado con los parámetros Tau ( $\tau$ ) y Lambda ( $\lambda$ ) de manera significativa, ya que determinan cuánto es influenciado por la cercanía de otros peatones y elementos de su entorno. Los valores usados en el presente análisis fueron de 0.6 para la calle Virgen Milagrosa y 0.55 para la calle Lima, y un valor de Lambda ( $\lambda$ ) igual a 0.75 para la calle Virgen Milagrosa y 0.85 para la calle Lima; lo cual se concluyó luego de iterar entre estos valores con la finalidad de evitar errores en el desplazamiento de algunos peatones o en la reacción de los peatones en relación con objetos y otros peatones.

La diferencia en ambas calles de dichos valores entre los parámetros mencionados se debe a que las características físicas y sus cualidades de vida urbana influyen en el comportamiento peatonal, lo cual genera en el peatón una mayor percepción de accesibilidad, seguridad y confort. Por ejemplo, en una calle con poca iluminación y sin elementos como bancas, un peatón tratará de transitar más rápido debido a la percepción de inseguridad que sentirá por la iluminación, incluso en entornos iluminados y sin elementos que favorezcan o fomenten la estancia, los peatones aumentarán su velocidad

de desplazamiento para dirigirse a otro lugar deseado (lo cual se calificaría a la calle como una vía peatonal de tránsito).

Por otro lado, en una calle con presencia de elementos ornamentales como macetas, bancas o actividades como exposiciones artísticas, los peatones se verán influenciados al sentirse atraídos hacia algún foco de atención, lo cual hace cambiar su comportamiento al desplazarse puesto que se sentirá cómodo y seguro con su entorno al poder desplazarse hacia algún punto de interés sin ningún inconveniente (accesibilidad).

### ***Flujo peatonal***

El flujo peatonal en las calles se determinó mediante el análisis de videograbaciones desde puntos estratégicos con la finalidad de abarcar el mayor espacio posible lo cual implica que todas las entradas y salidas del área de estudio sean visibles. Debido a las condiciones del entorno al área de estudio, se constató que hubo un incremento de flujo peatonal en el transcurso de las dos etapas de obtención de datos. Esto se debe a que el área de estudio es un punto de conexión entre distintas zonas comerciales y lugares de esparcimiento del distrito de Miraflores y debido a la hora de la toma de datos, una mayor cantidad de personas confluyeron dentro del área de estudio, ya sea para transitar o como punto de reunión.

Este incremento de flujo a su vez produjo un incremento en la velocidad media de tránsito, esto se observa al comparar la media de los valores obtenidos en campo durante el proceso de calibración y validación (ver figuras 5.33 y 5.34), posteriormente, esto se confirma al comparar las velocidades medias obtenidas para ambas calles mediante el VISWALK 8.

El flujo peatonal característico que se obtuvo en campo y en micro simulación de ambas calles dio como respuesta que la velocidad media representativa correspondiente a la Calle Virgen Milagrosa es menor a la velocidad representativa a la Calle Lima, lo cual se relaciona con el comportamiento peatonal debido a la influencia de los parámetros Tau ( $\tau$ ) y Lambda ( $\lambda$ ).

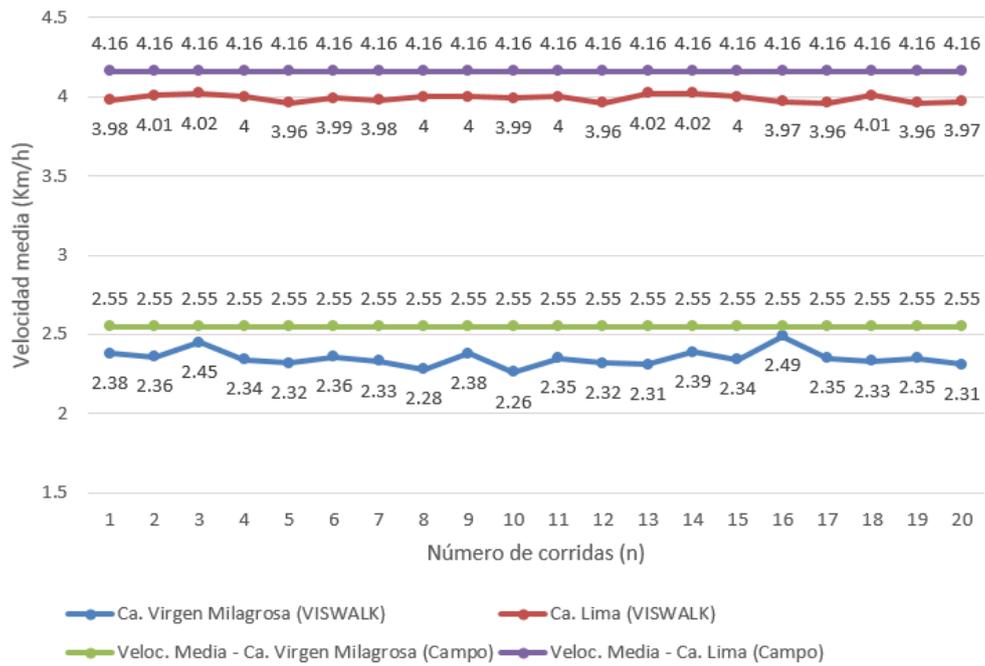


Figura 5.33. Variación del flujo (calibración) de calles Lima-Virgen Milagrosa respecto a la Velocidad media tomada en campo.

Fuente: Elaboración propia

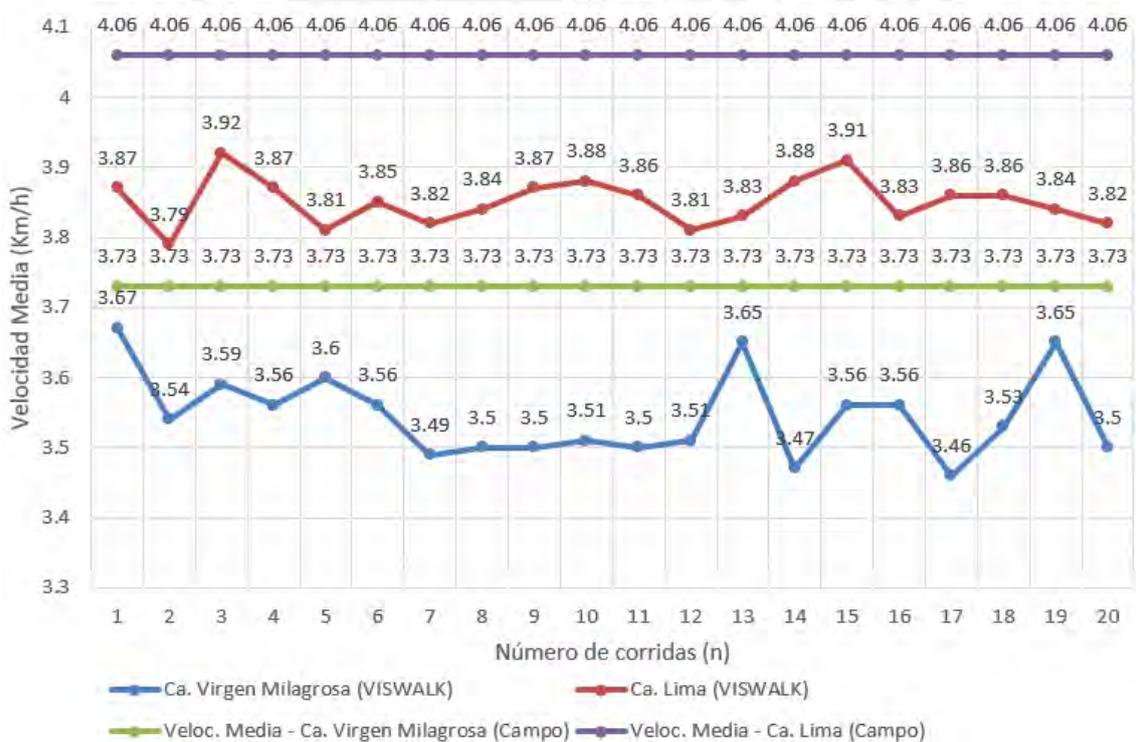


Figura 5.34. Variación del flujo (validación) de calles Lima-Virgen Milagrosa respecto a la Velocidad media tomada en campo.

Fuente: Elaboración propia

## CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES

**Hipótesis:** *“El entorno de movilidad no motorizada en el que se encuentra inscrita el área de estudio presenta características heterogéneas. Es así que la calle Virgen Milagrosa posee cualidades de diseño urbano superiores al de la calle Lima modificando de manera positiva la vida urbana y al mismo tiempo los patrones de comportamiento peatonal”*

Los resultados evaluados en el análisis muestran que ambas calles presentan cualidades de diseño urbano que favorecen la vida urbana. Sin embargo, la calle Lima presenta cualidades que podrían mejorar respecto de la calle Virgen Milagrosa, como la imagenabilidad, recinto y complejidad.

La calle Virgen Milagrosa posee elementos arquitectónicos y edificaciones que la ubican con imagenabilidad media alta, ya que en esta calle se encuentra la Iglesia Virgen Milagrosa, el Palacio Municipal de Miraflores, una pileta, entre otros. Por otro lado, la calle Lima tiene una imagenabilidad media baja, ya que contiene a una pequeña rotonda y al igual que la calle Virgen Milagrosa, está relacionada a la presencia de gatos; sin embargo, no presenta componentes físicos que capturen la atención de los peatones.

En cuanto a la calidad de recinto, la calle Virgen Milagrosa cuenta con un ancho de vía coherente con la altura de las edificaciones y los árboles que delimitan la calle, dotándola de una distribución espacial como el de una habitación. Sin embargo, la calle Lima presenta un ancho de vía angosto en relación a las edificaciones y árboles altos que la delimitan.

La complejidad de la calle Virgen Milagrosa es variada, pero no demasiada como para abrumar al peatón, ya que presenta edificios administrativos, religiosos, zonas de desarrollo de actividades culturales. En contraste, la calle Lima tiene complejidad baja, pero no demasiada como para aburrir al peatón, ya que cuenta con edificios religiosos, restaurantes y hospedajes.

**Hipótesis:** *“Los peatones, al percibir un espacio público atractivo el cual estimula la interacción social, se comportan de manera que la vía urbana se clasifica de estancia, tal como sucede en la calle Virgen Milagrosa. Caso contrario, la vía urbana se clasifica como de tránsito, tal y como sucede en la calle Lima.”*

Se puede afirmar que la percepción de accesibilidad, que corresponde a los elementos físicos de cada calle, sería igual en toda el área de estudio, cerca del 70%, y existe cerca de un 30% que no confirma postura respecto de esta característica. Para ambos casos, la calle Virgen Milagrosa muestra valores coherentes con la hipótesis, mayor que la calle Lima en cuanto a satisfacción con los elementos de accesibilidad (75%) y menor en la posición neutral (22%).

Los resultados de las entrevistas sugieren que los peatones se sentirían seguros en el distrito de Miraflores. La percepción de seguridad está ligada a los elementos del diseño urbano, como la iluminación y las áreas verdes. Además, se evidenció mediante las encuestas que los peatones considerarían importantes las áreas verdes, colocándolas en primer lugar de prioridad, seguidas de la seguridad, entendida como su expresión física (agentes de seguridad, resguardo policial, elementos de video-vigilancia, etc.); concluyendo que en toda el área de estudio los peatones se sentirían seguros.

La evaluación perceptiva arrojó que la accesibilidad y seguridad percibida por los peatones de la calle Virgen Milagrosa sería ligeramente superior que el de la calle Lima, pero ambas son positivas. En cuanto a la percepción de confort y placer, los peatones se sentirían satisfechos con las actividades que realizaban, pero resaltaban las incomodidades con el diseño de las ciclovías y de las bancas; además de la falta de actividades culturales.

Según el diseño urbano, los peatones se encontrarían satisfechos, un 72% y 56 % para las calles Virgen Milagrosa y Calle Lima respectivamente. En cuanto a la satisfacción de las actividades realizadas por los peatones, la calle Virgen Milagrosa muestra una superioridad de 84.21% frente al 70.59% percibido en la calle Lima; coherente con el mapeo de actividades sociales.

**Hipótesis:** *“La vía urbana de estancia Virgen Milagrosa presentará un mayor Nivel de Servicio que la vía urbana de tránsito Lima”*

Las características del flujo peatonal en ambas calles peatonales del área de estudio, que se evaluaron mediante el software VISWALK 8 fueron: densidad media peatonal, velocidad media peatonal y parámetros Tau y Lambda. Los resultados muestran que existe una diferencia entre las densidades en ambas calles, siendo la Calle Lima la que posee una densidad peatonal media igual a  $0.17 \text{ pe/m}^2$  mientras que la Calle Virgen Milagrosa posee una densidad media peatonal igual a  $0.05 \text{ pe/m}^2$ . En la validación se obtuvo la misma tendencia, la densidad media peatonal de la calle Lima es mayor que la de la calle Virgen Milagrosa, con valores  $0.15 \text{ pe/m}^2$  y  $0.03 \text{ pe/m}^2$  respectivamente.

Con los valores anteriormente mencionados, se procedió a caracterizar el nivel de servicio de cada calle según el HCM, a pesar de no tener el mismo método que el del software VISWALK 8. La calle Virgen Milagrosa posee un nivel de servicio A y la calle Lima, un nivel inferior B. Para ambos procesos, el de validación y el de calibración, se muestra esta tendencia. Así mismo se obtuvo que la velocidad media peatonal en la Calle Lima fue  $3.99 \text{ Km/h}$  y en la Calle Virgen Milagrosa,  $2.35 \text{ Km/h}$  durante la calibración. Sin embargo, en el proceso de validación, se obtuvo que la velocidad de la Calle Lima ( $3.85 \text{ Km/h}$ ) continuaba siendo mayor que a la de la Calle Virgen Milagrosa ( $3.55 \text{ Km/h}$ ).

Con respecto a los parámetros de la fuerza social en el software VISWALK, Tau ( $\tau$ ) y Lambda ( $\lambda$ ), se asignaron valores iguales a  $\tau=0.55$  y  $\lambda=0.85$  para la calle Lima y de  $\tau=0.60$  y  $\lambda=0.75$  para la calle Virgen Milagrosa, estos valores definen el comportamiento peatonal en la micro simulación los cuales obedecen a la interacción característica entre los peatones con su entorno (objetos, edificios y otros peatones) y la aceleración debido a dicha interacción. La diferencia de los parámetros se debe a las características físicas y sociales que influyen en el comportamiento peatonal propias de cada calle. De acuerdo a todo lo anterior mencionado, se concluye que las calles en estudio poseen características físicas y sociales diferentes que modifican el comportamiento peatonal.

## REFERENCIAS

- Alfonzo, M. (2005). To walk or not to walk. *Environment and behaviour* 161(18), pp. 30.
- Alvarez, J. (2017). Micro simulación intermodal en la ciudad de Cusco empleando Vissim 8 y Viswalk 8. (Tesis de pregrado) Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.
- Appleyard, D. (1981). *Livable Streets*. Berkeley: University of California Press
- Belaunde, P. (2015). Viva el espacio público. *Investiga Territorios. Volúmen ( N° 2 )*, pp. 9-13.
- Boarnet, M., Day, K., McMillan, T., Anderson, C. y Alfonzo, M. (2006). The Relationship of Neighborhood Built Environment Features and Walking. University of California, Transportation Center.
- Borja, J. (2003). *La Ciudad conquistada*. Madrid: Alianza Editorial. Recuperado de <https://derechoalaciudadflaco.files.wordpress.com/2014/01/jordi-borja-la-ciudad-conquistada.pdf>
- Cabezas, C. (2013). "Claves para proyectar espacios públicos confortables. Indicador del confort en el espacio público" 16 ago 2013. ArchDaily Perú. Accedido el 8 Oct 2018. <<https://www.archdaily.pe/pe/02-285882/claves-para-proyectar-espacios-publicos-confortables-indicador-del-confort-en-el-espacio-publico>> ISSN 0719-8914
- Cabrera, F. (2018). Ingeniería de Tráfico (2018-0)
- Carmona, M. (2018). Principles for public space design, planning to do better. *Urban Des Int* 2018. Recuperado de: <https://doi.org/10.1057/s41289-018-0070-3>.
- Cornell, E., Sorenson, A. y Mio, T. (2003). Human sense of direction and wayfinding. *Annals of the Association of American Geographers* 93 (2) pp. 399–415.
- Department of Transportation (2013). *Complete Streets Chicago*.
- Duany, A. & Plater-Zyberk, E. (1992). The Second Coming of the American Small Town. *Wilson Quarterly* 16 (Winter) 19-48.

- Ewing, R. y Bartholomew, K. (2013). *Pedestrian-and transit-oriented design*. Recuperado de <https://ebookcentral.proquest.com/lib/bibpucp-ebooks/reader.action?docID=1204990&query=>
- Ewing, R., Clemente, O., Handy, S., Brownson, R. C. y Winston, E. (2005). Measuring Urban Design Qualities Related to Walkability. *Active Living Research Program*. Robert Wood Johnson Foundation.
- Faria, J., Krause, S. y Krause, J. (2010). Collective behavior in road crossing pedestrians: The role of social information. 21 (6), pp. 1236–42.
- FHWA (2004). *Traffic analysis toolbox volume III*. Recuperado de [https://ops.fhwa.dot.gov/trafficanalysistools/tat\\_vol3/vol3\\_guidelines.pdf](https://ops.fhwa.dot.gov/trafficanalysistools/tat_vol3/vol3_guidelines.pdf)
- FHWA (2004). *Traffic analysis toolbox volume*. Recuperado de: [https://ops.fhwa.dot.gov/trafficanalysistools/tat\\_vol3/sectapp\\_c.htm](https://ops.fhwa.dot.gov/trafficanalysistools/tat_vol3/sectapp_c.htm)
- Foltête, J. y Piombini, A. (2007). Urban layout, landscape features and pedestrian usage. *Landscape and Urban Planning* 81 (3), pp. 225–34.
- Frick, D., Hoefert, H., Legewie, H., Mackensen, R. y Silbereisen, R. (2013). Quality of Urban Life: Social, Psychological, and Physical Conditions. Recuperado de : <https://ebookcentral.proquest.com/lib/bibpucp-ebooks/reader.action?docID=3045499&query=>
- Friis, C y Svensson, L. (2013) *Pedestrian Microsimulation A comparative study between the software programs Vissim and Viswalk*. Recuperado de: <http://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/185439/185439.pdf>
- Garriz, E y Schroeder, R. (2014). Dimensiones del espacio público y su importancia en el ámbito urbano. *Guillermo de Ockham*, vol. 12, núm. 2, julio-diciembre, 2014, pp. 25-30. Universidad de San Buenaventura Cali. Cali, Colombia.
- Gehl, J., (2014). *Ciudades para la gente*, Buenos Aires, Argentina: Ediciones Infinito.

- Gehl, J., y Svarre, B. (2013). *How to study public life*. Washington, DC: Island Press.
- Ghonimi, I., Alzamly, H., Khairy, M. y Soilman, M. (2010). *Understanding and formulating gated communities inside Greater Cairo new towns urban fabric*, 46<sup>th</sup>. 46th ISOCARP Congress, 2010.
- Guest, G., Bunce, A., and Johnson, L. (2006). *How Many Interviews are Enough? An Experiment with Data Saturation and Variability*, *Field Methods*, 18: 59– 82.
- Handy, S. y Xing, Y. (2011). Factors Correlated with Bicycle Commuting: A Study in Six Small U.S. Cities. *International Journal of Sustainable Transportation*, 5(2), pp. 91–110.
- Helbing, D. & Molnár, P. (1998). *Modelo de fuerza social para dinámicas peatonales*. Instituto de Física Teórica, Universidad de Stuttgart. Alemania.
- Huallpa, A. (2016). *Análisis de sensibilidad de los parámetros del modelo de la fuerza social y micro simulación peatonal en el Jr. De la Unión* (Tesis de pregrado) PUCP, Lima.
- Instituto de Políticas para el Transporte y Desarrollo de Argentina. (2016) Guía de diseño de calles. Recuperado de: [https://www.itdp.org/wp-content/uploads/2016/02/ITDP\\_Guia\\_de\\_diseno\\_de\\_calles.pdf](https://www.itdp.org/wp-content/uploads/2016/02/ITDP_Guia_de_diseno_de_calles.pdf)
- Jacobs, A. (1993). *Great Streets*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Jacobs, J. (1961). *The Death and Life of Great American Cities*. New York, NY: Random House.
- Kaplan, R. y Kaplan, S. (1989). *The Experience of Nature: A Psychological Perspective*. New York: Cambridge University Press.
- Kay, J. (1997). *Asphalt Nation: How the Automobile Took Over America, and How We Can Take it Back*. Berkeley University of California Press.
- Khan, M., Kockelman, K. y Xiong, X. (2014). Models for anticipating non-motorized travel choices, and the role of the built environment. *Transport Policy*, 35, pp. 117–126.

- Krafczyk, M., Ladd, A. y Luo, L. (2005). 121: 1. *Journal of Statistical Physics, Vol. 121, Nos. 1/2, October 2005-Prefacio: Mesoscopic Methods in Engineering and Science*. Recuperado de <https://doi.org/10.1007/s10955-005-9107-2>
- Landry, C. (2013). *The art of city making*. New York: Routledge
- Leva, G. (2005). *Indicadores de calidad de vida urbana*. Recuperado de: [http://hm.unq.edu.ar/archivos\\_hm/GL\\_ICVU.pdf](http://hm.unq.edu.ar/archivos_hm/GL_ICVU.pdf)
- Lynch, K. (1960). *The Image of the City*. Cambridge, MA: Joint Center for Urban Studies.
- Massachusetts Pedestrian Transportation Plan (1998). Federal Highway Department. Recuperado de: [http://www.ocpcrpa.org/docs/projects/bikeped/1998\\_Massachusetts\\_Pedestrian\\_Transportation\\_Plan.pdf](http://www.ocpcrpa.org/docs/projects/bikeped/1998_Massachusetts_Pedestrian_Transportation_Plan.pdf)
- North District/Lake City Neighborhoods Design Guidelines. Seattle: City of Seattle. Recuperado de: [http://www.seattle.gov/dpd/cms/groups/pan/@pan/@plan/@design/guideupdate/documents/web\\_informational/dpds018800.pdf](http://www.seattle.gov/dpd/cms/groups/pan/@pan/@plan/@design/guideupdate/documents/web_informational/dpds018800.pdf)
- Pensando Lima (2009). *Crecimiento y expansión de Lima*. Recuperado de: <https://pensandolima.wordpress.com/2009/09/13/crecimiento-y-expansion-de-lima/>
- Perú Católico (2017). Parroquia 'La Virgen Milagrosa' en el corazón de Miraflores. Recuperado de <http://perucatolico.com/parroquia-virgen-milagrosa-en-el-corazon-de-miraflores/>
- Plan Movilidad Cusco (2016). Cusco: Una Ciudad para caminar. Recuperado de: <http://pubdocs.worldbank.org/en/973031522170409850/Revista-Ed-5-Movilidad-peatonal.pdf>
- Plan urbano distrital de Miraflores (2016). Plan urbano distrital de miraflores 2016-2026. Lima, Perú. Recuperado de: [http://www.miraflores.gob.pe/\\_contenTemp12.php?idpadre=8770&idhijo=10297&idcontenido=10299](http://www.miraflores.gob.pe/_contenTemp12.php?idpadre=8770&idhijo=10297&idcontenido=10299)

- PTV (2017). What is new in PTV VISSIM/ VISWALK 10? Recuperado de:  
[http://visiontraffic.ptvgroup.com/fileadmin/files\\_ptvvision/Downloads\\_N/0\\_General/2\\_Products/2\\_PTV\\_Vissim/Overview\\_PTVVissim10\\_EN.pdf](http://visiontraffic.ptvgroup.com/fileadmin/files_ptvvision/Downloads_N/0_General/2_Products/2_PTV_Vissim/Overview_PTVVissim10_EN.pdf)
- PTV (2018 a). PTV Viswalk 11 Realease Highlights. Recuperado de :  
<https://www.ptvgroup.com/en/solutions/products/ptv-viswalk/release-highlights/>
- PTV (2018). Productos. Recuperado de <http://vision-traffic.ptvgroup.com/es/productos/ptv-vissim/>
- Puyuelo, M. y Merino, L. (2012). *Características del espacio público y lugares de pública concurrencia*. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10251/16357>.
- RAE (2017). Definición de modelo. Fecha de consulta (03-04-2018). Recuperado de <http://dle.rae.es/?id=7OiMmZE>
- Rapoport, A. (1990) *History and Precedent in Environmental Design*. New York: Plenum Press, Kluwer Academic Publishers
- Recuperado de: <https://www.cityofchicago.org/content/dam/city/depts/cdot/Complete%20Streets/CompleteStreetsGuidelines.pdf>
- Revista ARQHYS (2012). *Vías peatonales*. Equipo de colaboradores y profesionales de la revista ARQHYS.com. Obtenido 29 de noviembre del 2018 de <https://www.arqhys.com/construccion/vias-peatonales.html>.
- Sampieri, R., Fernández, C., Baptista, M. (2014). *Metodología de la investigación 6ta ed.* México D.F. McGraw-Hill/Interamericana Editores S.A. de C.V.
- Silverstein, M., Alexander, C. e Ishikawa, S. (1977). *A Pattern Language: Towns, Buildings, Construction*. New York: Oxford University Press.
- Sturges, D. (2017) *Automotive Design and Production 1-sep-2017: why microsimulation matters*. Recuperado de <http://content.ebscohost.com/ContentServer.asp?T=P&P=>

AN&K=125049033&S=R&D=b9h&EbscoContent=dGJyMNLr40SeprM4yOvsOLCmr1  
Cep65Ssau4SbWWxWXS&ContentCustomer=dGJyMPGrr0q0rq9LuePfgex43zx

- Talavera-Garcia, R. Soria-Lara, J. y Valenzuela-Montes, L. (2014). *La calidad peatonal como método para evaluar entornos de movilidad urbana*. Documents d'anàlisi geogràfica, Vol. 60, Núm. 1 (Gener-abril 2014), p. 161-187.
- Transportation Research Board-TRB (2000) *Highway Capacity Manual*. National Academy of Sciences. Estados Unidos. Recuperado de:  
[https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/highway\\_capacital\\_manual.pdf](https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/highway_capacital_manual.pdf)
- Trieber, M. (2013). *Traffic Flow Dynamics*. Dresden, Alemania: Springer
- University of Science and Technology, Department of Civil and Transport Engineering, Trondheim.
- Venegas, P. (2017). *Modelos macroscópicos para el estudio del tráfico vehicular de modelos de dos y tres fases*. (Tesis de maestría). Universidad Autónoma Metropolitana, Ciudad de México. México.
- Whyte, W.H. (1988). *City: Rediscovering the Center*. New York: Doubleday
- Wood, L., Frank, L. y Giles-Corti, B. (2010). *Sense of community and its relationship with walking and neighborhood design*. Social Science and Medicine, 70(9), pp. 1381–1390.

# ANEXOS

## 1.0 RUTAS PEDESTRES



Figura 1.1 Ruta B. Fuente: Propia.



Figura 1.2 Ruta C. Fuente: Propia.

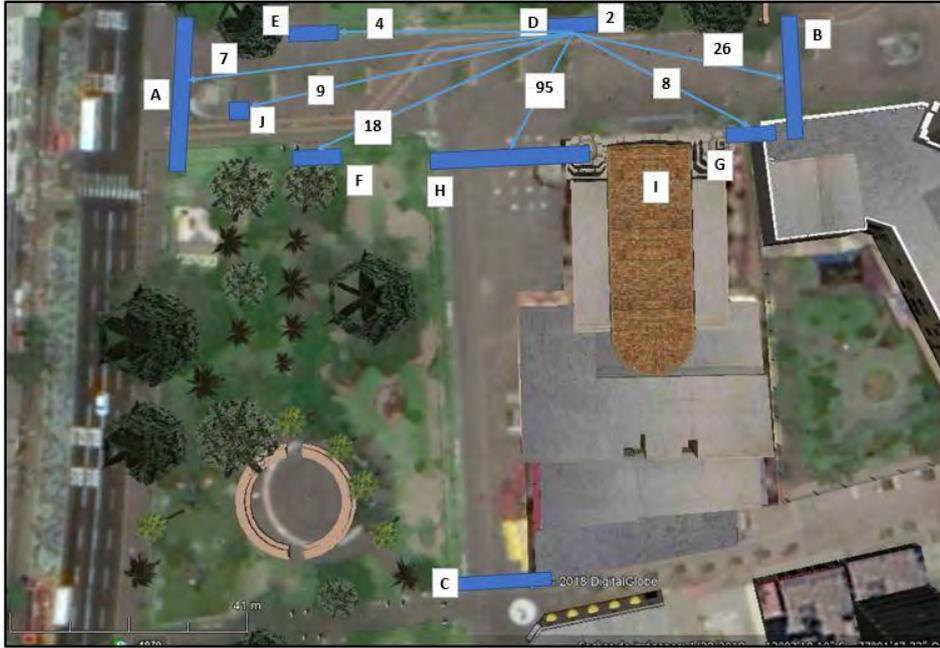


Figura 1.3. Ruta D. Fuente: Propia.



Figura 1.4. Ruta E. Fuente: Propia.



Figura 1.5. Ruta F. Fuente: Propia.



Figura 1.6. Ruta G. Fuente: Propia.

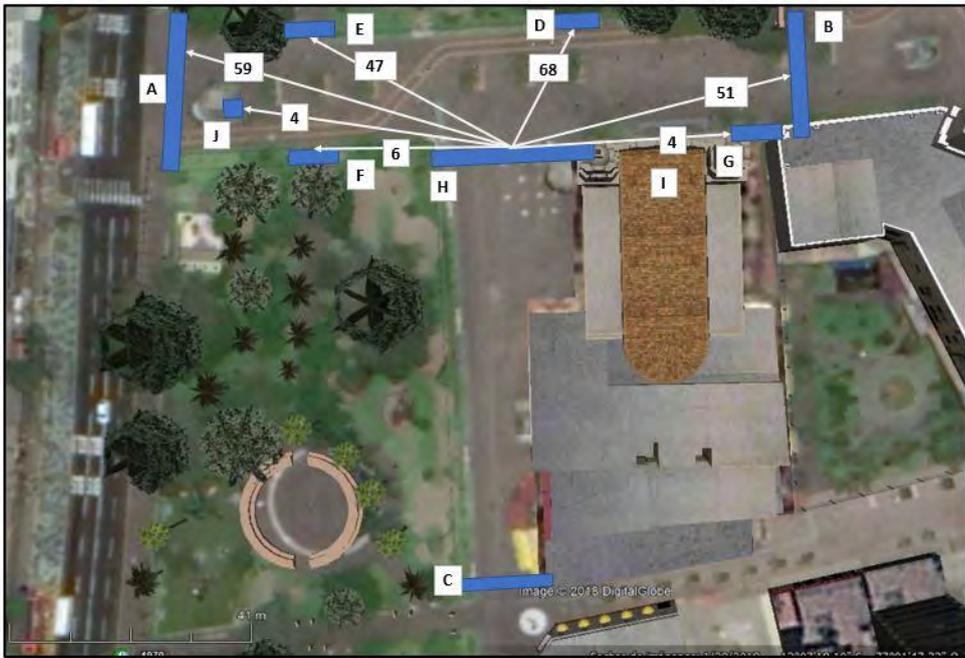


Figura 1.7. Ruta H. Fuente: Propia.

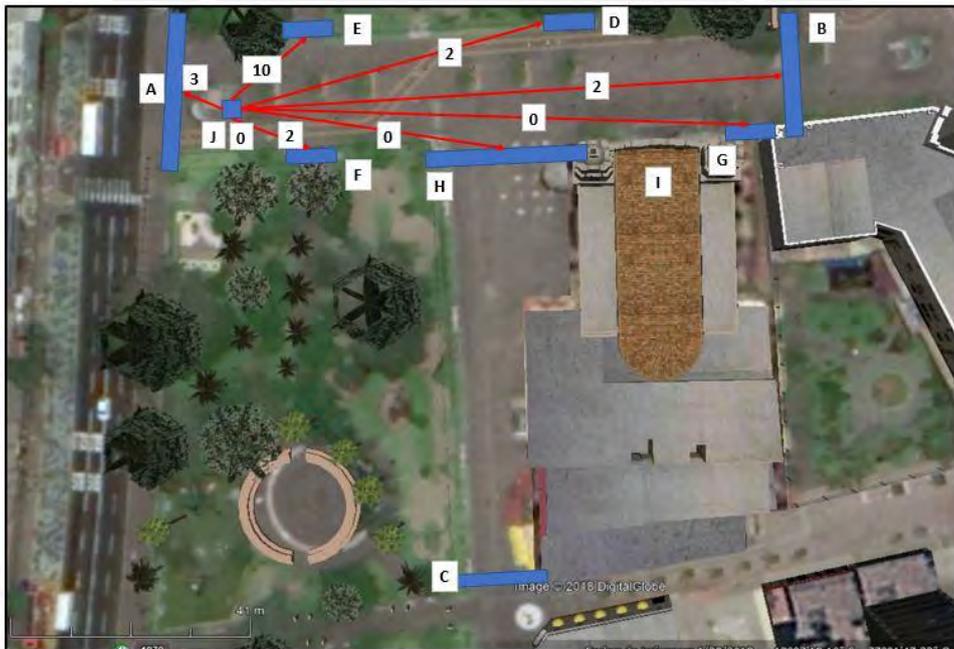


Figura 1.8. Ruta J. Fuente: Propia.

## 2.0 MATRIZ DE CONTEO PEATONAL

		HACIA										TOTAL
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	
DESDE	A	13	71	0	9	61	36	7	48	0	8	253
	B	75	12	0	67	16	8	9	99	0	4	290
	C	0	0	0	0	0	0	0	239	0	0	239
	D	7	26	0	2	4	18	8	95	0	9	169
	E	12	6	0	0	2	70	0	6	0	1	97
	F	11	6	0	4	33	0	0	2	0	4	60
	G	4	8	0	6	0	0	7	3	0	0	28
	H	59	51	0	68	47	6	4	0	0	4	239
	I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	J	3	2	0	2	10	2	0	0	0	0	19
		184	182	0	158	173	140	35	492	0	30	

Figura 2.1. Cuadro resumen de flujo total de peatones. Fuente: Propia.

		HACIA										TOTAL
		A (%)	B (%)	C (%)	D (%)	E (%)	F (%)	G (%)	H (%)	I (%)	J (%)	
DESDE	A	5.14	28.06	0.00	3.56	24.11	14.23	2.77	18.97	0.00	3.16	100
	B	25.86	4.14	0.00	23.10	5.52	2.76	3.10	34.14	0.00	1.38	100
	C	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	100
	D	4.14	15.38	0.00	1.18	2.37	10.65	4.73	56.21	0.00	5.33	100
	E	12.37	6.19	0.00	0.00	2.06	72.16	0.00	6.19	0.00	1.03	100
	F	18.33	10.00	0.00	6.67	55.00	0.00	0.00	3.33	0.00	6.67	100
	G	14.29	28.57	0.00	21.43	0.00	0.00	25.00	10.71	0.00	0.00	100
	H	24.69	21.34	0.00	28.45	19.67	2.51	1.67	0.00	0.00	1.67	100
	I	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	J	15.79	10.53	0.00	10.53	52.63	10.53	0.00	0.00	0.00	0.00	100

Figura 2.2. Cuadro resumen de flujo total de peatones en porcentaje. Fuente: Propia.

### 3.0 MODELO DE ENCUESTA

ENCUESTA DE ESTUDIO / RESEARCH SURVEY

HORA/TIME:  
FECHA/DATE:

1) **Marque su condición / Check your current condition:**

- Transeúnte local / Local citizen
- Turista nacional / Local tourist
- Turista extranjero / Foreign tourist

2) **Marque el motivo de su ruta / Check your travel purpose.**

- Recreación / Recreation
- Ruta intermedia de trabajo/Work route
- Ruta intermedia de recreación/Recreative route

Dentro de esta calle / In this Street:

3) **¿Qué tan satisfecho está usted con las veredas y espacios para la circulación de peatones? / How much satisfied are you about sidewalks and pedestrian flow spaces?**

- Insatisfecho(a) / Unsatisfied
- Ni satisfecho(a) ni insatisfecho(a) / Not even satisfied or unsatisfied.
- Satisfecho(a) / Satisfied.

4) **¿Qué tan satisfecho está usted con los elementos ornamentales y de mobiliario y su disposición (bancas, iluminación, macetas, arbustos)? / How much satisfied are you about ornamental elements, public furniture and its ubication?**

- Insatisfecho(a)/Unsatisfied
- Ni satisfecho(a) ni insatisfecho(a)/Not even satisfied or unsatisfied.
- Satisfecho(a)/Satisfied.

5) **¿Qué tan satisfecho está usted con las vías y espacios para la circulación de ciclistas? / How much satisfied are you about spaces and bikeways?**

- Insatisfecho(a) / Unsatisfied
- Ni satisfecho(a) ni insatisfecho(a) / Not even satisfied or unsatisfied.
- Satisfecho(a) / Satisfied.

6) **¿Qué consideras atractivo en una calle? / What you consider the most attractive element on a street?**

- Bancas / Benches
- Seguridad / Security
- Ciclovías / Bikeways
- Áreas verdes / Gardens
- Otros, especifique / Others, specify:

7) **¿Qué mejoraría de esta calle? / What elements would you improve?**

- Bancas / Benches
- Seguridad / Security
- Ciclovías / Bikeways
- Áreas verdes / Gardens
- Otros, especifique / Others, specify:

---

8) **Con respecto a las actividades realizadas en la calle, ¿qué tan satisfecho está de que se realicen? / According to the activites developed in the street. How much satisfied are you?**

- Insatisfecho(a) / Unsatisfied
- Ni satisfecho(a) ni insatisfecho(a) / Not even satisfied or unsatisfied.
- Satisfecho(a) / Satisfied.

9) **¿Qué actividades realizaría en la calle? / What activities would you do in this street?**

- Lectura / Reading
- Conversar con amigos / Talk with friends
- Caminata / Hiking
- Disfrutar de la vista / Sightseeing
- Otros, especifique / Others, specify:

---

10) **En la escala del 1 al 5, ¿Con cuánto calificaría a esta calle? / In a 1 to 5 scale, how much rater this street?**

1    2    3    4    5

Figura 3.1. Modelo de encuesta (Elaboración: Propia)