

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ**

**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA**



**PONTIFICIA  
UNIVERSIDAD  
CATÓLICA  
DEL PERÚ**

**Rediseño vial de la Avenida Mariano Cornejo entre la calle  
Santa Bárbara y el jirón Saturno**

Tesis para optar por el grado de **Ingeniero Civil** que presenta el bachiller:

**SOTO ESPINOZA, Alvaro Amilcar**

**ASESOR: Ing. Fernando José Campos De la Cruz**

Lima, octubre del 2017





*Agradecimiento a mis padres Amilcar y Sara por darle alas y viento a mis sueños; y a mis hermanas Mayra y Jumilse por ser ejemplos de tesón.*

*Gracias a los ingenieros de la Pontificia Universidad Católica del Perú, Israel Cabrera y Fernando Campos, por crear conciencia en mí y en todos sus alumnos sobre la importancia de desarrollar el transporte sostenible y la accesibilidad universal en las ciudades de nuestra creciente nación.*

*Reconocimiento especial al profesor y tocayo de la Universidad de los Andes, Álvaro Rodríguez, por las magistrales clases que hicieron posible desarrollar esta tesis.*

## RESUMEN

El proyecto de rediseño vial busca interconectar zonas residenciales de mediana densidad con los importantes polos comerciales y académicos presentes a lo largo de la Av. Universitaria. Para esto se proponen cambios sobre la vía ya existente a fin de aumentar la eficiencia y seguridad en la misma tanto para modos de transporte motorizados como no motorizados. Asimismo, el proyecto también busca incidir tanto en el fortalecimiento de la red de ciclovías existente como en el cambio de la selección modal de los viajeros zonales.

El proyecto consta de tres etapas. En la primera se realiza una inspección visual y mediciones para determinar tanto los problemas de seguridad existentes como las características cualitativas y cuantitativas de los vehículos que transitan por la avenida.

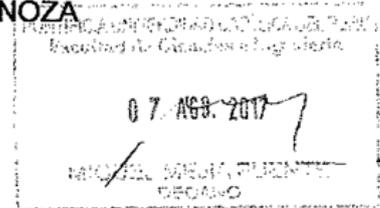
En la segunda etapa se estudian propuestas para el rediseño del derecho de vía. Para evaluar y comparar las mismas, se verifica la viabilidad y determina el Nivel de Servicio de Segmento para Bicicletas y Peatones a fin de contar con una medida estándar que permita escoger la mejor opción entre las propuestas. Para calificarlas se emplean las tablas, términos y ecuaciones propuestos en el *Highway Capacity Manual 2010*.

En la última etapa, la solución optada se desarrolla a detalle en base a parámetros establecidos por la legislación peruana en guías, normas y manuales; principalmente en el *Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras*. Asimismo, para dispositivos o especificaciones no expresados en los anteriores se consideran las propuestas de referentes internacionales.

Como resultado final de este proyecto de rediseño se presentan las evaluaciones de Nivel de Servicio de las soluciones propuestas, planos de detalle y especificaciones de diseño para la solución optada.

TEMA DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

Título : "Rediseño vial de la Avenida Mariano Cornejo entre la calle Santa Bárbara y el jirón Saturno"  
Área : Movilidad y Transporte  
Asesor : Ing. Fernando José Campos De la Cruz  
Alumno : ALVARO AMILCAR SOTO ESPINOZA  
Código : 2011.0132.412  
Tema N° : # 72  
Fecha : Lima, 1 de agosto del 2017



**INTRODUCCIÓN**

Diversas investigaciones y experiencias demuestran que los sistemas de transporte en ciudades densas son más eficientes en la medida en que integran al transporte no motorizado para distancias cortas y al transporte público masivo para distancias largas. Bajo dicha premisa, en esta tesis se evalúa una avenida importante para viajes urbanos de corta distancia y propone cambios con el fin de superar falencias relacionadas a la eficiencia y seguridad en la circulación. Para determinar una mejora del escenario tanto respecto al estado actual como respecto a otras propuestas, se comparan los Niveles de Servicio de Segmento para Peatones y Bicicletas de cada uno de los escenarios.

**ANTECEDENTES**

La Av. Mariano Cornejo es una vía importante pues conecta a las zonas residenciales de densidad media presentes al oeste de los distritos de Cercado de Lima y Pueblo libre, con los importantes polos comerciales y educativos presentes al noreste del distrito de San Miguel sobre la Av. Universitaria. Sin embargo, a pesar de encontrarse orígenes y destinos a distancias menores a los 3km, solo una de cada diez personas en dicho sector se desplaza usualmente caminando mientras que un número irrisorio lo hace en bicicleta.

Una de las principales razones para el desplazamiento ineficiente es la percepción de los vecinos sobre su espacio público. Uno de cada tres está insatisfecho con los espacios para circulación peatonal, mientras que uno de cada dos no se siente conforme con el estado de las ciclovías. Este proyecto propone mejoras en la vía en cuestión a fin de generar un entorno propicio para que los vecinos realicen sus viajes de forma más eficiente y segura mediante el empleo de modos de transporte no motorizados.

**OBJETIVOS**

Objetivo general

Lograr una mejora de los Niveles de Servicio de Segmento para Peatones y Bicicletas respecto al estado actual mediante la redistribución y el rediseño del derecho de vía en un tramo de la Av. Mariano Cornejo tanto en vista corte como en vista planta.

Objetivos específicos

- Determinar las falencias en el tramo a analizar mediante una inspección en campo tanto cuantitativa como cualitativa



i



- Proponer una distribución del derecho de vía que represente una mejora de los Niveles de Servicio de Segmento para Peatones y Bicicletas, tanto respecto al estado actual como respecto a otras propuestas
- Desarrollar a detalle la solución propuesta en vista planta y corte teniendo en cuenta referencias de diseño

#### PROGRAMA DE TRABAJO

El desarrollo de la tesis considerará los siguientes temas:

- a. Planteamiento del escenario, objetivos, justificación y alcance
- b. Revisión de literatura relacionada a la Ingeniería de Transporte y Movilidad, a los Niveles de Servicio, a diseños viales y a conceptos relacionados
- c. Recopilación de información relacionada a la vía y a los vehículos/usuarios que por esta transitan
- d. Análisis de Criterio y de Niveles de Servicio para Peatones y Bicicletas, tanto del estado actual como de cada uno de los posibles escenarios
- e. Diseño de detalle de la propuesta optada
- f. Conclusiones y recomendaciones

#### METODOLOGÍA DE TRABAJO

La metodología consta de tres etapas claramente definidas:

Análisis Vial.- En esta etapa se busca conocer las características del tráfico automotor, tales como volúmenes, velocidades, composición vehicular y espacio ocupable para estacionamiento. Asimismo, características de la vía misma, tales como anchos de componentes de sección, tipos de usuarios y, principalmente, falencias que afectan la eficiencia y seguridad durante la circulación.

Planteamiento y Evaluación de Soluciones.- Durante esta etapa se adaptan distintas distribuciones de derechos de vía exitosos y similares al de la vía estudiada. La evaluación se basa en la comparación de los Niveles de Servicio de Segmento de Peatones y Bicicletas de cada una de las opciones con respecto al estado actual, así como el criterio del proyectista.

Diseño de detalle.- En esta etapa se desarrolla el derecho de vía seleccionado en la etapa anterior. Se cumple la normativa nacional mediante el empleo de referencias estatales legales. Para los casos no especificados o poco detallados en estas se emplean referentes internacionales de países con condiciones similares al Perú.

#### REVISIONES

Primera Revisión:

- introducción, objetivos, justificación, y alcances
- marco teórico y antecedentes

Segunda Revisión

- metodología
- análisis vial
- planteamiento y evaluación de soluciones

Tercera Revisión:

- desarrollo del diseño y diseño de detalle
- conclusiones y recomendaciones

NOTA

Extensión máxima: 100 páginas.



## ÍNDICE

|   |     |
|---|-----|
| LISTA DE FIGURAS .....  | V   |
| LISTA DE TABLAS.....  | VII |
| Capítulo 1: INTRODUCCIÓN.....   | 1   |
| 1.1.    Objetivo general.....   | 3   |
| 1.2.    Objetivos específicos .....                                     | 3   |
| 1.3.    Justificación .....   | 3   |
| 1.3.1.    Inducción de la demanda no motorizada .....                   | 3   |
| 1.3.2.    Inseguridad vial para conductores y ciclistas.....            | 4   |
| 1.3.3.    Fortalecimiento de la Red Ciclovial.....                      | 6   |
| 1.4.    Alcance .....   | 8   |
| Capítulo 2: MARCO TEÓRICO .....   | 10  |
| 2.1.    Movilidad e Ingeniería de Transporte.....                       | 10  |
| 2.1.1.    Evolución del paradigma.....                                  | 10  |
| 2.1.2.    Sobre la democratización y del uso efectivo de las vías ..... | 11  |
| 2.2.    Conceptos generales .....                                       | 13  |
| 2.2.1.    Cicloinfraestructura .....                                    | 13  |
| 2.2.2.    Derecho de vía .....  | 15  |
| 2.2.3.    Clasificación Portland para ciclistas.....                    | 16  |
| 2.2.4.    Factores que determinan la selección modal no motorizada..... | 17  |
| 2.2.5.    Nivel de servicio.....  | 19  |
| 2.3.    Síntesis conceptual.....  | 19  |
| Capítulo 3: ANTECEDENTES.....   | 21  |
| 3.1.    Contexto local en la última década .....                        | 21  |
| 3.2.    Situación actual de la vía .....                                | 24  |
| 3.3.    Casos ejemplares .....  | 25  |
| 3.3.1. <i>El Embarcadero Avenue, North Beach, San Francisco</i> .....   | 25  |
| 3.3.2.    Carrera Once, Chapinero, Bogotá D.C.....                      | 26  |

|             |  |    |
|-------------|--|----|
| 3.3.3.      | Avenida Salaverry, San Isidro, Lima.....   | 27 |
| Capítulo 4: | METODOLOGÍA .....  | 29 |
| 4.1.        | Herramientas .....   | 29 |
| 4.1.1.      | <i>Streetmix</i> .....   | 29 |
| 4.1.2.      | <i>Highway Capacity Manual 2010</i> .....  | 29 |
| 4.1.3.      | Manuales de diseño de vías urbanas .....   | 33 |
| 4.1.4.      | Otros programas.....   | 34 |
| 4.2.        | Procedimiento .....  | 34 |
| 4.2.1.      | Análisis Vial.....   | 36 |
| 4.2.2.      | Planteamiento y Evaluación de Soluciones .....   | 38 |
| 4.2.3.      | Diseño de detalle .....  | 38 |
| Capítulo 5: | ANALISIS VIAL.....   | 39 |
| 5.1.        | Derecho de vía.....  | 39 |
| 5.2.        | Características propias de la vía.....   | 40 |
| 5.3.        | Problemas detectados .....   | 43 |
| 5.4.        | Mediciones.....  | 45 |
| 5.4.1.      | Aforo .....  | 45 |
| 5.4.2.      | Control de velocidad .....   | 46 |
| Capítulo 6: | PLANTEAMIENTO Y EVALUACIÓN DE SOLUCIONES .....   | 48 |
| 6.1.        | Evaluación del Nivel de Servicio para la Sección Actual .....                                | 48 |
| 6.2.        | Solución 1: Tipo <i>El Embarcadero Avenue</i> , ampliación de ciclobandas<br>existentes..... | 49 |
| 6.2.1.      | Distribución del derecho de vía.....   | 49 |
| 6.2.2.      | Evaluación a criterio.....   | 50 |
| 6.3.        | Solución 2: Tipo Carrera Once, ciclovía sobre un carril vehicular .....                      | 50 |
| 6.3.1.      | Derecho de vía .....   | 50 |
| 6.3.2.      | Evaluación a criterio.....   | 52 |
| 6.3.3.      | Evaluación del Nivel de Servicio.....  | 52 |
| 6.4.        | Solución 3: Tipo Avenida Salaverry, ciclovía sobre el separador central ..                   | 54 |

|   |  |    |
|---|--|----|
| 6.4.1.  | Derecho de vía .....   | 54 |
| 6.4.2.  | Evaluación a criterio.....   | 55 |
| 6.4.3.  | Evaluación del Nivel de Servicio.....  | 56 |
| 6.5.  | Selección de solución .....  | 57 |
| Capítulo 7: DISEÑO DE DETALLE .....             |  | 59 |
| 7.1.  | Referencias para el diseño geométrico.....   | 59 |
| 7.1.1.  | Ancho de carriles vehiculares .....  | 59 |
| 7.1.2.  | Sección de la ciclovía .....   | 60 |
| 7.1.3.  | Alineamiento de ciclovía .....   | 62 |
| 7.2.  | Referencias para la selección del pavimento de la ciclovía.....  | 63 |
| 7.3.  | Referencias para la señalización .....   | 65 |
| 7.3.1.  | Señalización horizontal en veredas .....   | 66 |
| 7.3.2.  | Señalización horizontal en calzada vehicular y ciclovía .....  | 67 |
| 7.3.3.  | Señalización vertical orientada a transporte motorizado .....  | 69 |
| 7.3.4.  | Señalización vertical orientada a transporte no motorizado .....   | 70 |
| 7.3.5.  | Señalización vertical orientada a transporte público.....  | 71 |
| 7.4.  | Rampas.....  | 71 |
| 7.5.  | Resaltos .....   | 72 |
| 7.6.  | Desarrollo de diseño .....   | 73 |
| 7.6.1.  | Intersección de Av. Mariano Cornejo, Av. Santa Gertrudis y Cl.<br>Alameda Astral.....                        | 74 |
| 7.6.2.  | Intersección de Av. Mariano Cornejo y Cl. Santa Bárbara .....  | 77 |
| 7.6.3.  | Intersección de Av. Mariano Cornejo, Cl. Río Huaura y Jr. Saturno...78                                       |    |
| 7.6.4.  | Intersecciones de Av. Mariano Cornejo con Cl. Río Santa, Cl. Río<br>Moche y Pasaje hacia Huaca “La Luz”..... | 80 |
| 7.6.5.  | Sardineles de parada.....  | 81 |
| 7.6.6.  | Derecho de vía típico .....  | 82 |
| Capítulo 8: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... |  | 84 |
| 8.1.  | Conclusiones .....   | 84 |
| 8.1.1.  | Problemas solucionados.....  | 84 |

|        |  |    |
|--------|--|----|
| 8.1.2. | Diagrama de Flujo de Tres Etapas y <i>HCM 2010</i> como metodología para rediseños viales urbanos .....                      | 85 |
| 8.1.3. | Niveles de Servicio de Segmentos para Peatones y Bicicletas. Análisis, comparación y extrapolación de resultados.....        | 85 |
| 8.1.4. | Cambios de alineamientos para peatones y ciclistas, y sardineles de parada como elementos innovadores .....                  | 87 |
| 8.2.   | Recomendaciones .....  | 88 |
| 8.2.1. | Poda programada de vegetación.....   | 88 |
| 8.2.2. | Clausura permanente del canal del separador central .....  | 89 |
| 8.2.3. | Adaptación del proyecto a toda la Av. Mariano Cornejo.....   | 90 |
| 8.2.4. | Sincronización de semáforos de las intersecciones de Av. Mariano Cornejo con las avenidas Santa Gertrudis y La Alborada..... | 90 |
| 8.2.5. | Incorporación de ciclovías colectoras en avenidas Santa Gertrudis, La Alborada, Alejandro Bertello, entre otras .....        | 92 |
| 8.2.6. | Mejora de cicloinfraestructura para acceder a focos de atracción de Av. Universitaria .....                                  | 93 |
|        | BIBLIOGRAFÍA: ACADÉMICA, LEGAL Y ESTADÍSTICA.....  | 95 |
|        | REFERENCIAS PERIODISTICAS .....  | 99 |

## LISTA DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Figura 1.1 – Definición territorial de “Lima Centro” para fines estadísticos.....  | 1  |
| Figura 1.2 - Ciclobanda en El Embarcadero Avenue, North Beach, San Francisco ..  | 5  |
| Figura 1.3 - Ciclobanda en Av. Mariano Cornejo, Cercado de Lima, Lima .....  | 5  |
| Figura 1.4 – Ciclistas transitando por la Av. Mariano Cornejo .....  | 6  |
| Figura 1.5 – Red Ciclovial y Rutas de Transporte Público Masivo de Lima.....   | 7  |
| Figura 1.6 – Alcance del rediseño .....  | 8  |
| Figura 1.7 – Área a rediseñar de la Av. Mariano Cornejo .....  | 9  |
| Figura 2.1 – Ciclovía en Carrera Séptima cerca al Museo Nacional, Bogotá .....   | 13 |
| Figura 2.2 - Ciclobanda en Av. 2 de Mayo en San Isidro, Lima .....   | 14 |
| Figura 2.3 – Interconexión entre la Estación Av. Rojas (BRT Transmilenio) y la<br>Ciclovía de la Av. El Dorado. Bogotá .....                           | 15 |
| Figura 3.1 - Av. Mariano Cornejo antes de la aparición de las ciclobandas.....   | 21 |
| Figura 3.2 – Sección vial de la Av. Mariano Cornejo hacia 1999 .....   | 22 |
| Figura 3.3 – Plano de Zonificación de las urbanizaciones colindantes a la Av.<br>Mariano Cornejo .....   | 23 |
| Figura 3.4 – Red transversal en Lima Centro propuesta por Municipalidad<br>Metropolitana de Lima .....   | 24 |
| Figura 3.5 - Derecho de vía actual de la Av. Mariano Cornejo.....  | 25 |
| Figura 3.6 – Vista aérea de <i>El Embarcadero Avenue</i> , San Francisco .....   | 26 |
| Figura 3.7 – Sección típica de la Av. Salaverry, Lima .....  | 27 |
| Figura 3.8 – Sección típica de la Carrera 11, Bogotá D.C. ....   | 28 |
| Figura 4.1 - Variables según tipo de ancho.....  | 33 |
| Figura 4.2 – Ejemplos de resguardo convencionales.....   | 33 |
| Figura 4.3 – Flujograma de rediseño de una vía.....  | 35 |
| Figura 5.1 - Derecho de vía típico de la Av. Mariano Cornejo, cuadra 22.....   | 39 |
| Figura 5.2 – Casos particulares de transporte no motorizado observados en Av.<br>Mariano Cornejo. Bicicleta de carga menor y <i>skateboarder</i> ..... | 41 |
| Figura 5.3 – Ensanche de calzada típico de todas las intersecciones .....  | 42 |
| Figura 5.4 – Principales líneas de deseo transversales a la Av. M. Cornejo en<br>sentido sur – norte dentro del alcance del proyecto.....              | 42 |
| Figura 5.5 – Superposición del uso de ciclobanda y carril derecho en Av. Mariano<br>Cornejo.....   | 43 |
| Figura 5.6 – Vista del oeste de la intersección de las Avenidas Mariano Cornejo,<br>Santa Gertrudis y Calle Alameda Astral .....                       | 44 |

|   |    |
|---|----|
| Figura 5.7 – Distribución de velocidades a flujo libre registradas en Av. Mariano Cornejo.....  | 47 |
| Figura 6.1 – Derecho de vía de Solución 1 .....   | 50 |
| Figura 6.2 – Derecho de vía de Solución 2 tipo Carrera Once.....  | 51 |
| Figura 6.3 – Interpretación de los anchos para el cálculo del Nivel de Servicio en la Solución 2 tipo Carrera Once para las veredas Norte y Sur respectivamente .....   | 53 |
| Figura 6.4 - Interpretación de los anchos para el cálculo del Nivel de Servicio para Bicicletas en la Solución 2 tipo Carrera Once .....                                | 54 |
| Figura 6.5 - Derecho de vía de Solución 3 tipo Av. Salaverry .....  | 55 |
| Figura 6.6 - Interpretación de los anchos para el cálculo del Nivel de Servicio en la Solución 3 tipo Av. Salaverry para las ciclistas y peatones respectivamente ..... | 57 |
| Figura 7.1 – Pendientes del tramo a diseñar.....  | 62 |
| Figura 7.2 – Vestigios de canal inoperativo.....  | 65 |
| Figura 7.3 – Ejemplo de demarcación horizontal .....  | 68 |
| Figura 7.4 – Parámetros mínimos para señales vehiculares en zona urbana .....   | 69 |
| Figura 7.5 – Señales informativas con referencia de lugares y distancias.....   | 70 |
| Figura 7.6 – Ubicación tentativa de los paraderos sobre un tramo de la Av. M. Cornejo.....  | 71 |
| Figura 7.7 – Conflictos de la ciclovía de la Av. Salaverry en el cruce con Av. Faustino Sánchez.....  | 74 |
| Figura 7.8 – Intersección de Av. Mariano Cornejo, Av. Santa Gertrudis y Ca. Alameda Astral. Actual y proyectado.....  | 75 |
| Figura 7.9 – Intersección de Av. Mariano Cornejo y Ca. Santa Bárbara. Actual y proyectado.....  | 77 |
| Figura 7.10 – Intersección de Av. M. Cornejo, Ca. Río Huaura y Jr. Saturno. Actual y proyectado.....  | 79 |
| Figura 7.11 – Intersección de la Av. Mariano Cornejo con la Ca. Río Santa, Ca. Río Moche y Pasaje de la Ca. Marte. Actual y proyectado.....                             | 81 |
| Figura 7.12 – Funcionamiento del sardinel de parada .....   | 82 |
| Figura 7.13 – Derecho de vía típico con Línea de centro como Eje de simetría.....   | 83 |
| Figura 8.1 – Problema de visibilidad de señal en ciclovía de Carrera 13, Bogotá ...   | 89 |
| Figura 8.2 – Baños públicos en el cruce de Av. Mariano Cornejo con Jr. Talavera.  | 90 |
| Figura 8.3 – Análisis cinemático M.U. de móviles en Av. Mariano Cornejo .....   | 91 |
| Figura 8.4 – Posibles vías colectoras hacia la Av. Mariano Cornejo.....   | 92 |
| Figura 8.5 – Cicloparqueadero al final de la ciclovía de la Av. Universitaria cerca a la intersección con Av. La Marina .....   | 94 |

## LISTA DE TABLAS

|   |    |
|---|----|
| Tabla 2.1 - Clasificación Portland para ciclistas y población de grupos.....  | 16 |
| Tabla 4.1 - Variables que intervienen en el cálculo del puntaje del Nivel de Servicio de Segmento para Peatones y Bicicletas..... | 31 |
| Tabla 4.2 - Calificación propuesta para pavimentos rígidos y flexibles según su estado.....                                       | 32 |
| Tabla 4.3 - Equivalencias entre letras y puntajes para Niveles de Servicio .....  | 32 |
| Tabla 5.1 – Aforo vehicular en Av. Mariano Cornejo.....   | 46 |
| Tabla 6.1 – Estimación del Nivel de Servicio en una sección típica del Estado Actual para Peatones y Bicicletas .....             | 48 |
| Tabla 6.2 - Modificaciones sobre el derecho de vía para la Solución 1 .....   | 49 |
| Tabla 6.3 – Modificaciones sobre el derecho de vía para la Solución 2 tipo Carrera Once.....                                      | 51 |
| Tabla 6.4 - Estimación del Nivel de Servicio para Peatones y Bicicletas en Solución 2 .....                                       | 53 |
| Tabla 6.5 - Modificaciones sobre el derecho de vía para la Solución 3 tipo Av. Salaverry .....                                    | 55 |
| Tabla 6.6 - Estimación del Nivel de Servicio para Peatones y Bicicletas en Solución 3 .....                                       | 56 |
| Tabla 7.1 – Relación entre el ancho de una vía, su accidentalidad y su velocidad límite.....                                      | 60 |
| Tabla 7.2 – Dimensiones de la banda de circulación.....   | 60 |
| Tabla 7.3 – Dimensiones de resguardo.....   | 61 |
| Tabla 7.4 – Valores del bombeo para calzada .....   | 61 |
| Tabla 7.5 – Velocidad de diseño .....   | 62 |
| Tabla 7.6 – Longitud máxima permitida de tramo .....  | 63 |
| Tabla 7.7 – Radio mínimo de curvas.....   | 63 |
| Tabla 7.8 – Valoración de superficies de rodadura.....  | 64 |
| Tabla 7.9 – Relación dimensional entre demarcaciones y brechas de líneas segmentadas.....   | 67 |
| Tabla 7.10 – Longitudes de rampas y pendientes en resalto de tipo trapezoidal ....  | 73 |
| Tabla 8.1 – Comparación de Niveles de Servicio de Segmento según casos .....  | 86 |

## Capítulo 1: INTRODUCCIÓN

El proyecto de rediseño contempla como origen de viajes a la zona residencial de mediana densidad ubicada en el límite oeste de los distritos de Cercado de Lima y Pueblo Libre. Asimismo, se contemplan como fuertes destinos de viajes a los comercios y universidades ubicados en la Av. Universitaria al este del distrito de San Miguel y al suroeste del distrito de Cercado de Lima. Este origen y los destinos se encuentran tan próximos – menos de 3 Km- que el fortalecimiento de infraestructura para viajes en modos no motorizados se vuelve imperativo si se quiere aumentar la eficiencia y sostenibilidad de los desplazamientos.

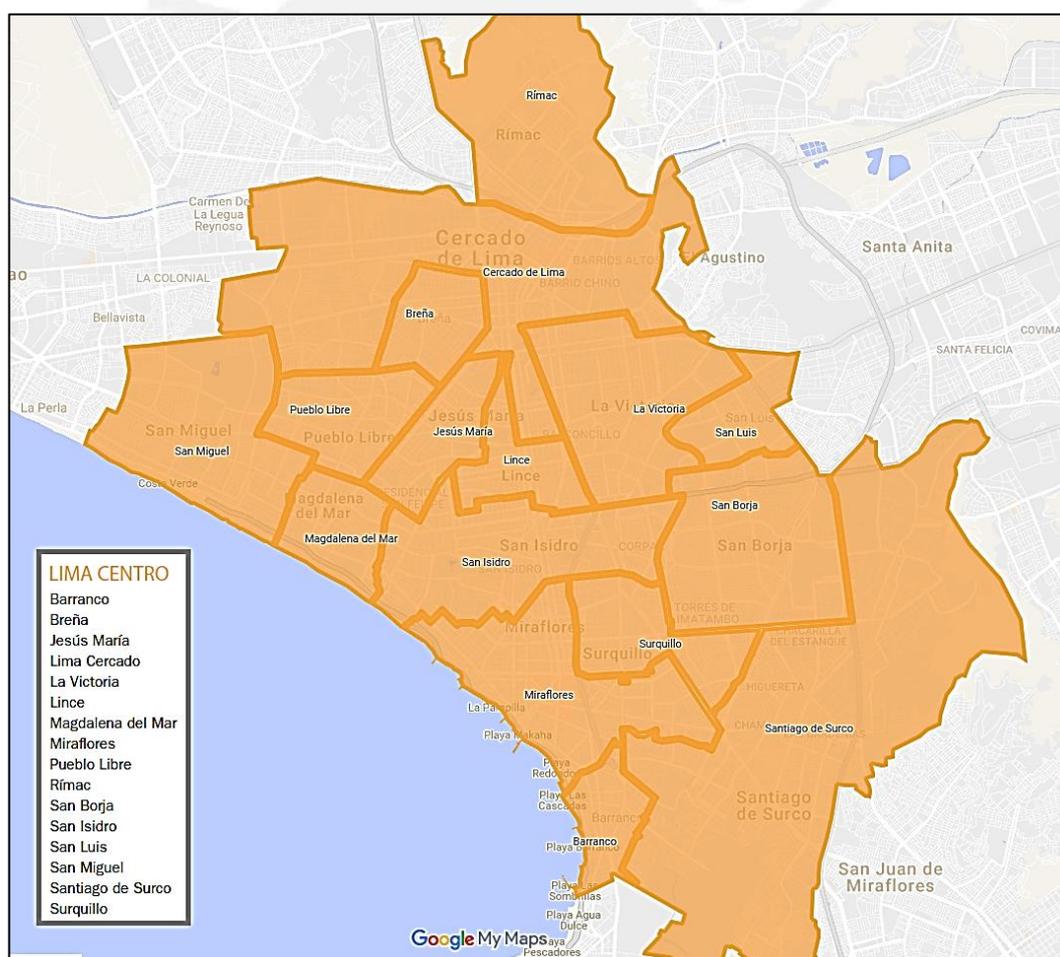


Figura 1.1 – Definición territorial de “Lima Centro” para fines estadísticos

Fuente: Extraído de Lima Cómo Vamos, 2017

En la realidad, los hábitos de desplazamiento de las personas no son los idóneos. Se sabe que el distrito de San Miguel es destino del 3.2% de los habitantes de Lima Centro. De estos, a pesar de que muchos desarrollan un trayecto corto, un 0% optan por realizar el viaje en bicicleta y un 12.3% lo realiza a pie (LCV, 2017). Este comportamiento, más que un problema de hábitos, es un síntoma que evidencia la ausencia de motivación hacia los ciudadanos para realizar viajes de forma no motorizada.

La causa de dicho escenario de movilidad es atribuible a múltiples factores, aunque se destacan principalmente dos. En primer lugar resalta la insatisfacción de los potenciales usuarios de modos no motorizados con el estado de la infraestructura existente o la carencia de la misma. En el año 2016 el 38.0% de los habitantes de Lima Centro se declaraba insatisfecho respecto al estado de las áreas peatonales mientras que, respecto al estado de las ciclovías, la insatisfacción alcanzaba al 49.0% de la población (LCV, 2017). En segundo lugar, destaca la percepción de inseguridad que predomina en los espacios públicos. El 57.3% de las personas de Lima Centro al año 2016 se sentían inseguras caminando por la vía pública (LCV, 2017) y, por tanto, buscaban modos que los transporten de forma segura y rápida. La situación un año después prácticamente se mantiene igual.

Este proyecto de rediseño busca intervenir parte de una vía importante para la realización de viajes urbanos dentro de Lima Centro. Dicha arteria conecta el origen y los destinos antes descritos. Dentro de estos destacan Plaza San Miguel –destino de aproximadamente 85 mil persona al día (La República, 2012)-, la Universidad Católica -31 mil personas diarias (DIRINFO PUCP, 2015)- y la Universidad San Marcos -30 mil personas diarias (INEI, 2011). Se busca que el derecho de la vía se redistribuya de tal forma que los actuales y potenciales usuarios de los diversos modos de transporte que transitan por la misma puedan hacerlo de forma coordinada, segura y eficiente.

### **1.1. Objetivo general**

El objetivo general de este proyecto consiste en mejorar los Niveles de Servicio de Segmento para Peatones y Bicicletas respecto al estado actual mediante la redistribución y el rediseño del derecho de vía de un tramo de la Av. Mariano Cornejo tanto en vista corte como en vista planta.

### **1.2. Objetivos específicos**

Los objetivos específicos de este proyecto de rediseño son los siguientes:

- Determinar las deficiencias existentes en el tramo a analizar mediante una inspección en campo tanto cuantitativa como cualitativa
- Proponer una distribución del derecho de vía que represente una mejora de los Niveles de Servicio de Segmento para Peatones y Bicicletas, tanto respecto al estado actual como respecto a otras propuestas
- Desarrollar a detalle la solución propuesta en vista en planta y corte teniendo en cuenta referencias de diseño

### **1.3. Justificación**

A continuación, se presentan tres argumentos que sustentan la necesidad de intervención en la Av. Mariano Cornejo.

#### **1.3.1. Inducción de la demanda no motorizada**

Tras revisar los datos anteriormente presentados se infiere que las personas no están encontrando un entorno propicio para realizar sus viajes cortos de forma no motorizada. Sin embargo, en lo que refiere a la calidad de los

espacios para la movilidad, existe un interés importante de parte de la población de Lima Centro en que esta mejore. Un 32.7% cree que el aumento y mejora de veredas y espacios públicos repercutirá de forma positiva en sus vidas; asimismo, un 13.9% piensa de forma similar respecto a la creación de ciclovías (LCV, 2017).

Es destacable entonces que existe un grupo de potenciales peatones y ciclistas que se alinean con la etiqueta de “Interesado pero preocupado” de la Clasificación Portland para Ciclistas a desarrollar más adelante. Estos, en breve descripción, representan a un grupo que de encontrar una mejora sustancial en los espacios públicos se inclinará a cambiar su selección modal. Entonces, se puede esperar que en una ciudad de tráfico agresivo como Lima, las medidas de segregación y *traffic calming* tengan un efecto positivo sobre el reparto modal no motorizado.

### **1.3.2. Inseguridad vial para conductores y ciclistas**

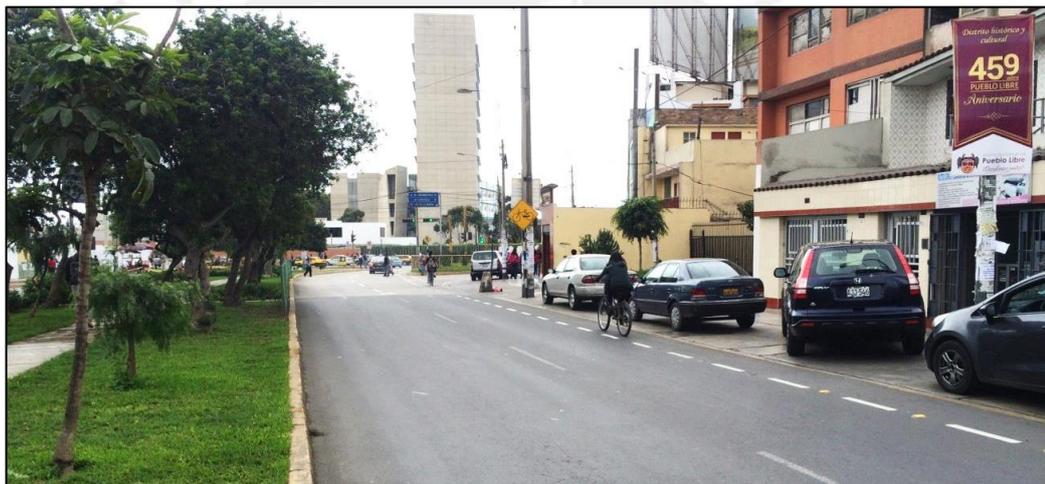
El servicio inadecuado que prestan las ciclobandas existentes se hace evidente si se les compara con una propiamente diseñada. Para efectos didácticos se analizan las siguientes figuras.

Al contrastar las ciclobandas de las figuras 1.2 y 1.3 se puede apreciar que la de *El Embarcadero* presta un mejor servicio por la razón que cuenta con un espacio claramente definido y con dimensiones generosas. Para que una ciclobanda unidireccional funcione de forma segura se requiere, como mínimo, un ancho de 1.40 m, un espacio de resguardo de 0.65 m y una señalización horizontal notoria (MT Colombia, 2016). Asimismo, el carril vehicular próximo a la ciclobanda requiere mantener sus dimensiones mínimas para una circulación cómoda de los vehículos.



**Figura 1.2** - Ciclobanda en El Embarcadero Avenue, North Beach, San Francisco

Fuente: Fotografía propia



**Figura 1.3** - Ciclobanda en Av. Mariano Cornejo, Cercado de Lima, Lima

Fuente: Fotografía propia

En la Figura 1.3 se destaca principalmente el problema de las dimensiones tanto de la ciclobanda como del carril vehicular derecho. Estos funcionan de forma superpuesta por lo que el riesgo es permanente para los ciclistas. Por otra parte, la Figura 1.4 muestra un síntoma del problema que se tiene en este momento en la avenida. La ciclobanda es excluyente pues relega a la vereda a las personas con menos aptitudes.



**Figura 1.4** – Ciclistas transitando por la Av. Mariano Cornejo

Fuente: Fotografía propia

La vía presenta otras deficiencias que deben ser corregidas para la correcta circulación de los diversos modos. Estas son la falta de un ciclo semafórico para bicicletas en intersecciones ya semaforizadas, la presencia de huecos en el pavimento y la existencia de pasos peatonales deficientes. En el Acápite “5.3. Problemas detectados” se abordarán estos con mayor detalle.

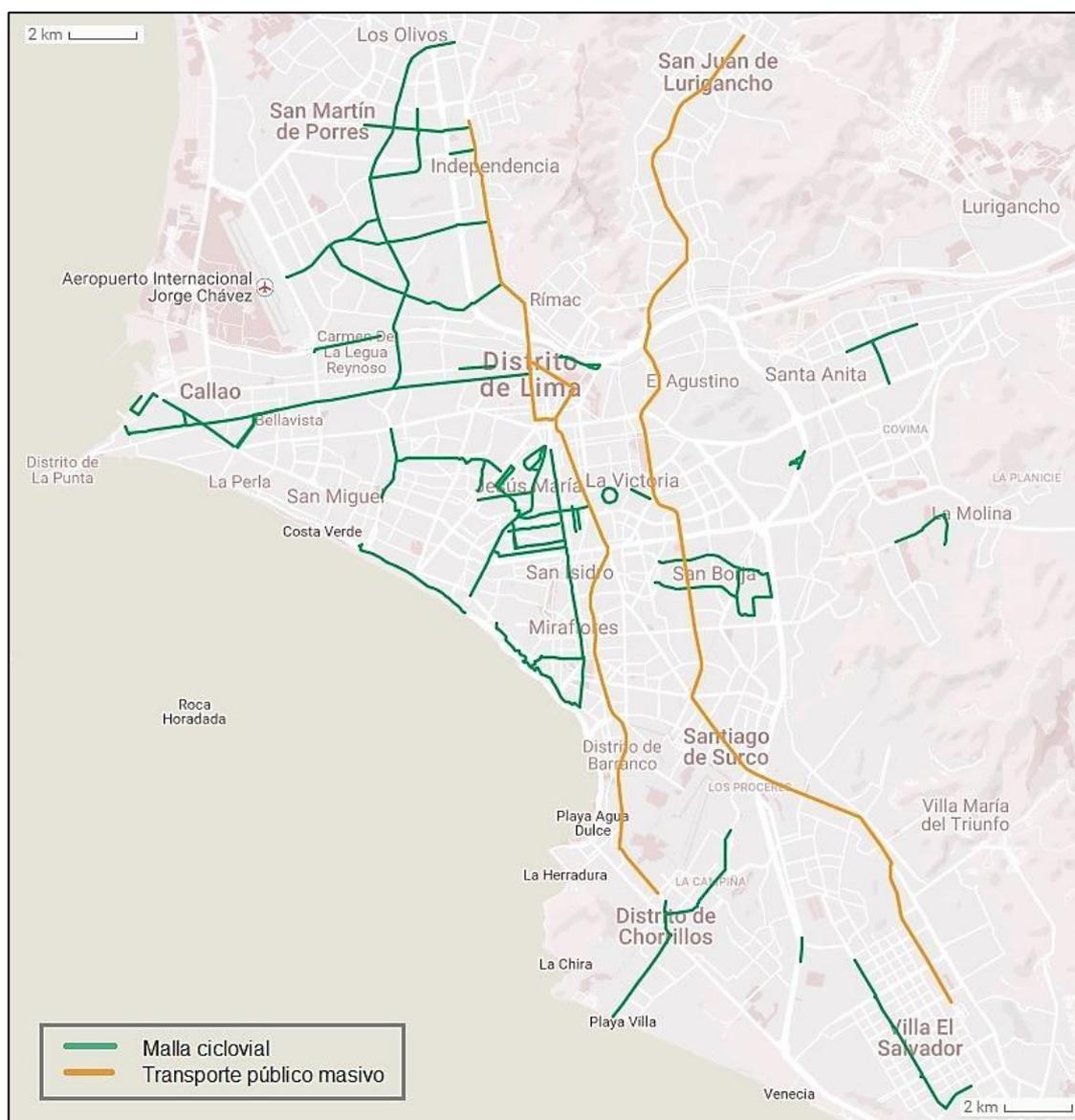
### **1.3.3. Fortalecimiento de la Red Ciclovial**

Usualmente los orígenes y destinos no se encuentran alineados sobre una misma vía, por lo que las vías ciclistas que no se encuentren integradas dentro de una topología ordenada prestan un servicio limitado. Es por esto que diversos autores recomiendan que las ciclovías de una ciudad se interconecten entre sí para poder formar una malla sólida que empodere a los usuarios a llegar a mayores distancias de forma segura y facilite su interconexión con modos de transporte masivo (Pardo, 2016).

La situación de la Red Ciclovial de Lima es deficiente. Los problemas que se destacan en la Figura 1.5 son su corta longitud en relación al tamaño de la ciudad, la baja interconexión entre sus vías y la casi nula integración con las rutas de transporte público masivo –BRT Metropolitano y Línea 1 del Metro-.

También destaca como problema importante el estado de abandono o mal diseño de muchos tramos de la red.

Si bien el actual proyecto no propone un aumento de la longitud de la ciclovía ni busca generar un vínculo entre esta y las líneas de transporte masivo, se proyecta a fortalecer un tramo de la red. Es necesario que la vía ciclista de la Av. Mariano Cornejo mejore en términos de calidad e interconexión con la ciclovía de la Av. Universitaria.



**Figura 1.5 – Red Ciclovial y Rutas de Transporte Público Masivo de Lima**

Fuente: Elaboración propia adaptado de *Google Maps*, 2016



El área de tratamiento respeta la posición actual de árboles -no arbustos-, límites de propiedad, postes, veredas, jardines laterales, accesos y estacionamientos. Dicha área corresponde a la achurada en la Figura 1.7. No son parte del alcance el diseño del ciclo semafórico de la intersección de las avenidas Mariano Cornejo y Santa Gertrudis, ni el diseño del pavimento de nuevas vías.



**Figura 1.7 – Área a rediseñar de la Av. Mariano Cornejo**

Fuente: Elaboración propia

## **Capítulo 2: MARCO TEÓRICO**

El proyecto de rediseño tiene en cuenta conceptos y criterios tanto para su justificación como para su ejecución. Estos serán introducidos en este capítulo para poder contextualizar al lector.

### **2.1. Movilidad e Ingeniería de Transporte**

La Ingeniería de Transporte, tanto en su concepción como aplicación, cambia la identidad de las ciudades y el estilo de vida de las personas que en esta habitan. Es por tanto necesario entender como esta percibe a sus objetos de estudio, así como a la actual situación social de la disposición y promoción de modos en Lima.

#### **2.1.1. Evolución del paradigma**

En los inicios de la Ingeniería de Transporte, los objetivos perseguidos por esta, así como los parámetros e hipótesis que la delimitaban, eran muy distintos a la tendencia actual. Su nombre para la época era “Ingeniería de Tráfico” y, como este lo denota, su enfoque eran los vehículos, no las personas. El objetivo era permitir una circulación fluida en las vías y se tenían como parámetros de control a las velocidades directrices conseguidas y a las colas generadas en las intersecciones.

Con el paso de los años, académicos y profesionales cayeron en cuenta que lo importante no era el movimiento de vehículos, sino el de los usuarios y las mercancías que en estos viajan. Por otra parte, no transcurrió mucho tiempo para que se considere que los modelos de diseño no solo debían enfocarse en hombres adultos, la ciudad también es transitada por niños, personas de tercera edad, personas con limitaciones física, entre otros grupos con movilidad reducida. Un nuevo enfoque llevó a tener en consideración detalles que antes pasaban desapercibidos, como la pendiente de las rampas; así como al cuestionamiento de teorías fuertes, como la eficiencia

de construir pasos a desnivel para aliviar el tráfico motorizado (ITDP y EMBARQ, 2012).

Actualmente, la Ingeniería del Transporte incorpora una visión holística interdisciplinaria. Los nuevos ideales buscan retomar los espacios públicos cedidos al transporte motorizado, crear centros urbanos compactos y policéntricos (Dextre et. al., 2014), desarrollar sistemas de transporte con baja huella de carbono, entre otros. Dentro de estos sistemas de transporte sostenible se cita a la bicicleta como el medio por excelencia para cortas distancias tanto por sus características como por los casos exitosos presentados en ciudades como Copenhague, Ámsterdam, Bogotá, Portland, entre otras.

### **2.1.2. Sobre la democratización y del uso efectivo de las vías**

El automóvil particular, por sus dimensiones y cantidad promedio de pasajeros transportados, representa un uso poco eficiente del espacio tanto para circular como para estacionar si se le compara con modos de transporte públicos o modos no motorizados. Por otra parte, si bien aumenta el rango de desplazamiento posible de las personas, lo hace a costa de un mayor consumo energético por pasajero respecto a los modos antes mencionados.

Asimismo, el automóvil puede convertirse en un símbolo de inequidad si la mayor parte del espacio público es destinado a este cuando, en realidad, la menor parte de los viajes se realizan en un automóvil. La inequidad se hace más crónica aun cuando la tenencia de automóviles corresponde solo a un segmento superior de la población. Es decir, el automóvil tiene el potencial de ser un símbolo del despilfarro de espacio público en favor de las personas con mayor poder adquisitivo.

Lamentablemente Lima es una ciudad donde el automóvil toma dicho simbolismo. En la ciudad tan solo el 9.4% de los viajes se realizan en auto

propio y de estos, solo el 14.1% son realizados por personas de estrato D o E (LCV, 2017). Sin embargo, la política municipal hacia este modo en los últimos años y hoy en día se basa en priorizar la construcción de infraestructura que satisfaga sus necesidades siempre crecientes.

Según lo descrito, podría parecer una solución socioeconómicamente aceptable el promover créditos para que personas de menores recursos puedan acceder a automóviles y así, ser partícipes de la infraestructura creciente para estos. Sin embargo, es necesario entender que el aumento de carros y vías no es una solución sostenible a futuro. Para entender dicha perspectiva considere el siguiente ejemplo:

Existen dos caminos saturados para llegar de un origen “A” a un destino “B”. Para reducir dicha saturación se abre un tercer camino –un paso a desnivel quizás-. Tras esto, los vehículos se redistribuyen y el problema se ha solucionado. Sin embargo, los habitantes que no cuenten con un vehículo se verán motivados a conseguir uno considerando que las condiciones para estos son favorables. A mediano plazo, muchos de dichos habitantes habrán comprado un vehículo, engrosarán el parque automotor y, con esto, saturarán las tres vías entre “A” y “B”. Se concluye entonces que dicho tercer camino no fue una solución sostenible a mediano y largo plazo.

Por lo tanto, no es social, económica ni ambientalmente sostenible para una ciudad el promover al automóvil como modo de transporte. Es necesario entonces que Lima invierta prioridades en cuanto al espacio público y la infraestructura que se proyecta para los diversos modos. Se debe respetar una pirámide de prioridad donde los modos no motorizados tengan preferencia en viajes cortos y los modos públicos masivos, en viajes interurbanos (Dextre et. al., 2014).

## 2.2. Conceptos generales

A continuación se dilucidan conceptos generales que intervienen tanto a nivel de redacción como teórico.

### 2.2.1. Cicloinfraestructura

Se entiende como tal a toda infraestructura que tenga como fin facilitar la circulación o el estacionamiento de bicicletas. Algunos tipos de vías son los siguientes:

- **Ciclovía:** Vía segregada físicamente para uso de bicicletas y vehículos similares. En algunos países se le conoce como “cicloruta”. Ver Figura 2.1.

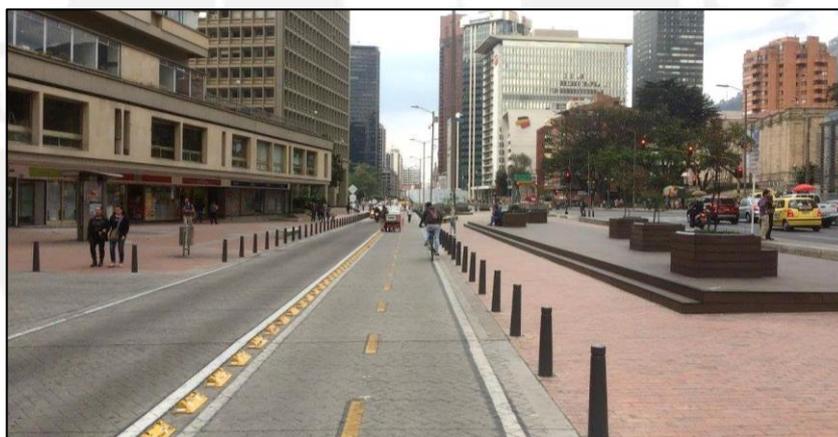


Figura 2.1 – Ciclovía en Carrera Séptima cerca al Museo Nacional, Bogotá

Fuente: Fotografía propia

- **Ciclobanda:** Vía para bicicletas y vehículos similares ubicada en la calzada vehicular sin separación física, únicamente diferenciada en uso mediante señalización principalmente horizontal. Ver Figura 2.2.



**Figura 2.2** - Ciclobanda en Av. 2 de Mayo en San Isidro, Lima

Fuente: Extraído de la Municipalidad de San Isidro, 2016

Asimismo, existen conceptos relacionados a la cicloinfraestructura. Estos son los siguientes:

- **Integración o interconexión modal:** Punto de encuentro de dos o más modos de transporte donde un viajero tiene la posibilidad de cambiar de uno a otro. La Figura 2.3 es un ejemplo sobre la interconexión bicicleta – BRT, en dicha estación los ciclistas tienen la posibilidad de acceder a la plataforma desde la ciclovía, estacionar su bicicleta en un lugar seguro y, posteriormente, abordar un bus.
- **Red ciclovial:** Conjunto de vías para bicicletas y similares integradas mediante una topología directa. También es conocida como “Malla Ciclovial”.



**Figura 2.3** – Interconexión entre la Estación Av. Rojas (BRT Transmilenio) y la Ciclovía de la Av. El Dorado. Bogotá

Fuente: Fotografía propia

### 2.2.2. Derecho de vía

Para entender las dimensiones físicas de una vía así como su función para con la comunidad donde se ubica es necesario reconocer al “**derecho de vía**” como concepto. Este es el espacio comprendido entre dos límites de propiedad y se considera todo de dominio público.

Los derechos de vía son principalmente reconocidos por ser el espacio por el que se desplazan las personas para ir de un origen a un destino. Sin embargo, estos en realidad cumplen muchas funciones que pueden condensarse en tres categorías. La primera categoría y más obvia corresponde al **tránsito**; se espera que todos los modos que transitan por un derecho de vía lo hagan de forma eficiente y segura. Las otras categorías suelen ser obvias mas no reconocidas. Destaca como segunda la **ambiental**; este espacio entre casas suele albergar áreas verdes, zonas de drenaje, entre otras; que permiten amortiguar los diversos tipos de contaminación que se presentan en una ciudad. La tercera categoría

corresponde a la **social**; el derecho de vía también está destinado a ser un espacio donde las personas se involucran con su entorno de forma sociocultural e interpersonal, un espacio donde la ciudad reconoce su propia identidad (Dock et. al., 2004).

### 2.2.3. Clasificación Portland para ciclistas

Para ejecutar cualquier proyecto es necesario identificar y conocer a la población a la cual este estará dirigido. En este caso, un público importante hacia el cual se enfoca el rediseño es el de ciclistas y, por tanto, es necesario tener en cuenta cuales son las características y necesidades del común.

Hacia el año 2006 en la ciudad de Portland y alrededores, EE.UU.; Jennifer Dill y Nathan McNeil, después de estudiar a una muestra de la población residente, estudiaron una clasificación sobre ciclistas compuesta por cuatro grupos. Estos, su descripción, así como su composición porcentual, se presentan en la tabla adjunta.

**Tabla 2.1** - Clasificación Portland para ciclistas y población de grupos

Fuente: Elaboración propia adaptado de Dill et. al., 2012

| Tipo                       | Descripción  | Población |
|----------------------------|--|-----------|
| Fuerte y sin miedo         | Muy cómodo sin carriles para bicicletas  | 4%        |
| Entusiasta y confiado      | Muy cómodo con carriles para bicicletas  | 9%        |
| Interesado pero preocupado | No muy cómodo. Interesado en bicicletear más o actualmente ya bicicletea por transporte pero no está interesado en más | 56%       |
| No hay manera              | Físicamente inhabilitado. Muy inconforme con caminos. No muy conforme o interesado en bicicletear por transporte       | 31%       |
| n (ponderado)              |  | 915       |

Dill y McNeil señalan en su estudio que el tercer grupo, “Interesado pero preocupado”, es el grupo más prometedor pues está compuesto por

personas prestas a realizar un cambio en su selección modal siempre y cuando las condiciones para el tránsito no motorizado sean más amigables.

Si bien las realidades de Portland y Lima no son similares, en Lima Centro el 13.9% de la población opina que la creación de ciclovías lo beneficiaría como ciudadano (LCV, 2017). Se puede decir entonces que existe una cantidad apreciable de personas que se identifican con el tercer grupo de la clasificación Portland. Por tanto, se puede afirmar también que de desarrollarse infraestructura segregada para bicicletas y medidas de *traffic calming*, la cuota modal de bicicletas aumentará considerablemente.

#### **2.2.4. Factores que determinan la selección modal no motorizada**

El “Algoritmo de los cuatro pasos” es un procedimiento muy empleado en la modelación macroscópica de entornos urbanos o regionales. Este está compuesto por los siguientes pasos (Ortúzar et. al., 2011):

- I- Generación de viajes. ¿Cuántos viajes produce y atrae cada zona?
- II- Distribución de viajes. ¿Cuántos viajes van de una zona a otra?
- III- Selección modal. ¿En qué modo se transportan las personas?
- IV- Asignación de viajes. ¿Por cuál ruta se transportan las personas?

No es motivo de esta tesis ahondar en temas relacionados a la modelación del transporte por lo que solo se desarrollará la idea del tercer paso y los factores que lo afectan al tratarse de modos no motorizados.

En el paso de “Selección modal”, el usuario escoge entre los modos disponibles para transportarse a aquel que le presente la mejor utilidad, usualmente la menos negativa. Esto, pues cada modo de transporte cuenta con una utilidad cuyo valor proviene de variables a veces sencillas de cuantificar y otras, casi subjetivas.

Para entender más el efecto de las variables se revisa el siguiente ejemplo:

$$U = cte + \beta_1 * X_1 + \beta_2 * X_2 + \beta_3 * X_3 + \beta_4 * X_4$$

Sea la anterior ecuación lineal multivariable aquella de la que depende la utilidad de ir en carro propio o bicicleta, por ejemplo, podría decirse que:

*X1* : Costo del estacionamiento en destino

*X2* : Costo de la gasolina para el viaje

*X3* : Costo en tiempo del viaje

*X4* : Comodidad del conductor de compartir la vía con el otro modo de transporte

Las primeras variables son fáciles de cuantificar y trabajar, sin embargo, la cuarta variable es diferente. Se relaciona más con la percepción del usuario y con características que son medibles en otras variables algunas veces no tan obvias. Algunas de estas son las siguientes (Landis et. al., 2001; Pucher et. al., 2010):

- Características del tráfico motorizado (composición vehicular, velocidad, volumen, frecuencia)
- Estado y existencia de infraestructura propia o mixta
- Dimensiones de separación lateral respecto a móviles tanto motorizados como no motorizados
- Existencia de barrera lateral respecto a móviles tanto motorizados como no motorizados

Nótese, sin embargo, que si bien los factores son similares para ambos modos, no necesariamente actúan en la misma magnitud. Por ejemplo, la sensación de manejar una bicicleta a 60 km de una vía donde hay tráfico pesado frecuente no es la misma que aquella percibida al manejar dentro de un vehículo cerrado.

### 2.2.5. Nivel de servicio

En la Ingeniería de Transporte existen “*metrics*”, medidas que sirven como parámetros de referencia dentro del diseño o la auditoría, así como para la calificación de infraestructura proyectada o existente. Uno de los parámetros más reconocidos para evaluar medidas sobre el derecho de vía en forma longitudinal o transversal es el “Nivel de Servicio” (Brozen et. al., 2014).

Los Niveles de Servicio son calificaciones de valor ordinal cualitativo que permiten comparar los resultados de dos escenarios similares. Por ejemplo, se puede ver si el tiempo de despeje en una intersección ha mejorado después de un reajuste del ciclo semafórico; o se puede verificar si las nuevas proporciones de una ciclovía en verdad representan una mejora sustantiva.

No existe un consenso global respecto a los procedimientos o valores que intervienen para determinar el Nivel de Servicio de infraestructuras en general, mas existen metodologías de bastante aceptación. Algunas de las más destacadas son las siguientes: *Highway Capacity Manual*, *Gainesville Method* y *Trip Quality Method* (Karatas et. al., 2015).

### 2.3. Síntesis conceptual

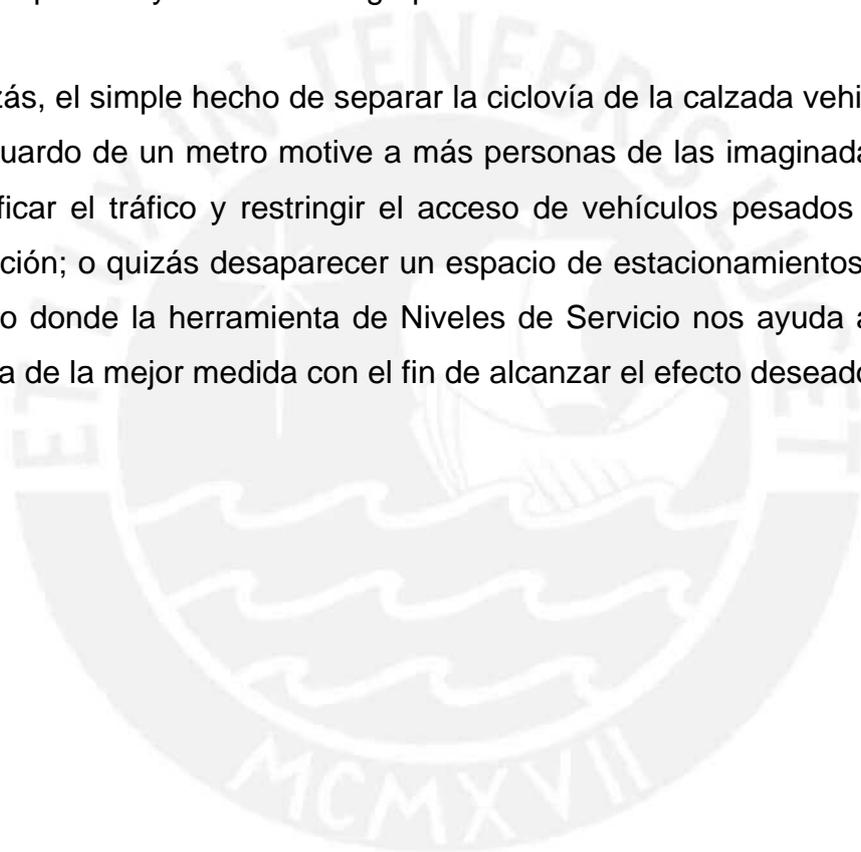
Los conceptos desarrollados pertenecen a áreas distintas, como planeamiento urbano, macromodelación del transporte o auditoría vial; sin embargo, bajo una visión holística están fuertemente vinculados. Juntos explican cómo pequeñas modificaciones en el medio físico pueden alterar los hábitos de una población en el mediano y largo plazo.

Según los profesores Ortuzar y Willumsen, las personas realizan una evaluación mental inconsciente para seleccionar el modo de transporte que más les convenga. En esta sopesan el tiempo y costo que les demandará cada modo, y consideran otros factores como comodidad y seguridad a los

que se verán expuestos al tomar uno u otro modo. Es en este punto cuando aquellos ciclistas pertenecientes al grupo de “Interesado pero preocupado” desisten de emplear la bicicleta dado el estado y distribución de un derecho de vía.

Un derecho de vía con una calzada vehicular generosa, y nulas o limitadas facilidades para peatones y ciclistas; motivará a las personas a transportarse en un automóvil. Sin embargo, este principio es recíproco y, por tanto, una vía con facilidades para modos no motorizados despertará el interés del tímido pero mayoritario tercer grupo de la Clasificación Portland.

Quizás, el simple hecho de separar la ciclovía de la calzada vehicular con un resguardo de un metro motive a más personas de las imaginadas. O quizás pacificar el tráfico y restringir el acceso de vehículos pesados produzca la reacción; o quizás desaparecer un espacio de estacionamientos. Es en este punto donde la herramienta de Niveles de Servicio nos ayuda a discernir a cerca de la mejor medida con el fin de alcanzar el efecto deseado.



## Capítulo 3: ANTECEDENTES

### 3.1. Contexto local en la última década

La Av. Mariano Cornejo no siempre contó con las actuales ciclobandas laterales. Sin embargo, como se aprecia en las Figuras 3.1 y 3.2, la ausencia de estas nunca cambió de forma considerable la distribución dentro del derecho de vía. Recién es en marzo del año 2012 cuando son incorporadas oficialmente.



**Figura 3.1** - Av. Mariano Cornejo antes de la aparición de las ciclobandas

Fuente: Extraído de Panoramio, 2016

En la Figura 3.3 se aprecia el Plano de Zonificación vigente para los distritos dentro del área de influencia de la avenida. Estos corresponden a Pueblo Libre, San Miguel y Cercado de Lima; y sus registros datan de los años 2007, 2007 y 2005 respectivamente. Se observa que si bien la mayoría de los predios corresponden a uso de vivienda, aquellos sobre la avenida tienen potencial para ser de alta densidad mientras que los otros se mantienen la calificación de mediana densidad. Por tanto, se puede concluir que la zona en cuestión está desarrollando un proceso lento de densificación.

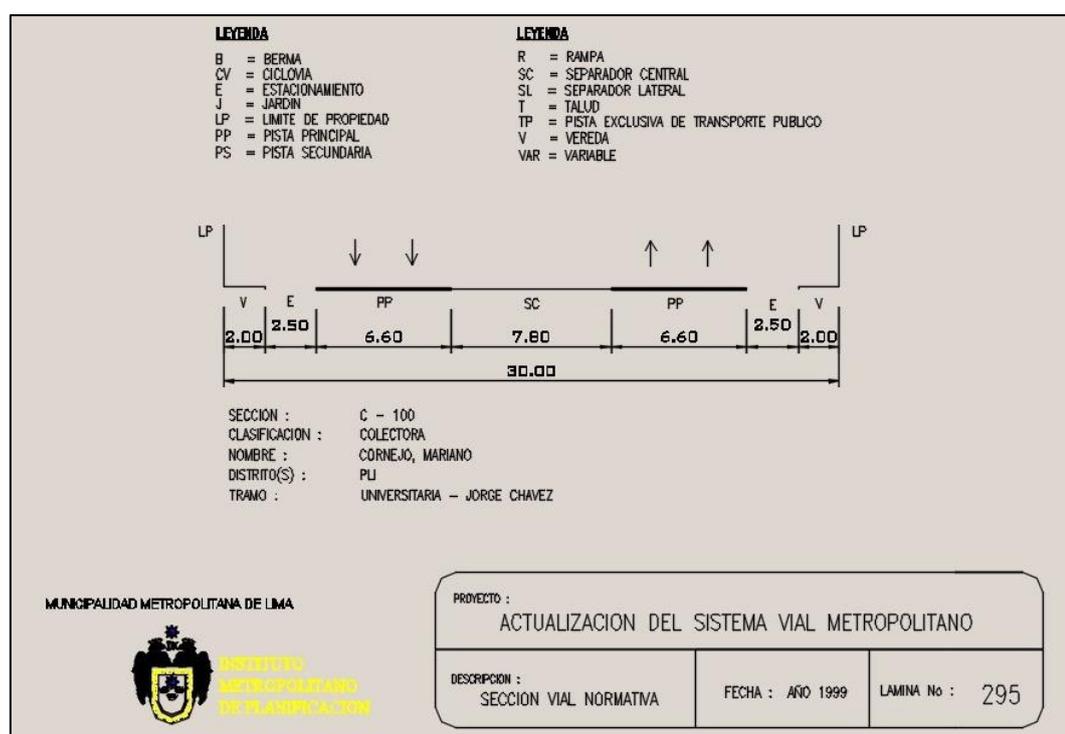
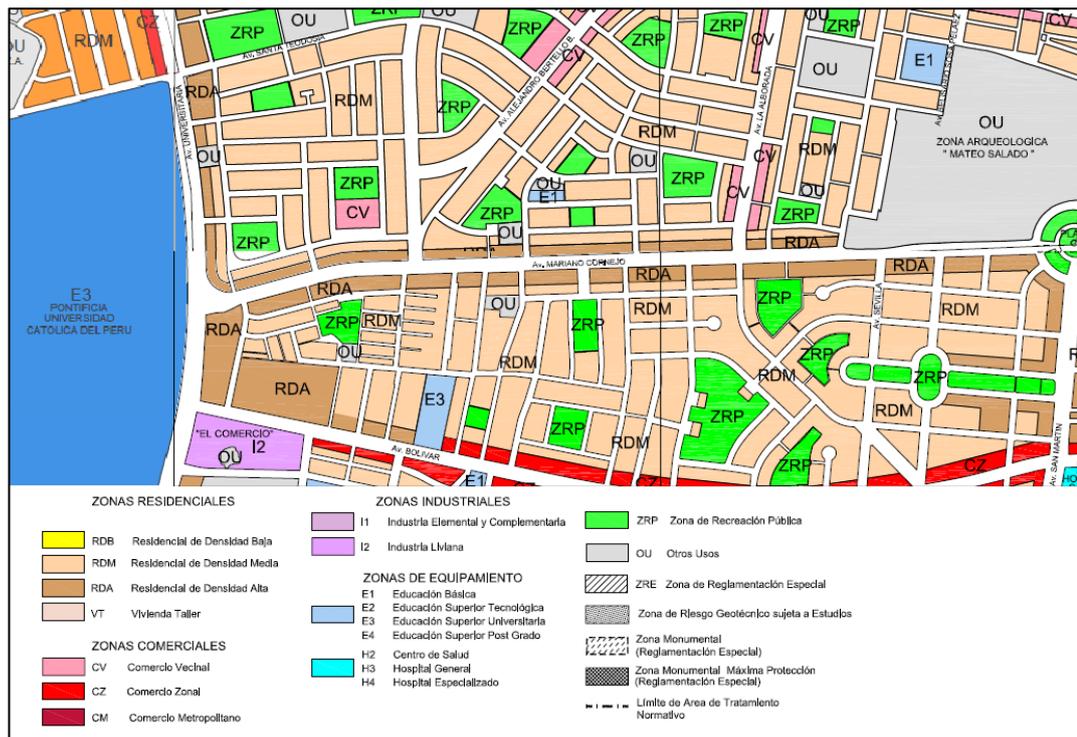


Figura 3.2 – Sección vial de la Av. Mariano Cornejo hacia 1999

Fuente: Extraído de planos de Municipalidad de Pueblo Libre, 2016

Hoy en día la vía representa una arteria para Lima Centro, es un puente de comunicación para viajes interzonales entre los distritos de San Miguel, Cercado de Lima, Pueblo Libre, Breña y Jesús María. Asimismo, cuenta con dos rutas de transporte público interdistritales que son cubiertas con microbuses.



**Figura 3.3** – Plano de Zonificación de las urbanizaciones colindantes a la Av. Mariano Cornejo  
Fuente: Elaboración propia adaptado de Municipalidad Metropolitana de Lima, Municipalidad de Pueblo Libre y Municipalidad de San Miguel, 2007

Como se observa en la Figura 3.4, la Municipalidad Metropolitana de Lima tiene intención de interconectar las ciclovías de las avenidas Universitaria, Salaverry y Arequipa mediante una red transversal para favorecer los desplazamientos no motorizados entre los puntos de interés indicados en la leyenda de la Figura 3.4. Asimismo, con este proyecto, la Municipalidad busca favorecer la intermodalidad mediante la creación de un acceso para bicicletas hacia las Estaciones “España” y “Estadio Nacional” del BRT “Metropolitano”.



Figura 3.4 – Red transversal en Lima Centro propuesta por Municipalidad Metropolitana de Lima

Fuente: Extraído de Correo, 2015

### 3.2. Situación actual de la vía

Mediciones realizadas sobre el derecho de vía a lo largo de tres puntos separados más de una cuadra mostraron que esta no calza exactamente con los datos oficiales. En la Figura 3.5 se observa la distribución y dimensiones reales, estas corresponden a 1.90 m para las veredas, 2.50 m para jardines laterales o estacionamientos, 7.50 m para el separador central y 29.00 para la sección en total. Asimismo, mediante el programa *Strava* se observó que el segmento a rediseñar cuenta con una pendiente máxima de 2.6%.

Por otra parte, cabe resaltar que, a raíz de la creciente ola de robos hacia estudiantes universitarios en los últimos años, las municipalidades de los distritos de Pueblo Libre, San Miguel y Cercado de Lima han desarrollado una iniciativa de seguridad ciudadana (RPP, 2016). Se ha formado el programa de serenazgo intermunicipal “Sin Fronteras” para patrullar de forma más coordinada las vías próximas a centros universitarios y preuniversitarios, como la Av. Mariano Cornejo.



**Figura 3.5 - Derecho de vía actual de la Av. Mariano Cornejo**

Fuente: Elaboración propia

### 3.3. Casos ejemplares

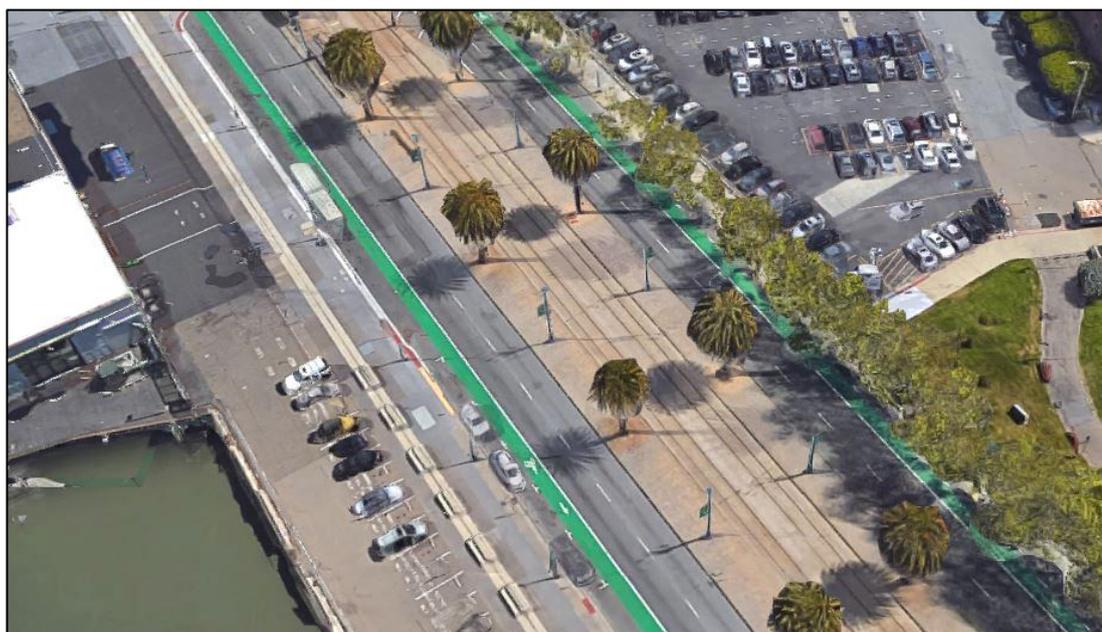
Los casos a presentar son exitosos en las ciudades en que se desarrollan y presentan un derecho de vía, tanto en distribución como en medidas, similar al de la Av. Mariano Cornejo. En el “Capítulo 6: Planteamiento y evaluación de soluciones”, estos serán adaptados como posibles soluciones a la avenida a rediseñar.

#### 3.3.1. *El Embarcadero Avenue, North Beach, San Francisco*

Esta vía es un caso ejemplar no solo por el uso y empleo de cicloinfraestructura, sino también por la recuperación de los espacios públicos. Por donde discurre anteriormente se ubicaba la Vía Rápida Central de San Francisco. Durante el Terremoto de Loma Prieta en 1989 se produjeron daños irreversibles en el viaducto que llevaron a su posterior demolición. Más allá de su reconstrucción, la Vía Rápida fue reemplazada por el derecho de vía que se observa en la Figura 3.6 (ITDP y EMBARQ, 2012).

Hoy en día, la avenida no es solo una vía de paso de múltiples modos de transporte, sino también una vía de estar donde las actividades socioculturales y económicas se han visto repotenciadas. Su ciclobanda se

ha constituido como una de las principales rutas de la ciudad y su considerable flujo ciclista así lo demuestra. Sin embargo, para replicarse en otro contexto, este debe evaluarse a conciencia pues los conflictos entre la ciclobanda y las maniobras del transporte público y de carga pueden llegar a ser determinantes (NACTO, 2014).

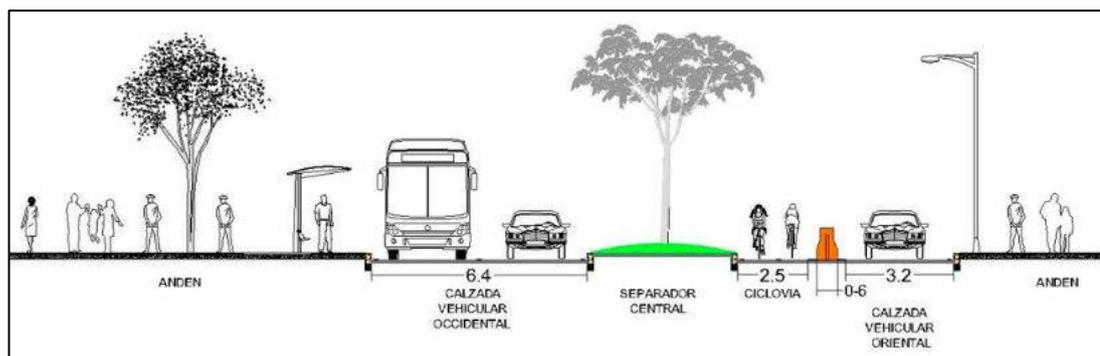


**Figura 3.6** – Vista aérea de *El Embarcadero Avenue*, San Francisco

Fuente: Extraído de *Google Earth*

### **3.3.2. Carrera Once, Chapinero, Bogotá D.C.**

Como se observa en la Figura 3.7, la ciclovía ocupa permanentemente uno de los carriles vehiculares y se encuentra protegida entre el separador central y una barrera continua. Antes ya existía una ciclovía en la vereda occidental, sin embargo, fue necesaria una ampliación que no sacrifique el espacio peatonal dado los elevados flujos ciclistas que se alcanzaban en hora pico. Así, la intervención inaugurada en febrero del 2016 devolvió la vereda a los peatones y sacrificó un carril de vehículos para presentar una ciclovía que cubriese eficientemente la demanda ciclista.



**Figura 3.7** – Sección típica de la Av. Salaverry, Lima

Fuente: Edición propia

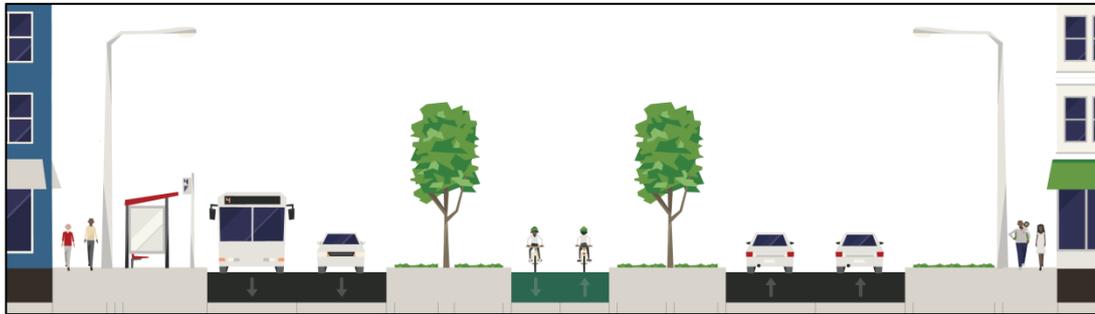
El Observatorio “Espacio” señala que la intervención ha traído beneficios positivos; como mejoras sustantivas en la seguridad vial, recuperación de espacios peatonales y aumento del incentivo para andar en bicicleta (Espacio, 2016). Sin embargo, también señala que la vía puede desarrollar aún más su potencial si se amplía la Carrera 13 para así conectar de forma efectiva con la ciclovía Carrera Séptima en el barrio de La Candelaria.

Una distribución del derecho de vía de este tipo –sacrificio de un carril vehicular- requiere un análisis tanto social como técnico. Social pues es necesario saber si la vía contará un uso que justifique el sacrificio de un carril frente a los detractores que de esta medida puedan surgir. Asimismo, técnico pues se necesita un análisis macroscópico de la zona para afirmar que en verdad se dará un fenómeno de *traffic evaporation* y no de colapso de vías próximas por falta de capacidad.

### 3.3.3. Avenida Salaverry, San Isidro, Lima

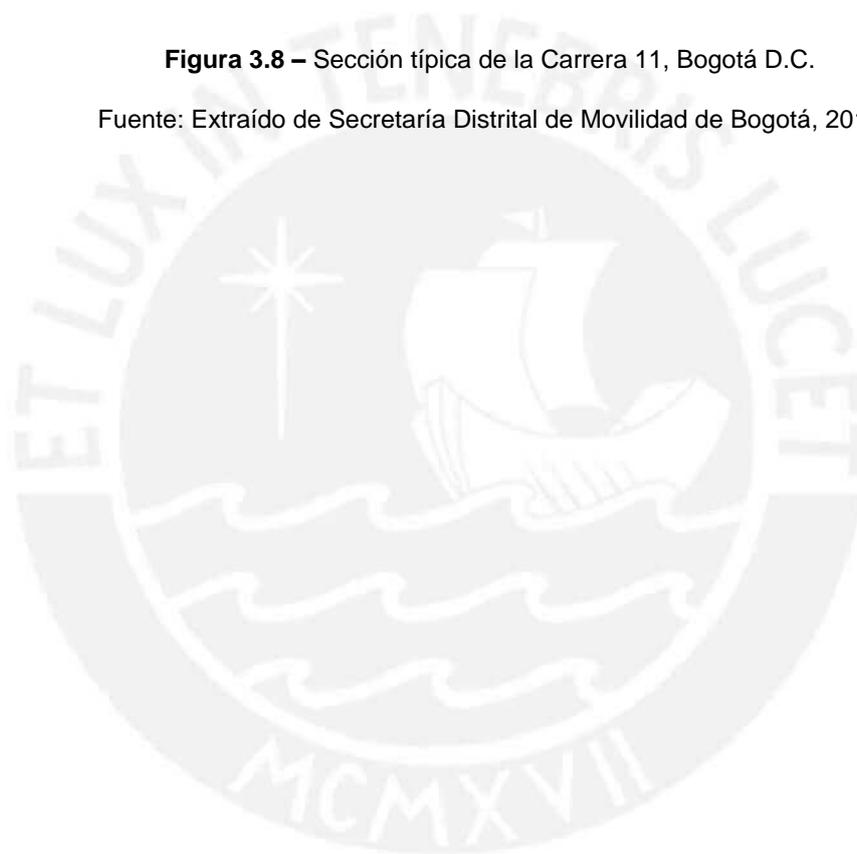
Como se observa en la Figura 3.8, la ciclovía se encuentra sobre el separador central y es resguardada por jardines laterales de ancho mayor a cuatro metros. Su éxito se debe a su buen estado de conservación, a su longitud de casi cinco kilómetros y a su trayecto, el cual atraviesa de zonas

densamente pobladas y diversas en usos de suelo. Podría citarse también como ejemplo similar en la misma ciudad a la Av. Arequipa.



**Figura 3.8** – Sección típica de la Carrera 11, Bogotá D.C.

Fuente: Extraído de Secretaría Distrital de Movilidad de Bogotá, 2016



## Capítulo 4: METODOLOGÍA

### 4.1. Herramientas

Las principales herramientas a emplear, tanto para la revisión de potenciales soluciones como para el diseño a detalle se describen a continuación.

#### 4.1.1. *Streetmix*

*Streetmix* es un software en línea de libre disponibilidad cuya página oficial es "[www.streetmix.net](http://www.streetmix.net)". Este toma como información de entrada al ancho de los componentes del derecho de vía para generar un perfil total de la sección. Para esta tesis sirve de ayuda visual para la Evaluación de Niveles de Servicio dado a que estos se medirán sobre una sección típica de vía.

#### 4.1.2. *Highway Capacity Manual 2010*

Como se expresa en el acápite "2.2.5. Nivel de Servicio", existen manuales que ayudan a calificar el estado de una vía para los distintos modos que por esta transitan. Dada la ausencia de referentes nacionales, para este proyecto se emplearán las disposiciones presentadas por el "*Highway Capacity Manual 2010*" - en adelante, *HCM 2010* - para determinar los Niveles de Servicio de las posibles soluciones. Asimismo, se emplean el "*Report 616*" y el "*Web-only Document 128*" publicados por el "*National Cooperative Highway Research Program*" para absolver dudas específicas sobre el manual.

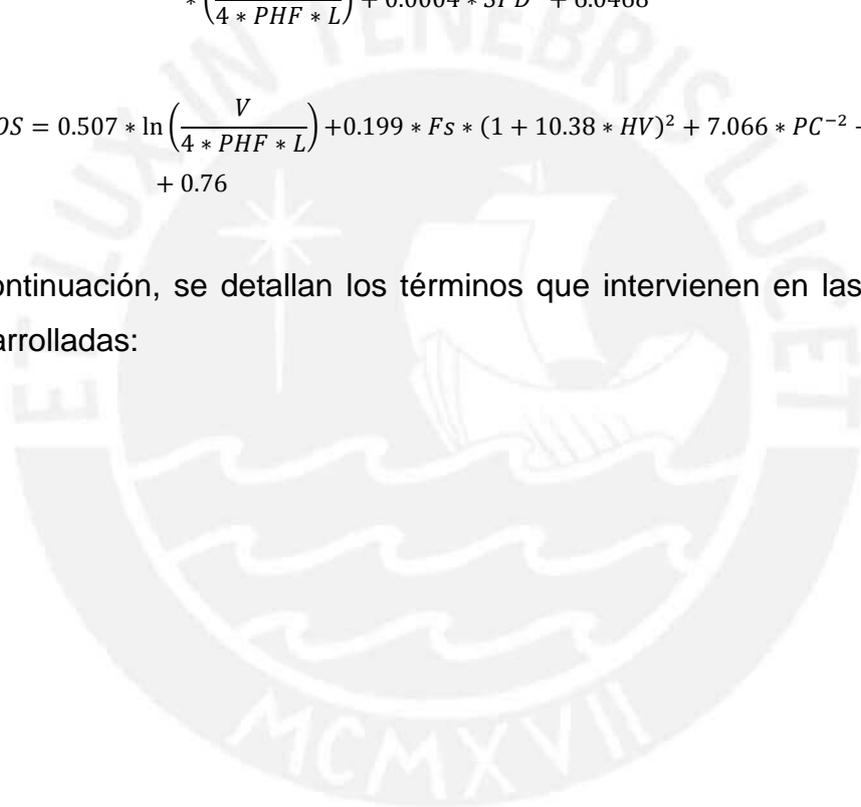
La calificación del análisis corresponderá al Nivel de Servicio se Segmento de vía tanto para peatones como para bicicletas. Los modos motorizados no serán evaluados a profundidad, solo se tendrá en cuenta que el ancho de cada carril sea igual a 3.10 m por motivos de control de velocidad y mitigación de accidentes (Lee et. al., 2015).

La herramienta empleada para el análisis es una hoja de cálculo de autoría propia adaptada del “Capítulo 17 – Urban Street Segments” del HCM 2010. Las ecuaciones empleadas para el cálculo del puntaje asociado al Nivel de Servicio trabajan con unidades del Sistema Inglés, sin embargo, la herramienta presentada acepta los datos de entrada en Sistema Internacional. Dichas ecuaciones son las siguientes:

$$PLOS = -1.2276 * \ln(fLV * Wt + 0.5 * Wl + fp * \%OSP + fb * Wb + fsw * Ws) + 0.0091 * \left(\frac{V}{4 * PHF * L}\right) + 0.0004 * SPD^2 + 6.0468$$

$$BLOS = 0.507 * \ln\left(\frac{V}{4 * PHF * L}\right) + 0.199 * Fs * (1 + 10.38 * HV)^2 + 7.066 * PC^{-2} - 0.005 * We^2 + 0.76$$

A continuación, se detallan los términos que intervienen en las ecuaciones desarrolladas:



**Tabla 4.1** - Variables que intervienen en el cálculo del puntaje del Nivel de Servicio de Segmento para Peatones y Bicicletas

Fuente: Elaboración propia adaptado de *Transportation Research Board*, 2010

| Variable                            | Descripción  | Unidad   |
|-------------------------------------|--|----------|
| Variables de entrada                |  |          |
| Wt                                  | Ancho del carril externo incluyendo ciclobanda y berma   | m        |
| Wl                                  | Ancho de berma y ciclocarril   | m        |
| %OSP                                | Porcentaje ocupable por carros para parqueo en calle   | Adimens. |
| Wb                                  | Ancho del resguardo. Distancia entre el borde del pavimento y la vía peatonal  | m        |
| Ws                                  | Ancho de la vía peatonal   | m        |
| V                                   | Volumen de tráfico motorizado en la vía más próxima al área peatonal   | veh/h    |
| PHF                                 | Factor de hora pico. Si se desconoce usar 0.90   |          |
| S                                   | Velocidad promedio de vehículos motorizados  | km/h     |
| L                                   | Número de carriles para tráfico motorizado próximos a la vía peatonal  | Adimens. |
| Fb                                  | Coefficiente de área de resguardo. Sea "5.37" si existe una barrera superior a 90 cm continua o discontinua a lo mucho cada 6 m  | Adimens. |
| Flv                                 | Factor de bajo volumen. Vale "1" salvo el Trafico Promedio Diario Anual sea menor a 4000. En ese caso valdrá "2-0.00025*TPDA"  | Adimens. |
| HV                                  | Proporción de vehículos motorizados pesados. Si transitan menos de 200 vehículos por hora, el porcentaje de vehículos motorizados deberá insertarse menor al 50%.          | Adimens. |
| PC                                  | Estado del pavimento. 1 = "Pésimo", 3 = "Aceptable", 5 = "Excelente"   | Adimens. |
| W1                                  | Distancia entre la línea que limita la ciclovia y el borde del pavimento   | m        |
| Constantes y variables dependientes |  |          |
| Fp                                  | Coefficiente de parqueo en la calle. Vale "0.5".   | Adimens. |
| Fsw                                 | Coefficiente de presencia de vereda. Si la Ws es mayor a 10 pies, valdrá "3", caso contrario valdrá "6-0.3*Ws".  | Adimens. |
| Wv                                  | Ancho efectivo del carril externo en función al volumen de tráfico. Si el flujo es menor a 160 veh/h o la calle se encuentra dividida considerar " $Wt*(2-(0.005*V))$ "    | m        |
| We                                  | Ancho efectivo promedio del carril lateral. Si el Ancho del Carril externo "Wt" es menor a 4 pies considerar " $Wv-(10*\%OSP)$ ", caso contrario, " $Wv+W1-2*(10*\%OSP)$ " | m        |
| Fs                                  | Factor de velocidad efectiva. Sea " $1.1199*\ln(S-20)+0.8103$ "  | Adimens. |
| Resultados                          |  |          |
| PLOS                                | Puntaje para la sección con respecto a los peatones  | Adimens. |
| BLOS                                | Puntaje para la sección con respecto a los ciclistas   | Adimens. |

Los valores de la variable de Estado de Pavimento "PC" son de tipo ordinal y corresponden a la siguiente tabla:

**Tabla 4.2** - Calificación propuesta para pavimentos rígidos y flexibles según su estado

Fuente: Elaboración propia adaptado de *Transportation Research Board*, 2010

| Puntaje   | Descripción del pavimento   | Calidad de manejo y velocidad de vehículos                                      |
|-----------|---|---|
| 4.0 a 5.0 | Nuevo o casi nuevo de calidad superior. Libre de grietas y parches.   | Buen manejo   |
| 3.0 a 4.0 | Pavimentos comienzan a mostrar grietas finas. Pavimentos flexibles comienzan a mostrar indicios de ahuellamiento.   | Buen manejo   |
| 2.0 a 3.0 | Pavimentos flexibles muestran ahuellamiento y parches. Pavimentos rígidos muestran pocas fracturas en las juntas y algunas fallas y agrietamiento.                              | Manejo aceptable a bajas velocidades, pero apenas aceptable a altas velocidades |
| 1.0 a 2.0 | Desgaste notorio en más de la mitad de la superficie. Aparición de baches y huecos en pavimento flexible. En rígido se presentan fallas en las juntas, agrietamiento y parches. | Manejo alterado incluso a flujo libre. Calidad inaceptable                      |
| 0.0 a 1.0 | Desgaste notorio en más de 3/4 de la superficie. Aparicio notoria de baches y grietas de considerables dimensiones.   | Solo se puede manejar a baja velocidad y sin confort                            |

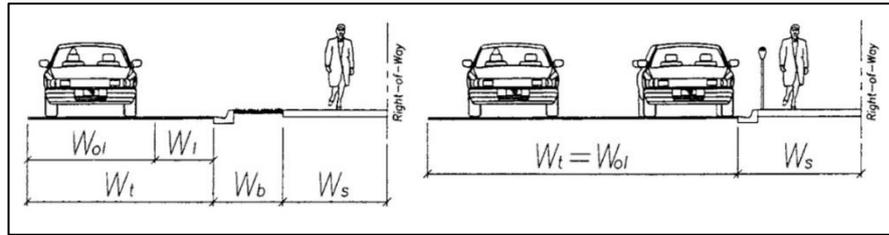
El puntaje obtenido de las ecuaciones presentadas trabaja con una escala ordinal para poder determinar la calificación de la vía. Dicha escala se presenta a continuación.

**Tabla 4.3** - Equivalencias entre letras y puntajes para Niveles de Servicio

Fuente: Elaboración propia adaptado de *Transportation Research Board*, 2010

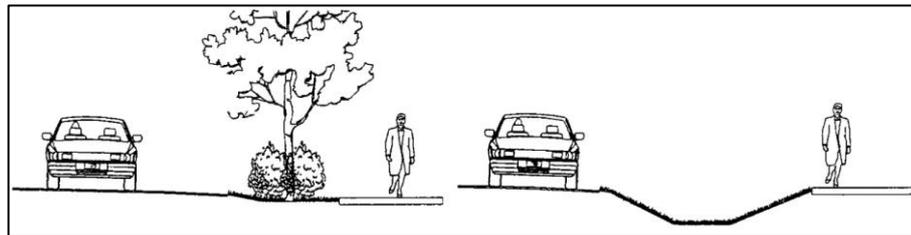
| Puntaje              | Calificación |
|----------------------|--------------|
| $X \leq 2.00$        | A            |
| $2.00 < X \leq 2.75$ | B            |
| $2.75 < X \leq 3.50$ | C            |
| $3.50 < X \leq 4.25$ | D            |
| $4.25 < X \leq 5.00$ | E            |
| $X \leq 5.00$        | <b>F</b>     |

Por otra parte, se presentan las Figuras 4.1 y 4.2 de secciones de vía para aclarar conceptos respecto a variables y casos no convencionales de “resguardo” o “separación lateral”.



**Figura 4.1 - Variables según tipo de ancho**

Fuente: Extraído de Landis et. al., 2001



**Figura 4.2 – Ejemplos de resguardo convencionales**

Fuente: Extraído de Landis et. al., 2001

La hoja de cálculo trabajada evalúa una vía no motorizada en un sentido con la vía vehicular más próxima en el mismo sentido. El jardín lateral será considerado el “resguardo” en caso se evalúe una vereda. Asimismo, el jardín del separador central será considerado dentro de “ $W_t$ ”.

#### 4.1.3. Manuales de diseño de vías urbanas

El proyecto sigue los lineamientos publicados por el Ministerio de Transporte y Comunicaciones de Perú en el “*Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor para Calles y Carreteras*”, el “*Manual de Carreteras. Diseño geométrico*” y en “*Reductores de velocidad tipo resalto para el sistema nacional de carreteras (SINAC)*”, todos aprobados mediante las Resoluciones Directorales N° 01-2015-MTC/14, N° 034-2008-MTC y N° 23-2011-MTC/14 respectivamente. También se respetan los parámetros presentados en la “*Norma Técnica GH.020 Componentes del Diseño*”.

*Urbano*” publicada por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento de Perú, al amparo de la Decreto Supremo N° 06-2011-VIVIENDA. Con esto se espera que la propuesta cumpla con los estándares normativos vigentes por la legislación peruana.

Por otra parte, se tienen en cuenta las recomendaciones de la “*Guía de ciclo-infraestructura para ciudades colombianas*” publicada en el 2016 por Despacio y GEA21 en coordinación con el Ministerio de Transporte de Colombia. Esta guía es una adaptación a la realidad colombiana de múltiples experiencias exitosas en otros países. Considerando que dicha realidad es similar a la peruana, se espera que las recomendaciones de la guía en cuestión sean de exitosa aplicación en el ámbito nacional.

Con el fin de integrar también a personas con movilidad reducida es considerada la “*Norma Técnica Ecuatoriana 2854 - Accesibilidad de las personas al medio físico*” publicada por el Servicio Ecuatoriano de Normalización y aprobada por el Ministerio de Industrias y Productividad de Ecuador en el 2015.

#### **4.1.4. Otros programas**

También se dispone de otras herramientas virtuales en el diseño. Estas son *Google Maps* (revisión de mapas, estado del tráfico y vistas en perspectiva); *Strava*, (medición de pendientes sobre un mapa); y *AutoCAD*, (dibujo a detalle de planos).

## **4.2. Procedimiento**

El proceso de diseño cuenta con tres etapas relacionadas con la recolección de información, la evaluación de escenarios y la elaboración de un producto final. Sin embargo, es necesario resaltar que existe una etapa previa a los aspectos técnicos que consiste en sustentar la necesidad del proyecto en sí. Esta se considera un proceso de pre-diseño por lo que no se ha considerado

dentro de los procesos de diseño. Sin embargo, es desarrollada en el inciso “1.3. Justificación” y presentada dentro del flujograma del proceso.

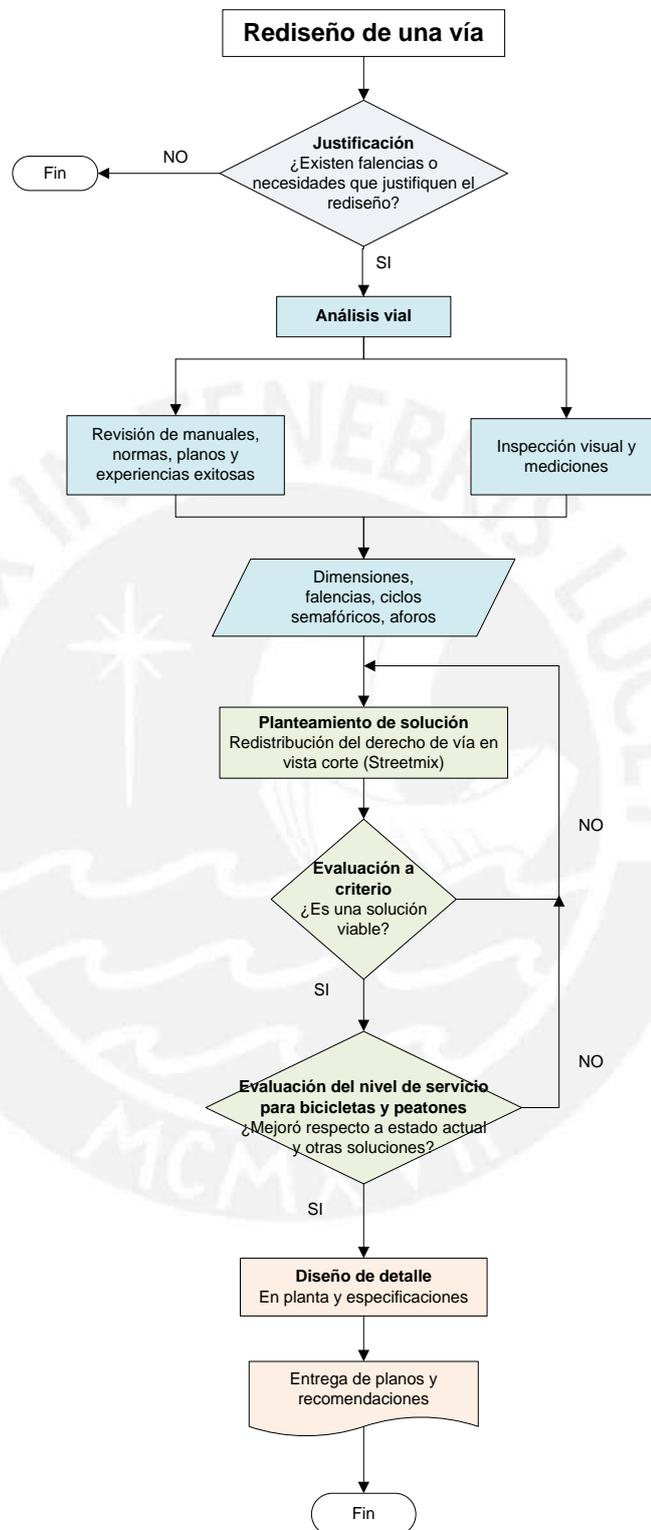


Figura 4.3 – Flujograma de rediseño de una vía

Fuente: Elaboración propia

Dentro de las etapas de propiamente diseño se definen claramente tres. A estas se les denomina “Análisis Vial”, “Planteamiento y evaluación de soluciones” y “Diseño de detalle”. En el flujograma mostrado en la Figura 4.3 se muestra a detalle los pasos que articulan el proceso y la forma en que estos se relacionan. A continuación, se detalla cada una de las etapas del diseño.

#### **4.2.1. Análisis Vial**

Uno de los pasos que contempla el Análisis Vial es el de “Revisión de información relacionada”. Esta ha sido hecha de forma externa y previa al documento por lo que no es detallada. Para información sobre modelos exitosos relacionados con este proyecto se recomienda revisar el acápite “3.3. Casos ejemplares”. Para información relacionada a las guías a seguir para el diseño se recomienda revisar el acápite “4.1. Herramientas”.

Los pasos a desarrollar de forma detallada dentro de esta etapa son la Inspección Visual y las Mediciones. Ambas buscan recopilar información tanto cualitativa como cuantitativa sobre la vía a fin de determinar y evaluar posibles soluciones.

- **Inspección Visual**

Para este paso se recorrió a pie el tramo a rediseñar durante horas de la mañana y la tarde de días de semana y fin de semana. Uno de los objetivos fue determinar cuáles son los usuarios que suelen transitar por esta vía y los problemas potenciales y reales que enfrentan en su desplazamiento. Otro de los objetivos fue detallar características propias de la vía que pudiesen afectar el diseño. El registro fue llevado de forma escrita y fotográfica mediante una cámara de 8 megapíxeles.

Cabe resaltar que la zona inspeccionada corresponde a todo el segmento entre la Av. Universitaria y la Plaza de la Bandera. Dicha medida se

considera conveniente pues, por tratarse de una sección típica, es probable que problemas que se presenten a lo largo de la vía eventualmente se puedan presentar en el área del proyecto.

- **Mediciones**

Las mediciones se realizaron en múltiples días y tuvieron como fin recopilar información sobre los anchos en el derecho de vía, el porcentaje de espacio lineal ocupable para estacionamiento, las velocidades vehiculares a flujo libre, la composición vehicular y el flujo vehicular.

La medición de anchos y el cálculo de espacio ocupable para estacionamiento fueron realizados un día de fin de semana junto con una de las inspecciones visuales. Se considera que estos valores son independientes de cualquier variable externa por lo que resulta indiferente el día y la hora en que sean tomados. Para el cálculo del espacio ocupable para estacionamiento se asumió que en la fachada de las casas existen dos espacios, de los cuales solo se considera ocupable a aquel que tenga función de rampa acceso o estacionamiento.

La medición de velocidades a flujo libre se realizó próxima a la intersección de la calle Río Huaura con Av. Mariano Cornejo en horas de la tarde de un día de semana con un medidor radar de velocidad “*Bushnell II*”. No se consideró importante el efecto de la hora del día sobre la velocidad desarrollada por los conductores. Asimismo, se constató que el semáforo de la Av. Santa Gertrudis se encontraba a una distancia insuficiente para influenciar a los conductores.

El aforo realizado a fin de medir flujo y composición vehicular fue ejecutado el día lunes 5 de septiembre del 2016 entre las 7:40 am y las 8:40 am en la cuadra 22 de la Av. Mariano Cornejo en el sentido este – oeste, a una cuadra de la Universidad Católica. Después de estudiar el comportamiento típico del tráfico en la vía mediante *Google Maps*, se determinó que los flujos más elevados se daban entre las 7:30 am y las 8:30 am de los días de

semana. Asimismo, se asumió que el flujo en horas de la mañana es más intenso en sentido este – oeste por la razón que todos los polos receptores de viajes se encuentran en San Miguel, en el oeste de la vía.

#### **4.2.2. Planteamiento y Evaluación de Soluciones**

Esta etapa del diseño cuenta con tres pasos importantes que, en resumen, buscan generar y filtrar propuestas de solución a fin de trabajar con la más óptima. Dentro de sus pasos destaca el Planteamiento, la Evaluación a Criterio y la Evaluación de Niveles de Servicio.

El Planteamiento, como su nombre lo indica, consiste en proponer opciones de distribución del derecho de vía coherentes con el ya existente. En segundo lugar, la Evaluación a Criterio vela por que las propuestas vayan acorde con los parámetros inamovibles del derecho de vía, es decir, que respeten los límites de propiedad, los jardines laterales y la posición de los árboles – no arbustos - existentes.

Como último paso se tiene a la Evaluación de los Niveles de Servicio. En este se determina la calificación para peatones y ciclistas de cada una de las configuraciones propuestas para el derecho de vía.

#### **4.2.3. Diseño de detalle**

El Diseño de Detalle adecúa la sección propuesta al tramo entre la calle Santa Bárbara y el jirón Saturno en vista en planta. Asimismo, incorpora soluciones específicas para problemas en intersecciones. Se genera también un diseño de señalización vertical y horizontal, así como especificaciones técnicas relacionadas al uso de la vía y a la calidad del pavimento. No son parte del alcance de este proyecto ni el diseño del ciclo semafórico ni el del pavimento.

## Capítulo 5: ANALISIS VIAL

En este capítulo se presentan aforos, mediciones y observaciones relacionados a la vía a rediseñar.

### 5.1. Derecho de vía

Tanto el segmento a rediseñar como toda la avenida en sí cumplen con las tres funciones que naturalmente desarrolla un derecho de vía. En primer lugar destaca la función de transporte pues esta es una ruta principal tanto para la realización de viajes urbanos como interurbanos. En segundo lugar destaca la función de ambiente, esta se aprecia en la existencia del separador central, el cual constituye un área verde que permite mitigar el efecto de los residuos de la combustión automotriz. La función social es menos notoria pero existente; en esta vía se asientan negocios menores que promueven las relaciones interpersonales entre los miembros de la comunidad próxima a la avenida.



**Figura 5.1** - Derecho de vía típico de la Av. Mariano Cornejo, cuadra 22

Fuente: Fotografía propia

El derecho de vía es típico y posee una distribución simétrica de 29.0 metros entre la Avenida Universitaria y la Plaza de la Bandera. Posee dos veredas próximas a los límites de propiedad de 1.90 metros de ancho. Estas están acompañadas por una franja de 2.90 metros destinada a jardines laterales, rampas de acceso o zonas de parqueo. Existe, también, una alameda central de 7.50 metros de ancho cuyo paseo posee 1.50 metros de ancho. Esta está rodeada por dos calzadas de 6.30 metros cuya composición consta de una ciclobanda unidireccional y dos carriles vehiculares. Para una referencia visual, revisar la Figura 3.5 adjunta en el acápite “3.2. Situación Actual de la vía”.

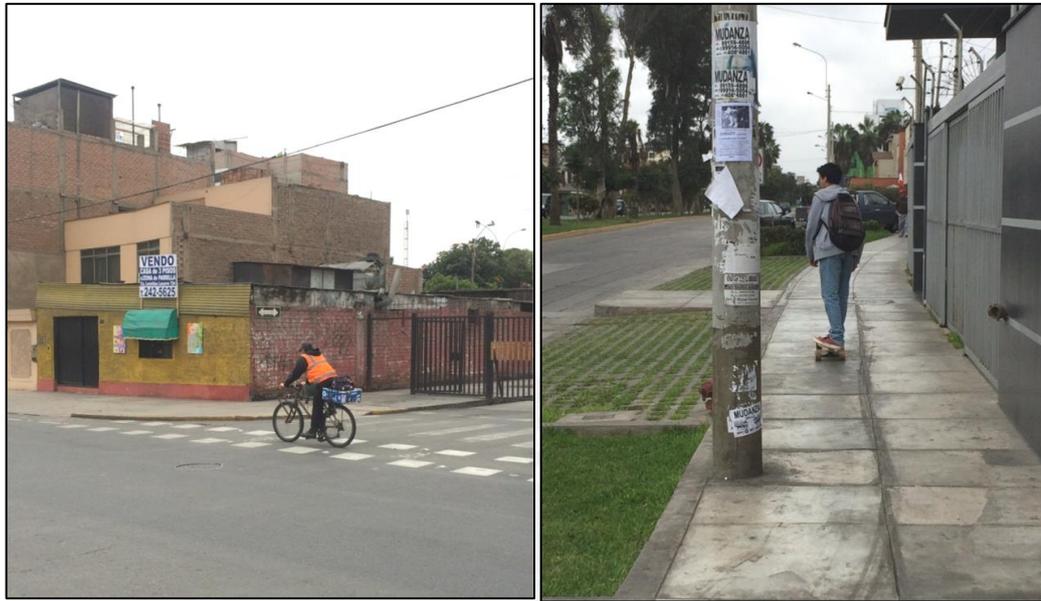
## **5.2. Características propias de la vía**

Los usuarios de esta vía son peatones, vehículos motorizados y, en menor pero incipiente medida, ciclistas. Se observó peatones de todo el rango de edad por causa, según se asume, de la característica residencial de la zona y por la baja proporción de vehículos pesados que transitan la vía. Asimismo, se destaca el uso de automóviles y camiones menores para abastecer a los pocos negocios locales.

Las observaciones sobre ciclistas realizadas en ambas inspecciones no se consideran concluyentes dado al bajo flujo registrado –casi 30 ciclistas por hora-. Este grupo se compone principalmente de personas jóvenes, adultas y de la tercera edad. Los fines principales deducidos fueron de transporte propio y de transporte de mercancía liviana, no se observaron viajes de recreación en sí. Asimismo, se observó una cantidad mínima pero existente de *skateboarders* y triciclos.

Por otra parte, se encontró otra característica de la vía que puede afectar los criterios de diseño. Se constató la existencia de un canal de concreto debajo del camino de la alameda. Este está ubicado entre las calles Encinas y Río Moche a lo largo de 6 cuadras. El canal actualmente no se encuentra activo

pero en caso de necesitarse su refacción se comprometería toda la superficie suprayacente.



**Figura 5.2** – Casos particulares de transporte no motorizado observados en Av. Mariano Cornejo. Bicicleta de carga menor y skateboarder

Fuente: Fotografía propia

También se comprobó la existencia de ensanche de calzada para giros a la izquierda en todas las intersecciones (con calle Sta. Bárbara, con avenida Sta. Gertrudis y con jirones Saturno y Río Huaura). Tras observar a distintas horas se concluyó que la mayoría de conductores prefieren girar desde el segundo carril a causa del insuficiente radio de giro, nótese la falta de huellas en el tercer carril de la Figura 5.3. Asimismo, se comprobó que solo se presenta una cantidad de movimientos no desestimable en la vuelta de U hacia el oeste en la intersección con la calle Sta. Bárbara a primeras horas de la mañana de un día de semana, y el giro a la izquierda desde la avenida M. Cornejo hacia la avenida Sta. Gertrudis.



**Figura 5.3** – Ensanche de calzada típico de todas las intersecciones

Fuente: Fotografía propia

Por último, respecto a las líneas de deseo que atraviesan la Av. M. Cornejo se comprobó lo siguiente. En primer lugar, como se observa en la Figura 5.4, los peatones no disponen del cruce peatonal de la esquina con calle A. Astral y sin embargo buscan empalmar su trayecto con la vereda oeste de la Av. Sta. Gertrudis. Asimismo, los peatones de las calles Río Santa y Río Moche cruzan sobre el separador central en la ausencia de cruces. Por último, se puede afirmar que los cruces preferentemente se hacen por las esquinas, sin embargo, los cruces a mitad de cuadra también son importantes.



**Figura 5.4** – Principales líneas de deseo transversales a la Av. M. Cornejo en sentido sur – norte dentro del alcance del proyecto

Fuente: Elaboración propia a partir de Waze

### 5.3. Problemas detectados

Los problemas a continuación descritos se encuentran estrechamente relacionados a la seguridad vial de los usuarios, a la accesibilidad al medio público y a la fluidez del tráfico.

El primer y más grave problema es la **superposición del uso de las ciclobandas y los carriles derechos**. Cuando la ciclobanda fue introducida no se adecuó el derecho de vía, únicamente se entregó espacio del carril derecho a la nueva banda. Esto causa que tanto al transitar como al estacionar, automóviles y bicicletas compitan por el espacio; situación que pone en riesgo latente únicamente al segundo modo. No se tiene noticia de algún accidente afín mas se considera urgente una intervención preventiva.



**Figura 5.5** – Superposición del uso de ciclobanda y carril derecho en Av. Mariano Cornejo

Fuente: Fotografía propia

Como segundo problema destaca la **existencia de huecos en el pavimento**. Estos inciden tanto en el desplazamiento vehículos como de ciclistas. Sin embargo, su posible daño es más perjudicial para el segundo grupo pues puede ser motivo de vuelcos.

Por otra parte, destaca también el **estado cuestionable de las señales horizontales y verticales de tránsito**. En el caso de las señales horizontales, estas se encuentran despintadas en varios tramos. En el caso de las verticales, en varios puntos se encuentran ausentes o no respetan patrones normados.

Como cuarto problema destaca la **ausencia de facilidades para personas como movilidad reducida en las intersecciones**, principalmente en la de las avenidas Mariano Cornejo y Santa Gertrudis. Como se observa en la Figura 5.6, los peatones no cuentan con senderos a nivel o con rampas que faciliten el desplazamiento de personas con movilidad reducida. Asimismo, los cruceos no se encuentran acorde con la línea de deseo de los peatones en general y suelen encontrarse desalineados respecto a las veredas



**Figura 5.6** – Vista del oeste de la intersección de las Avenidas Mariano Cornejo, Santa Gertrudis y Calle Alameda Astral

Fuente: Fotografía propia. Extraído de Waze

En último lugar destaca la **falta de una fase semafórica propia para la Calle Alameda Astral**. Los vehículos que acceden a la intersección desde esta vía realizan movimientos de incorporación a la Av. Mariano Cornejo en dirección este, de giro hacia la Av. Sta. Gertrudis o de vuelta en U hacia la Av. Mariano Cornejo en dirección oeste. Todos los anteriores entran en conflicto convergente con los vehículos que transitan por cualquiera de las avenidas. Por tanto, la incorporación de una tercera fase dentro del ciclo

semafórico es indispensable para garantizar la seguridad y circulación. Asimismo, en caso se opte por un rediseño de ciclovía que atravesase por el centro del derecho de vía o el flujo ciclista alcance valores elevados, se hará necesaria la incorporación una fase ciclista dentro del ciclo semafórico.

#### **5.4. Mediciones**

Estas tuvieron como único fin determinar los valores necesarios para calcular el Nivel de Servicio de la vía. Uno de estos, el porcentaje de ocupabilidad “%OSP”, fue determinado sobre el sentido este – oeste durante la Inspección Vial y se le asignó un valor de **0.75**. Se contaron 84 espacios de los cuales 63 estaban hábiles para ser usados para parqueo.

Otros valores más complejos como los relacionados a la velocidad, el flujo y la composición requirieron mediciones más específicas. Los resultados son mostrados más adelante.

##### **5.4.1. Aforo**

El aforo ha sido realizado en la proximidad a la Universidad Católica en hora punta de la mañana de un día típico en sentido este – oeste. Los resultados son los siguientes.

**Tabla 5.1 – Aforo vehicular en Av. Mariano Cornejo**

Fuente: Elaboración propia

Lugar : Av. Mariano Cornejo 2240 Sta. Emma. Cercado de Lima

Fecha: lunes 5 - septiembre - 2016

| Periodo            |            | Vehículos |         |           | Total | %Pesados |
|--------------------|------------|-----------|---------|-----------|-------|----------|
| Inicio             | Fin        | Ligeros   | Pesados | No Motor. |       |          |
| 07:40 a.m.         | 07:55 a.m. | 270       | 1       | 5         | 271   | 0.4%     |
| 07:55 a.m.         | 08:10 a.m. | 331       | 5       | 9         | 336   | 1.5%     |
| 08:10 a.m.         | 08:25 a.m. | 242       | 3       | 3         | 245   | 1.2%     |
| 08:25 a.m.         | 08:40 a.m. | 238       | 3       | 7         | 241   | 1.2%     |
| 07:40 a.m.         | 08:40 a.m. | 1081      | 12      | 24        | 1093  | 1.1%     |
| Máximo normalizado |            |           |         |           |       |          |
| 07:55 a.m.         | 08:10 a.m. | 1324      | 20      | 36        | 1344  | 1.5%     |

Se consideran vehículos ligeros a todos aquellos que posean motor, menores de 2.10 metros y de 2 toneladas brutas.

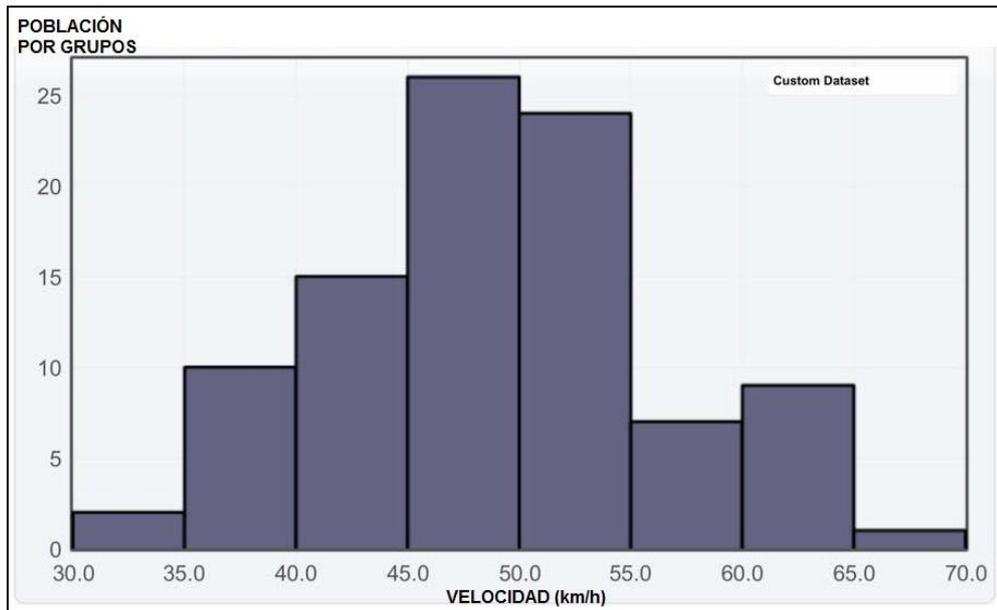
Se consideran vehículos pesados a todos aquellos que posean motor, mayores a 2.10 metros y 2 toneladas brutas.

Los vehículos no motorizados observados fueron bicicletas, skateboards y triciclos de reciclaje. No son considerados en el total.

Para fines de diseño se trabaja con el periodo de máxima demanda normalizado. Esto significa que los valores del lapso de quince minutos que presente el mayor flujo serán normalizados a una hora. Bajo esta premisa se tiene que el flujo de vehículos motorizados “V” es de **1344 veh/h** y la composición de tráfico pesado “HV” es de **0.015**.

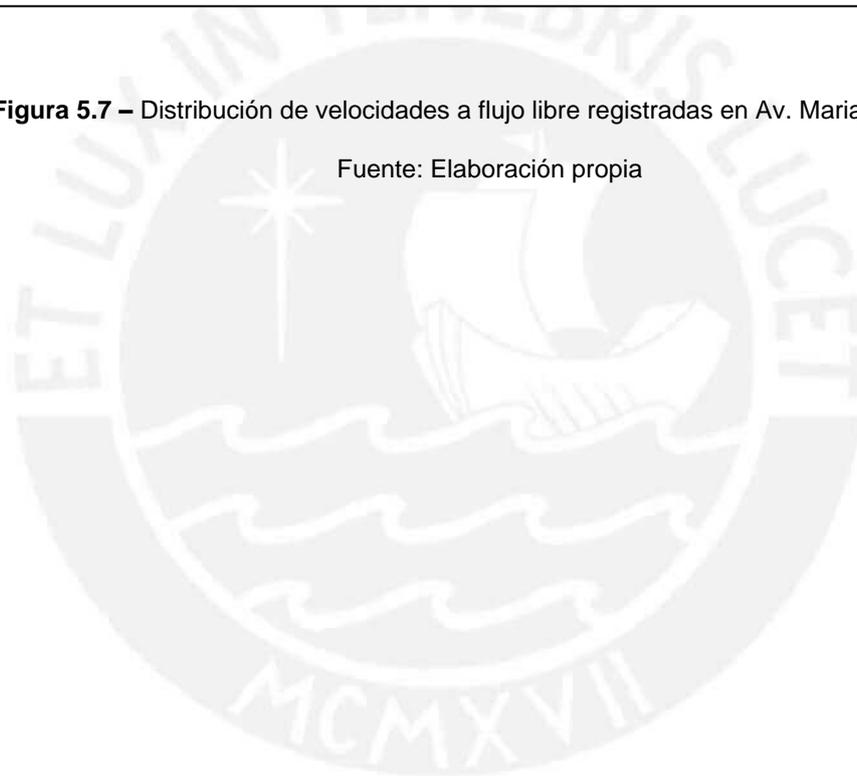
#### 5.4.2. Control de velocidad

El control a flujo libre se realizó sobre una muestra de 94 vehículos y arrojó una velocidad promedio de 48 kph; donde 33 kph fue la mínima velocidad y 70, la máxima. Los valores fueron agrupados en rangos de cinco unidades de velocidad, su distribución es aproximadamente normal mas no se puede asumirse como tal. Para fines prácticos del cálculo de Niveles de Servicio se asume que “S” es el promedio de las velocidades, es decir, **48 kph**.



**Figura 5.7** – Distribución de velocidades a flujo libre registradas en Av. Mariano Cornejo

Fuente: Elaboración propia



## Capítulo 6: PLANTEAMIENTO Y EVALUACIÓN DE SOLUCIONES

### 6.1. Evaluación del Nivel de Servicio para la Sección Actual

Antes de proponer soluciones, es indispensable conocer el Nivel de Servicio de Segmento para Peatones y Bicicletas del estado actual. Esto responde a la necesidad de manejar una unidad estándar que permita afirmar si las soluciones propuestas en verdad representan una mejora.

La interpretación gráfica de las variables relacionadas con el ancho, así como los datos de entrada considerados y los resultados encontrados pueden ser revisados en la Tabla 6.1. Recuérdese que las ecuaciones y tablas mediante las que se relacionan dichos valores pueden revisarse en el acápite “4.1.2. Highway Capacity Manual 2010”.

**Tabla 6.1** – Estimación del Nivel de Servicio en una sección típica del Estado Actual para Peatones y Bicicletas

Fuente: Elaboración propia

| PEATONAL         |            | CICLISTA |            | Interpretación de anchos |
|------------------|------------|----------|------------|--------------------------|
| DATOS DE ENTRADA |            |          |            |                          |
| Wt               | 3.40 m     | PHF      | 0.90       |                          |
| WI               | 1.20 m     | L        | 2.00       |                          |
| %OSP             | 0.75       | V        | 1344 veh/h |                          |
| Wb               | 2.50 m     | S        | 48.20 kph  |                          |
| Ws               | 1.90 m     | HV       | 0.015      |                          |
| V                | 1344 veh/h | PC       | 3.00       |                          |
| PHF              | 0.90       | %OSP     | 0.75       |                          |
| S                | 48.20 kph  | W1       | 0.90 m     |                          |
| L                | 2.00       | Wt       | 3.40 m     |                          |
| fb               | 5.37       | Wv       | 3.40 m     |                          |
| Flv              | 1.00       | We       | 1.11 m     |                          |
| fp               | 0.50       | Fs       | 3.38       |                          |
| fsw              | 1.26       |          |            |                          |
| RESULTADOS       |            |          |            |                          |
| PLOS             | 2.68       | BLOS     | 5.03       |                          |
| NDS              | <b>B</b>   | NDS      | <b>F</b>   |                          |

## 6.2. Solución 1: Tipo *El Embarcadero Avenue*, ampliación de ciclobandas existentes

Antes de evaluar cualquier rediseño que involucre cambios considerables en el derecho de vía, es necesario determinar si una corrección del diseño actual es viable. Para corregir la sección se buscó respetar los valores mínimos propuestos por la guía colombiana siempre y cuando se encuentren por encima de los establecidos en la legislación peruana.

### 6.2.1. Distribución del derecho de vía

Como se estableció anteriormente, la posición de los árboles, jardines laterales y veredas ha sido respetada. Asimismo, el rediseño se basa en los mínimos necesarios con el fin de adecuarse al bajo flujo existente y al poco espacio disponible. Los cambios propuestos en la sección son los siguientes:

**Tabla 6.2** - Modificaciones sobre el derecho de vía para la Solución 1

Fuente: Elaboración propia

| Elemento                    | Medidas (m) |             | Comentarios   | Referencia*     |
|-----------------------------|-------------|-------------|---|-----------------|
|                             | Propuesta   | Antes       |   |                 |
| Ciclobanda unidireccional   | 1.40        | 0.90        | Mínimo aceptable de 1.40 m para banda unidireccional sin capacidad para triciclos     | I - Tabla 19    |
| Resguardo opuesto a calzada | 0.15        | 0.00        | Mínimo aceptable de 0.15 m para límite con sardinel                                   | I - Tabla 20    |
| Resguardo próximo a calzada | 0.65        | 0.30        | Mínimo aceptable de 0.65 m para límite con calzada de velocidades menores a 50 kph    | I - Tabla 21    |
| Carril vehicular            | 3.10        | 1.90 - 3.20 | Recomendado de 3.05 m para baja accidentalidad en vías con velocidad menores a 62 kph | III - Tabla 1   |
| Vereda                      | 1.90        | 1.90        | Mínimo aceptable de 1.80 m para vías locales principales residenciales                | II - Artículo 8 |

(\*) Las referencias son las siguientes: (I) Guías de ciclo-infraestructura para ciudades colombianas, (II) Norma GH.020: Componentes de diseño urbano y (III) *Development of crash modification factors for changing lane width on roadway segments using generalized nonlinear models*

El resultado de dicho rediseño se aprecia en la siguiente Figura 6.1.



**Figura 6.1 – Derecho de vía de Solución 1**

Fuente: Elaboración propia

### 6.2.2. Evaluación a criterio

Para introducir los cambios propuestos, los jardines de la alameda fueron reducidos al punto de dejar los árboles a ras de la pista. Aun así, la distribución requiere de cerca de 2.00 metros más para poder adecuarse al ancho de la sección. Por tanto se concluye, sin necesidad de hacer otra evaluación, que no es viable una corrección de las dimensiones de los componentes actuales de la sección. Esto pues no existe el espacio disponible para ejecutar el proyecto sin afectar sensiblemente los límites de propiedad y las áreas verdes.

### 6.3. Solución 2: Tipo Carrera Once, ciclovía sobre un carril vehicular

La experiencia reciente de la ciclovía de la Carrera Once en el norte de Bogotá nos lleva a considerar dicha configuración del derecho de vía como una solución factible. A continuación se le presenta y analiza.

#### 6.3.1. Derecho de vía

El rediseño, como en el anterior, respeta los mínimos tanto recomendados en guías como legislados por norma. La configuración de la vía pierde

simetría. Esta, en resumen, entrega un carril de los vehículos que transcurren en sentido oeste – este a favor de los modos no motorizados no peatonales. A continuación se presentan los cambios propuestos.

**Tabla 6.3** – Modificaciones sobre el derecho de vía para la Solución 2 tipo Carrera Once

Fuente: Elaboración propia

| Elemento                    | Medidas (m) |             | Comentarios   | Referencia*     |
|-----------------------------|-------------|-------------|---|-----------------|
|                             | Propuesta   | Antes       |   |                 |
| Ciclovía bidireccional      | 2.30        | 0.90 + 0.90 | Mínimo aceptable de 2.20 m para vía bidireccional sin capacidad para triciclos        | I - Tabla 19    |
| Resguardo opuesto a calzada | 0.15        | 0.00        | Mínimo aceptable de 0.15 m para límite con sardinel                                   | I - Tabla 20    |
| Resguardo próximo a calzada | 0.60        | 0.30        | Mínimo aceptable de 0.65 m para límite con calzada de velocidades menores a 50 kph    | I - Tabla 20    |
| Carril vehicular            | 3.10        | 1.90 - 3.20 | Recomendado de 3.05 m para baja accidentalidad en vías con velocidad menores a 62 kph | III - Tabla 1   |
| Vereda                      | 1.90        | 1.90        | Mínimo aceptable de 1.80 m para vías locales principales residenciales                | II - Artículo 8 |

(\*) Las referencias son las siguientes: (I) Guías de ciclo-infraestructura para ciudades colombianas, (II) Norma GH.020: Componentes de diseño urbano y (III) *Development of crash modification factors for changing lane width on roadway segments using generalized nonlinear models*

El sentido oeste – este es considerado como el que soporta el menor flujo vehicular por lo que se cree conveniente que la ciclovía pase por su calzada. A su vez, para dar mayores facilidades para giros, se le da al carril único una dimensión 10 cm mayor a la usual. El resultado de dicho rediseño se aprecia en la siguiente Figura 6.2.



**Figura 6.2** – Derecho de vía de Solución 2 tipo Carrera Once

Fuente: Elaboración propia

### 6.3.2. Evaluación a criterio

El derecho de vía propuesto debe ser incorporado con precaución pues, en caso de hacerlo sin un análisis previo, se podrían presentar severos efectos colaterales. Es probable que la vía en cuestión y vías aledañas colapsen en vez de generarse un proceso de *traffic evaporation*. Asimismo, a diferencia de la Carrera Once, los flujos ciclistas actuales en la vía son bajos por lo que una medida de tal envergadura podría no reflejarse efectiva. La medida sería recomendable siempre y cuando se tuviesen elevados flujos o una perspectiva optimista respecto a la evolución de la cuota modal ciclista.

### 6.3.3. Evaluación del Nivel de Servicio

A fin de determinar en qué medida esta intervención plantea una mejora respecto al estado actual, se procede a determinar los Niveles de Servicio de Segmento para Peatones y Bicicletas. Sin embargo, cabe resaltar que el análisis evaluará a las veredas de forma independiente y diferente por la razón que la vía ya no es simétrica.

Para efectos del análisis, los flujos vehiculares a considerar para cálculos sobre las veredas norte y sur no serán los mismos. La vereda sur se encuentra próxima la calzada reducida en el sentido oeste – este donde los flujos se asumen menores a los del opuesto. Para fines prácticos, se asume que el flujo que enfrentará la vereda sur, tras presentarse un hipotético fenómeno de *traffic evaporation*, corresponde a la mitad del máximo flujo normalizado en el sentido opuesto.

Por otra parte, la velocidad a flujo libre fue considerada igual en ambos sentidos. Asimismo, solo fue evaluado el sentido de la ciclovía próximo al tráfico automotor por tratarse del más sensible. Para dicha evaluación también se trabajó con el hipotético flujo vehicular reducido a la mitad.

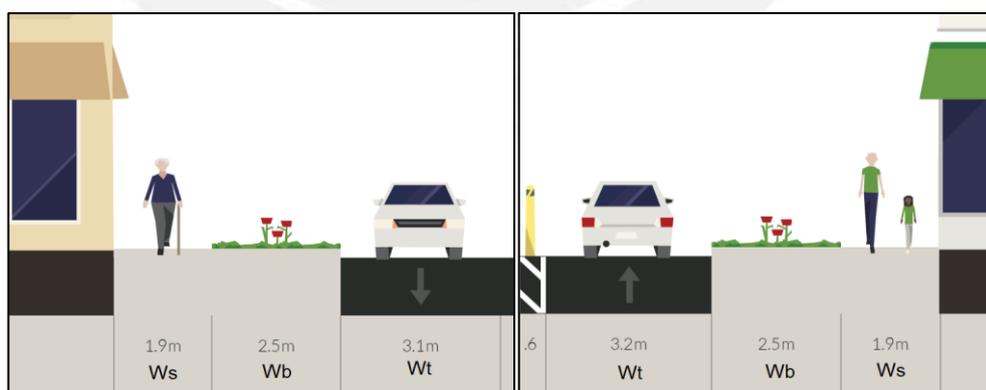
Las variables trabajadas así como los resultados finales obtenidos pueden verse en la Tabla 6.4. Recuérdese que las tablas y ecuaciones que permitieron dicha calificación se encuentran en el acápite “4.1.2. Highway Capacity Manual 2010”.

**Tabla 6.4** - Estimación del Nivel de Servicio para Peatones y Bicicletas en Solución 2

Fuente: Elaboración propia

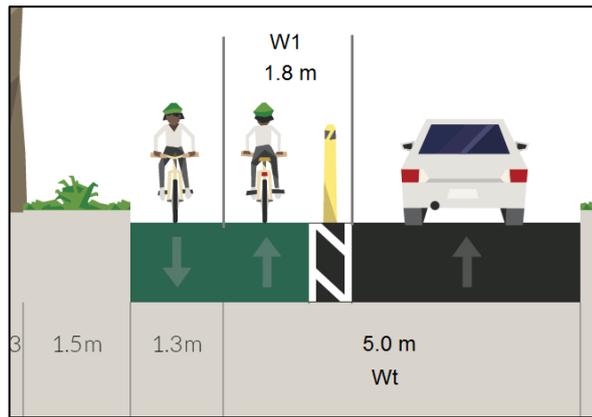
| PEATONAL NORTE   |            | PEATONAL SUR |           | CICLISTA |           |
|------------------|------------|--------------|-----------|----------|-----------|
| DATOS DE ENTRADA |            |              |           |          |           |
| Wt               | 3.10 m     | Wt           | 3.20 m    | PHF      | 0.90      |
| Wl               | 0.00 m     | Wl           | 0.00 m    | L        | 2.00      |
| %OSP             | 0.75       | %OSP         | 0.75      | V        | 672 veh/h |
| Wb               | 2.50 m     | Wb           | 2.50 m    | S        | 48.20 kph |
| Ws               | 1.90 m     | Ws           | 1.90 m    | HV       | 0.015     |
| V                | 1344 veh/h | V            | 672 veh/h | PC       | 3.00      |
| PHF              | 0.90       | PHF          | 0.90      | %OSP     | 0.75      |
| S                | 48.20 kph  | S            | 48.20 kph | W1       | 1.80 m    |
| L                | 2.00       | L            | 1.00      | Wt       | 5.00 m    |
| fb               | 5.37       | fb           | 5.37      | Wv       | 5.00 m    |
| Flv              | 1.00       | Flv          | 1.00      | We       | 6.80 m    |
| fp               | 0.50       | fp           | 0.50      | Fs       | 3.38      |
| fsw              | 1.26       | fsw          | 1.26      |          |           |
| RESULTADOS       |            |              |           |          |           |
| PLOS             | 2.72       | PLOS         | 2.71      | BLOS     | 2.61      |
| NDS              | <b>B</b>   | NDS          | <b>B</b>  | NDS      | <b>B</b>  |

La interpretación de los anchos puede verse en las Figuras posteriores.



**Figura 6.3** – Interpretación de los anchos para el cálculo del Nivel de Servicio en la Solución 2 tipo Carrera Once para las veredas Norte y Sur respectivamente

Fuente: Elaboración propia



**Figura 6.4** - Interpretación de los anchos para el cálculo del Nivel de Servicio para Bicicletas en la Solución 2 tipo Carrera Once

Fuente: Elaboración propia

#### 6.4. Solución 3: Tipo Avenida Salaverry, ciclovía sobre el separador central

Las exitosas experiencias de las avenidas Salaverry y Arequipa en Lima invitan a imitar el derecho de vía empleado en las mismas. Sin embargo, es necesario realizar un análisis más a profundidad dado a que el ancho disponible en la Av. Mariano Cornejo es menor al de sus casos ejemplares.

##### 6.4.1. Derecho de vía

El derecho de vía se mantiene simétrico y con las consideraciones previas. Esto implica tanto el respeto a veredas, jardines laterales y árboles existentes, como a parámetros mínimos establecidos en normas y guías. Las modificaciones pueden apreciarse a continuación.

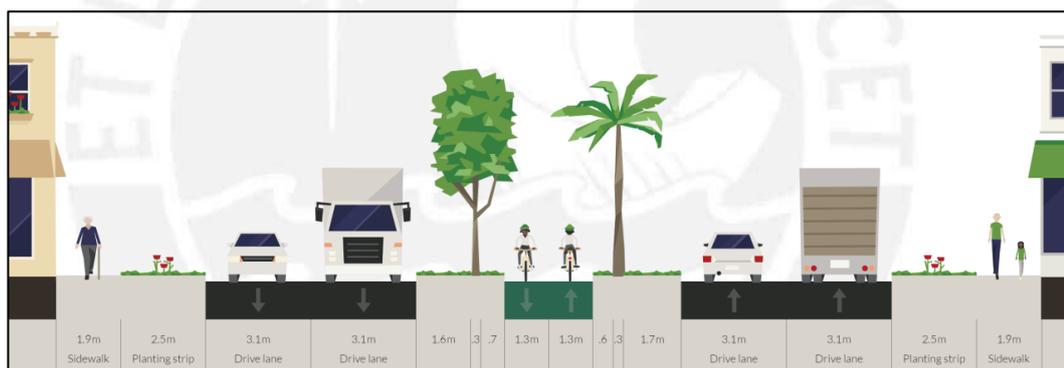
**Tabla 6.5** - Modificaciones sobre el derecho de vía para la Solución 3 tipo Av. Salaverry

Fuente: Elaboración propia

| Elemento               | Medidas (m) |             | Comentarios   | Referencia*     |
|------------------------|-------------|-------------|---|-----------------|
|                        | Propuesta   | Antes       |   |                 |
| Ciclovia bidireccional | 2.20        | 0.90 + 0.90 | Mínimo aceptable de 2.20 m para vía bidireccional sin capacidad para triciclos        | I - Tabla 19    |
| Resguardo              | 0.15        | 0.00        | Mínimo aceptable de 0.15 m para límite con sardinel                                   | I - Tabla 20    |
| Carril vehicular       | 3.10        | 1.90 - 3.20 | Recomendado de 3.05 m para baja accidentalidad en vías con velocidad menores a 62 kph | III - Tabla 1   |
| Vereda                 | 1.90        | 1.90        | Mínimo aceptable de 1.80 m para vías locales principales residenciales                | II - Artículo 8 |

(\*) Las referencias son las siguientes: (I) Guías de ciclo-infraestructura para ciudades colombianas, (II) Norma GH.020: Componentes de diseño urbano y (III) *Development of crash modification factors for changing lane width on roadway segments using generalized nonlinear models*

La aplicación de dichas medidas puede apreciarse en la Figura 6.5.



**Figura 6.5** - Derecho de vía de Solución 3 tipo Av. Salaverry

Fuente: Elaboración propia

#### 6.4.2. Evaluación a criterio

Si bien la vía no cuenta con una dimensión tal como la de sus pares Arequipa o Salaverry, cuenta con espacio suficiente para no impactar sensiblemente en las áreas verdes. Esto pues aunque la ciclovia propuesta

es más ancha que el sendero de la alameda existente, parte del área verde se recupera con la disminución del ancho de los carriles vehiculares.

### 6.4.3. Evaluación del Nivel de Servicio

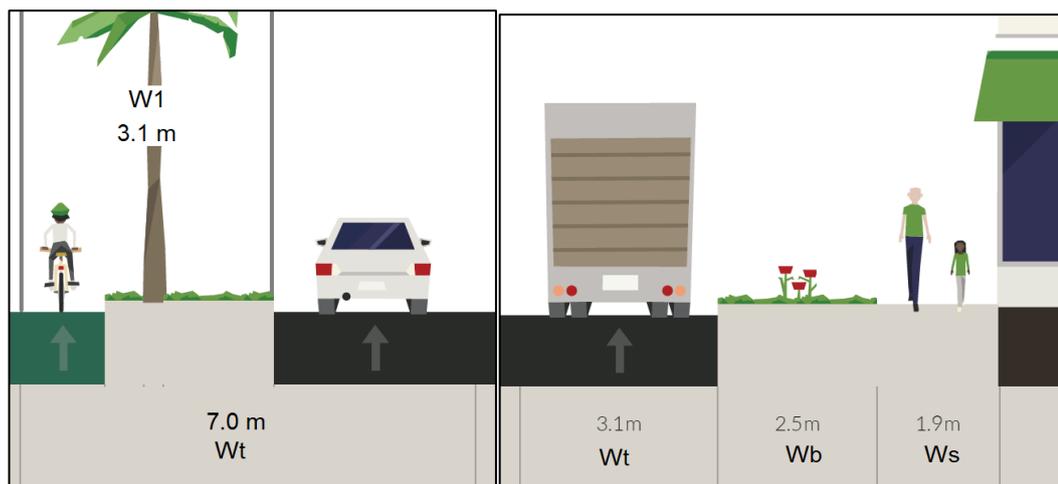
La evaluación, como las anteriores, fue realizada para la sección propuesta para bicicletas y peatones. Las variables así como tablas y ecuaciones que en esta intervienen pueden ser revisadas en el acápite “4.1.2. *Highway Capacity Manual 2010*”. Cabe resaltar que el *HCM 2010* trabaja las ciclovías como ciclobandas por lo que, para este caso, la separación definida entre las vías para bicicletas y carros es muy grande comparada a valores usuales. Los valores asumidos así como los resultados se presentan en la siguiente tabla.

**Tabla 6.6** - Estimación del Nivel de Servicio para Peatones y Bicicletas en Solución 3

Fuente: Elaboración propia

| PEATONAL         |            | CICLISTA |            |
|------------------|------------|----------|------------|
| DATOS DE ENTRADA |            |          |            |
| Wt               | 3.10 m     | PHF      | 0.90       |
| WI               | 0.00 m     | L        | 2.00       |
| %OSP             | 0.75       | V        | 1344 veh/h |
| Wb               | 2.50 m     | S        | 48.20 kph  |
| Ws               | 1.90 m     | HV       | 0.015      |
| V                | 1344 veh/h | PC       | 3.00       |
| PHF              | 0.90       | %OSP     | 0.75       |
| S                | 48.20 kph  | W1       | 3.90 m     |
| L                | 2.00       | Wt       | 7.00 m     |
| fb               | 5.37       | Wv       | 7.00 m     |
| Flv              | 1.00       | We       | 10.90 m    |
| fp               | 0.50       | Fs       | 3.38       |
| fsw              | 1.26       |          |            |
| RESULTADOS       |            |          |            |
| PLOS             | 2.72       | BLOS     | -1.30      |
| NDS              | <b>B</b>   | NDS      | <b>A</b>   |

Las asunciones respecto a los anchos se pueden revisar en la Figura 6.6.



**Figura 6.6** - Interpretación de los anchos para el cálculo del Nivel de Servicio en la Solución 3 tipo Av. Salaverry para las ciclistas y peatones respectivamente

Fuente: Elaboración propia

El espaciamiento existe entre las vías ciclista y automotriz dan como resultado un “BLOS” negativo. Esto se entiende como un caso tan efectivo para bicicletas que escapa de los parámetros sobre los que se plantearon las ecuaciones y fuerza a un resultado matemáticamente inaceptable pero lógico en la realidad.

## 6.5. Selección de solución

La comparación de los Niveles de Servicio para Peatones en cualquiera de los casos nos da a entender que sin importar la configuración, no habrá un cambio sensible mientras no se modifique el ancho de la vereda. Por tanto, para fines peatonales cualquiera de las soluciones es aceptable.

Respecto al Nivel de Servicio para Bicicletas, se verifica que tanto la Solución 2 como la 3 superan el nivel de desaprobación en el que se encuentra actualmente la vía. Sin embargo, la Solución 3 resalta aún más que la 2 dada la calificación “A” obtenida, respecto a la “B” de la Solución 2. Por criterios de Nivel de Servicio, la Solución 3 es la idónea.

Esta tendencia se refuerza considerando que el fenómeno de *traffic calming* así como el crecimiento dramático del uso ciclista de la vía no están asegurados. Por tanto, la Solución 2 podría tener un costo socioeconómico muy alto para el uso que se le podría dar o las consecuencias que podrían acaecer. Siendo así, se concluye que **la Solución 3 de tipo Av. Salaverry es la más idónea a seguir.**



## Capítulo 7: DISEÑO DE DETALLE

El diseño busca satisfacer los requerimientos expresados en manuales y guías peruanas con el fin de presentar un producto normado. Para el caso de infraestructura que no se encuentre normada o que carezca de una guía detallada, se opta por seguir a guías extranjeras. Ese capítulo presenta no solo las referencias para los diseños, sino también algunas tablas de denotada importancia.

### 7.1. Referencias para el diseño geométrico

Las veredas cuentan con alineamientos y anchos aceptables por lo que no serán revisadas. Asimismo, las calzadas vehiculares cuentan con alineamientos aceptables, no obstante, sus anchos serán redistribuidos según las recomendaciones del documento *Development of crash modification factors for changing lane width on roadway segments using generalized nonlinear models* (Lee et. al., 2015). Por otra parte, en lo que respecta a la ciclovía, al ser esta inexistente se diseñará su alineamiento y corte bajo las recomendaciones de la *Guía de ciclo-infraestructura para ciudades colombianas* (MT Colombia, 2016), y su bombeo con ayuda del *Manual de Carreteras* (MTC Perú, 2014).

#### 7.1.1. Ancho de carriles vehiculares

La reducción de los carriles vehiculares tiene como fin aminorar la pérdida efectiva de áreas verdes y aumentar la seguridad real mediante la reducción de velocidades a flujo libre. El diseño se realiza con 3.10 cm de ancho por cada carril vehicular según la Tabla 7.1 con el fin de mantener una accidentalidad baja y una velocidad límite de 60 kph.

**Tabla 7.1 – Relación entre el ancho de una vía, su accidentalidad y su velocidad límite**

Fuente: Extraído de Lee et. al., 2015. Tabla 1.b

| (b) Characteristics of segments by lane width |                    |                         |                       |                        |                   |                               |                           |
|---|--------------------|-------------------------|-----------------------|------------------------|-------------------|-------------------------------|---------------------------|
| Lane Width                                    | Number of segments | Total number of crashes | Number of KAB crashes | Number of KABC crashes | Total length (mi) | Total crash rate (crashes/mi) | Average speed limit (mph) |
| 9 ft or less                                  | 156                | 5                       | 3                     | 4                      | 190.3             | 0.03                          | 38.1                      |
| 10 ft   | 525                | 233                     | 82                    | 131                    | 494.8             | 0.47                          | 38.9                      |
| 11 ft   | 951                | 1403                    | 401                   | 707                    | 743.3             | 1.89                          | 42.0                      |
| 12 ft   | 4425               | 16,341                  | 4838                  | 8234                   | 3486.9            | 4.69                          | 50.3                      |
| 13 ft   | 155                | 346                     | 85                    | 161                    | 81.7              | 4.24                          | 39.8                      |
| 14 ft or more                                 | 111                | 49                      | 8                     | 23                     | 48.5              | 1.01                          | 35.6                      |

### 7.1.2. Sección de la ciclovía

A ambos lados del alineamiento deben existir tanto la banda de desplazamiento como el resguardo. La primera tiene como principal fin a la circulación y el segundo, la protección del móvil respecto a elementos laterales. El diseño carecerá de sardineles laterales a fin de evitar el estancamiento de agua proveniente del riego de áreas verdes

**Tabla 7.2 – Dimensiones de la banda de circulación**

Fuente: Extraído de MT Colombia, 2016. Tabla 19

|                              |              | 1 SENTIDO DE CIRCULACIÓN (m) | 1 SENTIDO MÁS ADELANTAMIENTO (m) | 2 SENTIDOS DE CIRCULACIÓN (m) |
|------------------------------|--------------|------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|
| Sin circulación de triciclos | Mínima       | 1,40                         | 1,60                             | 2,20                          |
|                              | Recomendable | 1,60                         | 2,00                             | 2,60                          |
| Con circulación de triciclos | Mínima       | 1,50                         | 2,10                             | 2,70                          |
|                              | Recomendable | 1,70                         | 2,30                             | 3,20                          |

En consideración con la Tabla 7.2 se opta por un ancho de calzada ciclista de 2.20 m. Para concluir en dicho valor se han considerado tres aspectos. En primer lugar, la vía tiene una muy baja concurrencia de triciclos por lo que estos no han sido considerados en el diseño. En segundo lugar, el espacio en el separador central es reducido por lo que se opta por los mínimos requeridos. Por último, se considera que la vía debe cumplir con los parámetros mínimos para vías bidireccionales.

**Tabla 7.3 – Dimensiones de resguardo**

Fuente: Extraído de MT Colombia, 2016. Tabla 20

| ELEMENTOS  |                   | ESPACIO DE RESGUARDO                                |           |
|--|-------------------|---|-----------|
| Bordillo   |                   | ≥ 0,15 m  |           |
| Espacio peatonal   |                   | ≥ 0,20 m  |           |
| Elementos laterales discontinuos                         |                   | ≥ 0,30 m  |           |
| Elementos laterales continuos                            |                   | ≥ 0,40 m  |           |
| Calzada  | Mismo sentido     | V ≤ 50 km/h   | ≥ 0,40 m  |
|  |                   | V > 50 km/h   | ≥ 0,60 m* |
|  | Sentido contrario | V ≤ 50 km/h   | ≥ 0,80 m  |
|  |                   | V > 50 km/h   | ≥ 1,50 m  |
| Estacionamiento en paralelo (ancho de 1,80 – 2,00 m)     |                   | ≥ 0,70 m (vía entre calzada y andén o por el andén) |           |
| Estacionamiento en transversal (con el bordillo de tope) |                   | ≥ 1,00 m (vía entre calzada y andén o por el andén) |           |

\* Definido en el Decreto 798 de 2010

En consideración con la Tabla 7.3 se acepta un resguardo de 15 cm. Se opta por el mínimo para el caso de “*Bordillo*” dada la poca disposición de espacio en el separador central. Asimismo, considerando la Tabla 7.4 se considera un bombeo de 2.0% para evacuar las aguas de riego.

**Tabla 7.4 – Valores del bombeo para calzada**

Fuente: Extraído de MTC Perú, 2014. Tabla 304.03

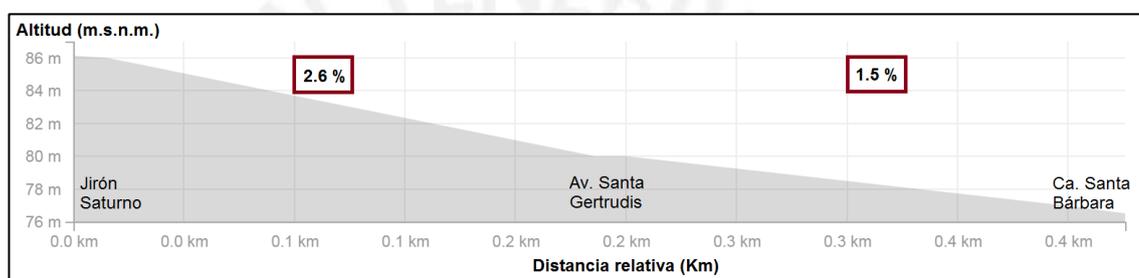
| Tipo de Superficie                        | Bombeo (%)                |                           |
|---|---------------------------|---------------------------|
|   | Precipitación <500 mm/año | Precipitación >500 mm/año |
| Pavimento asfáltico y/o concreto Portland | 2,0                       | 2,5                       |
| Tratamiento superficial                   | 2,5                       | 2,5-3,0                   |
| Afirmado                                  | 3,0-3,5                   | 3,0-4,0                   |

Por otra parte, existen tramos en los que la ciclovía corre próxima a la calzada en el mismo sentido. Estos tramos son los próximos a la Av. Sta. Gertrudis y desde la Calle Saturno hacia la Plaza de la Bandera. A estos, según la Tabla 7.3, les correspondería un resguardo de 40 cm; sin embargo, no se aplicará para el primer caso por tratarse de un tramo puntual. Para el

segundo caso, si bien escapa del alcance de este proyecto, se recomienda diseñar con dicha dimensión.

### 7.1.3. Alineamiento de ciclovía

El diseño del alineamiento guarda relación directa con la velocidad de diseño y esta, a su vez, con la pendiente del proyecto. Para fines prácticos de este diseño, dado el relieve suave del terreno y con el fin de trabajar con el caso crítico, se considera la mayor pendiente del tramo cuyo valor asciende a 2.6%. Para información sobre la pendiente por tramos, revisar la Figura 7.1.



**Figura 7.1 – Pendientes del tramo a diseñar**

Fuente: Elaboración propia adaptado de Strava, 2016

Dada una pendiente de 2.6% y los tramos de longitud entre 70 a 200 metros, se determina con ayuda de la Tabla 7.5 una velocidad máxima de diseño de 40 kph. Asimismo, dada la Tabla 7.6 se concluye que los usuarios no tendrán problemas en el ascenso, es decir, que no se precisan zonas de descanso.

**Tabla 7.5 – Velocidad de diseño**

Fuente: Extraído de MT Colombia, 2016. Tabla 22

| PENDIENTE | LONGITUD DE TRAMO |            |         |
|-----------|-------------------|------------|---------|
|           | 25 - 75 m         | 75 - 150 m | > 150 m |
| 3 - 5 %   | 35 km/h           | 40 km/h    | 45 km/h |
| 6 - 8 %   | 40 km/h           | 45 km/h    | 50 km/h |
| 9 %       | 45 km/h           | 50 km/h    | 55 km/h |

**Tabla 7.6 – Longitud máxima permitida de tramo**

Fuente: Extraído de MT Colombia, 2016. Tabla 25

| PENDIENTE   | LONGITUD MÁXIMA PERMITIDA DEL TRAMO |
|-------------|-------------------------------------|
| 3 - 6%      | 500 m                               |
| 6 - 8%      | 250 m                               |
| 8 - 10%     | 90 m                                |
| más del 10% | 30 m                                |

Respecto a los tramos curvos, se determinó mediante la Tabla 7.7 que, dada una velocidad de diseño de 40 kph, los radios de giro no deben ser menores a 30 m. Asimismo, por referencia del manual se acepta que curvas con dicho radio carezcan de sobreancho y clotoides.

**Tabla 7.7 – Radio mínimo de curvas**

Fuente: Extraído de MT Colombia, 2016. Tabla 23

| VELOCIDAD (km/h) | RADIO MÍNIMO DE CURVAS EN TRAMOS (m)           |   |
|------------------|--|---|
|                  | SUPERFICIE PAVIMENTADA<br>(ASFALTO / CONCRETO) | SUPERFICIE DESTAPADA<br>(GRAVILLA COMPACTADA) |
| 20               | 10   | 15  |
| 30               | 20   | 35  |
| 40               | 30   | 70  |

## 7.2. Referencias para la selección del pavimento de la ciclovía

El pavimento de las veredas y calzadas vehiculares se mantendrá con el fin de no aumentar el costo de implementación del proyecto; es decir, estas continuarán siendo de concreto y asfalto respectivamente. Para la pavimentación de la inexistente ciclovía se tendrán en cuenta las recomendaciones de la *Guía de ciclo-infraestructura para ciudades colombianas* (MT Colombia, 2016).

**Tabla 7.8 – Valoración de superficies de rodadura**

Fuente: Extraído de MT Colombia, 2016. Tabla 29

|   | MEZCLAS<br>BITUMINOSAS | CONCRETO | ADOQUÍN /<br>BALDOSA | GRAVILLA<br>COMPACTADA |
|---|------------------------|----------|----------------------|------------------------|
| Adherencia                                      | ●●●                    | ●●●      | ●●●                  | ●                      |
| Resistencia rodadura                            | ●●●                    | ●●       | ●                    | ○                      |
| Resistencia a la<br>erosión                     | ●●●                    | ●●●      | ●●●                  | ○                      |
| Regularidad superficial                         | ●●●                    | ●●       | ●                    | ○                      |
| Costo de construcción                           | ●                      | ●●       | ○                    | ●●●                    |
| Costo de<br>mantenimiento                       | ●●                     | ●●       | ●                    | ●                      |
| Compatibilidad con los<br>vehículos motorizados | ●●●                    | ●●●      | ●                    | ○                      |

○ Mala, ● Regular, ●● Aceptable, ●●● Buena

El pavimento de las ciclovías suele estar conformado por mezclas bituminosas, concreto, adoquines o gravilla. La Tabla 7.8, tras comparar características de estos materiales, permite determinar que para estas vías el material más idóneo es la mezcla bituminosa. Por tanto, se cree conveniente que la ciclovía sea construida en asfalto. Sin embargo, existen motivos del entorno que obligan a revisar su viabilidad.

Durante la Inspección oficial a campo se constató la existencia de un canal con una compuerta debajo de ubicación de la ciclovía proyectada. Asimismo, durante varias visitas no oficiales, se constató que su uso corresponde al de un basurero en vez de al de un canal.

Es necesario, por tanto, determinar el futuro del canal para poder elegir una opción coherente. Un primer escenario es viable si este canal vuelve a operar. En aquel caso es imperativo que el pavimento sea de adoquines sin biselar. Los adoquines son de económica y práctica instalación por lo que en el caso de una eventual intervención al canal, la ciclovía podrá ser removida y reinstalada de forma rápida y sin necesidad de nuevo material.



**Figura 7.2 – Vestigios de canal inoperativo**

Fuente: Fotografía propia

Un segundo escenario considera al canal como obsoleto. En este caso, conforme a la Tabla 7.2, se recomienda que el canal sea rellenado, las compuertas demolidas y la ciclovía constituida con asfalto. Dicho material no solo beneficia a bicicletas, sino también a vehículos con ruedas menores pues, a diferencia de los adoquines, presenta menos asentamiento diferencial. Resáltese que exabruptos mayores a 13 mm pueden causar la caída de los usuarios de dichos móviles (Ayres et. al., 2006).

Dado lo observado en campo se asume la predominancia del segundo escenario por lo que, en conclusión, se opta por el asfalto como material constituyente para la carpeta de la ciclovía. Recuérdese que un cambio de escenario producirá un cambio inevitable de material optado.

### **7.3. Referencias para la señalización**

La señalización tiene como público receptor a todos aquellos que transiten por la vía, por tanto, es necesarios instalar, rehabilitar y/o dar mantenimiento

a las señales permanentes. La señalización-guía para personas con discapacidad visual es inexistente por lo que se tendrán en cuenta las recomendaciones de la norma *NTE INEN 2854 Accesibilidad de las personas al medio físico* (INEN, 2015) para su incorporación. La señalización para vehículos y transporte público deberá ser mejorada, y la orientada a ciclistas, instalada. Para estos casos se respetarán los patrones del *Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras* (MTC Perú, 2016).

### 7.3.1. Señalización horizontal en veredas

Los peatones en pleno ejercicio de sus facultades físicas no requieren de señalización horizontal específica en veredas para dirigir y controlar su circulación. Sin embargo, este no es el caso de personas con discapacidad visual. Para que la vía sea accesible a estos usuarios, se diseña de acuerdo a los parámetros presentados en la norma ecuatoriana mencionada en el anterior acápite 7.3.

Las veredas de calles y avenidas en el proyecto cuentan con un ancho máximo de 1.90 metros y, por otra parte, la norma señala que a partir de anchos de 1.60 metros las veredas necesitan baldosas guía (INEN, 2015). El uso de estas se desestima a consideración del autor pues el ancho real actual aun es suficiente para que personas con discapacidad visual se guíen de los límites de la vereda.

Por otra parte, sí se considera indispensable que las rampas se encuentren señalizadas con baldosas de prevención por lo que el perímetro superior de estas será rodeado de baldosas de dimensión mínima de 20 X 20 cm con protuberancias esféricas de 2 a 5 mm (INEN, 2015). Las baldosas serán superpuestas a la vereda para rampas ya existentes e instaladas al nivel de la misma para rampas nuevas o remodeladas. Estas deberán ser de color amarillo para advertir su presencia y dejar un espacio libre para facilitar el paso de personas en ruedas menores.

### 7.3.2. Señalización horizontal en calzada vehicular y ciclo vía

El área de tránsito para vehículos necesita ser repotenciada no por el área cedida, sino por el aceptable pero mejorable estado actual de su señalización horizontal.

Las líneas longitudinales de cualquier tipo a disponer en la vía serán de 10 cm de acuerdo al Acápite 3.5.5 del Manual de Dispositivos de Control (MTC, 2016). Los patrones corresponderán a las situaciones “Urbana  $\leq$  60 km/h”, “Ciclo vía” y “Línea de continuidad” expuestos en la Tabla 7.9. Considérese que cada unidad del patrón es equivalente a 1.00 metro.

**Tabla 7.9** – Relación dimensional entre demarcaciones y brechas de líneas segmentadas

Fuente: Extraído de MTC Perú, 2016. Tabla 3.2.

| Patrón (p) – Líneas longitudinales segmentadas en metros |            |                         |                   |                 |
|--|------------|-------------------------|-------------------|-----------------|
| Situación  | Patrón (p) | Relación marca - brecha | Largo demarcación | Largo Brecha en |
| Rural  | 12         | 3 a 5                   | 4.5               | 7.5             |
| Urbana > 60 km/h   | 12         | 3 a 5                   | 4.5               | 7.5             |
| Urbana $\leq$ 60 km/h                                    | 8          | 3 a 5                   | 3                 | 5               |
| Ciclo vía  | 3          | 1 a 2                   | 1                 | 2               |
| Línea de continuidad                                     | 2          | 1 a 1                   | 1                 | 1               |
| Borde calzada  | 4          | 2 a 2                   | 2                 | 2               |

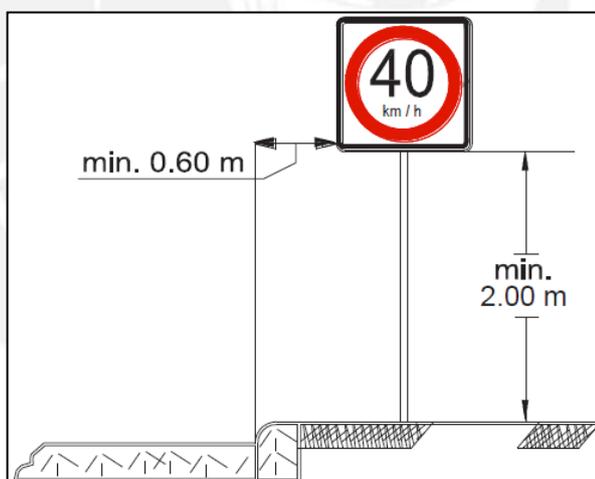
Las líneas longitudinales tienen múltiples usos; sin embargo, dadas las características particulares de la avenida, no se dispondrá de todos. La línea de carril es blanca y se usa para dividir carriles isodireccionales; a esta le corresponde el patrón de “Urbana  $\leq$  60 km/h”. La línea central es amarilla y divide carriles de sentido opuesto, le corresponden los patrones “Urbana  $\leq$  60 km/h” y “Ciclo vía” dependiendo del caso. La línea canalizadora de tráfico es blanca y dirige flujos en intersecciones no obvias, le corresponde el patrón de “Línea de continuidad”. La línea de borde es amarilla y limita la vía, le corresponde el patrón de “Línea de continuidad”; será reemplazada por un sardinel pintado de amarillo en caso este existiese de forma continua.



Es necesario aclarar la principal diferencia entre los usos de “líneas de cruce peatonal” y “líneas paralelas de cruce peatonal”. Las primeras son más notorias que las segundas y, por ende, deben usarse en vías de mayor velocidad. De forma simple, en este caso se emplean las primeras para avenidas y las segundas para calles.

### 7.3.3. Señalización vertical orientada a transporte motorizado

Esta señalización se ubicará al lado derecho de la calzada vehicular, salvo el evento se encuentre a la izquierda de la misma como es el caso de los giros en U. Conforme a recomendaciones, entre el borde del pavimento y los postes habrá una distancia de 100 cm. La altura de la señal sobre el suelo será de 200 cm. Su detalle gráfico corresponderá al de una señal diseñada para velocidades entre 60 a 70 kph, para mayor detalle revisar el *acápite 2.3 Diagramación de señales verticales* del Manual de Dispositivos de Control del MTC Perú.



**Figura 7.4** – Parámetros mínimos para señales vehiculares en zona urbana

Fuente: Extraído de MTC Perú, 2016. Figura 2.5

Las señales normadas a emplear son las siguientes: Velocidad máxima permitida 60 kph (R-30), Curva en U a la izquierda (P-5-2B), Cruce de

ciclovía (P46-A), Proximidad de cruce peatonal (P-48A) y Paradero de buses (I-6).

#### 7.3.4. Señalización vertical orientada a transporte no motorizado

Esta señalización se ubicará preferentemente al lado derecho de la ciclovía con el fin de orientar, prevenir e informar a los usuarios sobre lugares y eventos a lo largo del trayecto. Conforme a recomendaciones, el borde del pavimento y los postes se encontrarán separados 60 cm. La señal medirá 45 cm por cada lado en caso de ser cuadrada y estará a una altura de 160 cm sobre la rasante de la ciclovía (MTC Perú, 2016). Se debe asegurar que la vegetación contigua no afecte su visibilidad y que se respeten las dimensiones gráficas para señales ciclistas propuestas en el manual peruano.

Las señales normadas a emplear son las siguientes: Cruce peatonal (P-48B), Curva y contra-curva a la derecha (P-4A), Curva y contra-curva a la izquierda (P-4B) y Servicio de Información (I-22). La última mencionada será acompañada de información no normada como se observa en la Figura 7.5, para el detalle de caligrafía y presentación revítese el manual del MTC Perú.



Figura 7.5 – Señales informativas con referencia de lugares y distancias

Fuente: Elaboración propia



un ancho mínimo de 90 cm y una pendiente máxima de 12%. Sin embargo, este proyecto busca ir más allá de los mínimos requeridos. Asumiendo la altura de vereda de 15 cm, en las rampas de avenida se da una pendiente de 7.5% para una longitud horizontal de 200 cm; mientras que en las rampas de calle se da una pendiente de 12% para una longitud horizontal de 125 cm. El motivo de dicha diferencia son las dimensiones del jardín lateral disponible, este suele ser ancho para la avenida pero estrecho para las calles.

Por otra parte, el diseño de las rampas no busca conformarse con anchos de 90 cm. Se considera que las personas prefieren las rampas para su desplazamiento por lo que se ha buscado que esta ocupe el mayor espacio disponible en esquinas o, en su defecto, tenga un ancho mínimo de dos metros coherente con los cruces peatonales.

En la intersección de las avenidas Mariano Cornejo y Santa Gertrudis se optó por desestimar el uso de rampas en el separador central. Los motivos para dicha medida son tres. En primer lugar, el hecho de que la ciclovia tenga 15 cm más de altura que el cruce peatonal antes de llegar a este le da una mejor visibilidad de las personas en movimiento. En segundo lugar, no se cuenta con un espacio suficiente para rampas con pendiente menor al 12%. En tercer lugar, se considera que un cruce a nivel protegido por bolardos es más confortable para todos los usuarios en general.

## **7.5. Resaltos**

Para este proyecto se emplean a favor de la ciclovia en intersecciones en te de avenida con calle con el fin de poner en mayor evidencia a los usuarios de la ciclovia y, en menor medida, obligar a los conductores a reducir la velocidad de sus vehículos al pasar sobre dicha vía. Estos son diseñados teniendo en cuenta las recomendaciones del documento *Reductores de velocidad tipo resalto para el Sistema Nacional de Carreteras (SINAC)* (MTC Perú, 2011).

Los movimientos a realizarse sobre el resalto, dada su ubicación, son únicamente de giro a la izquierda y giro en “U”. Por tanto, se espera que la velocidad máxima para maniobras sea de 35 kph. Dada dicha velocidad, según la Tabla 7.10, le corresponde una pendiente de 7.5%. Asumiendo que la ciclovía se encontrará a 15 cm sobre la calzada, se le da a todos los resaltos una longitud de rampa de 200 cm. Nótese que al ser dicha longitud mayor a la presentada en la Tabla 7.10, se espera que la velocidad desarrollada durante el paso pueda ser mayor a los 15 kph, sin embargo, igual se espera que los vehículos se incorporen a la avenida de forma más segura.

**Tabla 7.10 – Longitudes de rampas y pendientes en resalto de tipo trapezoidal**

Fuente: Extraído de MTC Perú, 2011. Tabla 2

| Velocidad Esperada (Km/h) | Longitud de Rampa (m) | Pendiente (%) | Velocidad durante el paso (Km/h) |
|---------------------------|-----------------------|---------------|----------------------------------|
| 25                        | 0.8                   | 12.5          | 5                                |
| 30                        | 1.0                   | 10.0          | 10                               |
| 35                        | 1.3                   | 7.5           | 15                               |
| 40                        | 1.7                   | 6.0           | 20                               |

## 7.6. Desarrollo de diseño

Este acápite tiene como fin explicar el diseño desarrollado en los planos. Este, ya sea en intersecciones o tramos continuos, integra las normas y recomendaciones presentadas en el capítulo interior. A su vez, incorpora medidas que el proyectista cree convenientes bajo su criterio. Para mayor referencia se recomienda revisar el plano de entrega final.

### 7.6.1. Intersección de Av. Mariano Cornejo, Av. Santa Gertrudis y Cl. Alameda Astral

La intersección cuenta con varias intervenciones que tienen como fin no solo facilitar el desplazamiento de cada modo, sino integrarlos de tal forma que se puedan relacionar de forma coherente y segura. Se observan medidas para todos los modos que por esta vía transitan.



**Figura 7.7** – Conflictos de la ciclo vía de la Av. Salaverry en el cruce con Av. Faustino Sánchez

Fuente: Fotografía de Carmen Saldaña

En primer lugar destacan las medidas correspondientes a la ciclo vía. Como se observa en la Figura 7.7, la experiencia de la ciclo vía de la Av. Salaverry, Lima, nos muestra que los vehículos que giran a la izquierda tienden a esperar su momento de paso sobre el centro del separador central y, por consiguiente, bloquean el paso de la ciclo vía. Por tanto, se ha eliminado el ensanche de la calzada de la Av. M. Cornejo en sentido este – oeste con el fin de dar espacio para un cambio de ubicación del alineamiento de la ciclo vía como se observa en la Figura 7.8.



**Figura 7.8** – Intersección de Av. Mariano Cornejo, Av. Santa Gertrudis y Ca. Alameda Astral.  
Actual y proyectado

Fuente: Elaboración propia y extraído de Google Maps

En segundo lugar destacan la isla en la intersección y el pintado de la ciclo vía. La primera tiene como fin el dar resguardo a los usuarios de la ciclo vía en caso la fase semafórica les limite el cruce completo de la intersección. Asimismo, la segunda medida busca hacer evidente la ciclo vía a los conductores con el fin de que eviten ocupar dicho espacio por desconocimiento.

En tercer lugar destacan las rampas anchas en esquinas y el cruce en separador central a nivel de calzada protegido por bolardos. Ambas medidas tienen como principal fin el facilitar la movilidad de los diversos tipos de peatones que por esta vía pudiesen transitar.

En cuarto lugar destaca el mejoramiento de las señales horizontales y verticales. Las líneas de parada sobre la Av. M. Cornejo en sentido oeste – este son adelantadas de forma tal que los carriles derecho y central den espacio a los vehículos que entren desde el carril izquierdo de la Calle A. Astral. Asimismo, el carril izquierdo ha sido adelantado casi hasta el cruce con Av. Santa Gertrudis con el fin de brindar mayor espacio de acumulación a los vehículos con intención de giro a izquierda. Por otra parte, el cruce peatonal correspondiente a estas líneas de parada ha sido adelantado hasta Av. Sta. Gertrudis con el fin de formalizar la línea de deseo observada.

Respecto a las señales verticales cabe destacar que se incorporan señales preventivas e informativas sobre la ciclo vía. Asimismo, se ubican señales restrictivas de velocidad con el fin de controlar la velocidad de los vehículos que se incorporan a la avenida. También los paraderos han sido reubicados 30 metros antes de la intersección conforme a lo recomendado por la Alcaldía Mayor de Bogotá (AMB, 2014)

Por último, se incorporan dos medidas específicas. Para evidenciar las rampas a la personas con discapacidad visual se instalan baldosas podotáctiles de prevención en casi todo el perímetro superior de la rampa. Para no dificultar el paso de vehículos con ruedas menores y sillas de ruedas, se dejan dos brechas de 40 cm cada una espaciadas 40 cm una de la otra. Asimismo, se considera también el uso de sardineles de parada, estos serán descritos más a detalle en Acápite “8.5. Sardineles de parada”.

### 7.6.2. Intersección de Av. Mariano Cornejo y Cl. Santa Bárbara

Los cambios parten de la supresión del ensanche de la calzada vehicular para giros. Asimismo, sobre la intersección de incorpora un resalto y se mejora el radio de giro de los extremos del separador central. Por otra parte, se incorporan rampas tanto para acceder al separador central como a las veredas de la avenida, incluso en las veredas del norte las rampas alcanzan el ancho de toda la esquina. Por último, tanto la señalización horizontal como vertical han quedado reforzadas.



Figura 7.9 – Intersección de Av. Mariano Cornejo y Ca. Santa Bárbara. Actual y proyectado

Fuente: Elaboración propia y extraído de Google Maps

De acuerdo con el Acápite “5.2. Características propias de la vía” los giros en U hacia el oeste son apreciables en horas de la mañana de días de semana. Teniendo en cuenta el carácter ocasional de los flujos, el resalto se implementa con una pendiente sutil (7.5%) a fin de no modificar considerablemente la velocidad de giro y, por ende, la capacidad de la avenida. Se incorporan también baldosas podotáctiles de prevención y sardineles de parada según lo descrito en el primer acápite de este capítulo.

### **7.6.3. Intersección de Av. Mariano Cornejo, Cl. Río Huaura y Jr. Saturno**

La intersección cuenta con medidas similares a las tomadas en el cruce con la Cl. Sta. Bárbara, éstas involucran la supresión de enchanches de calzada y el uso de rampas amplias, sardineles de parada, baldosas podotáctiles, resaltos en la ciclovia y cruceros peatonales delimitados. Sin embargo, el crucero sobre el separador central que une los alineamientos de las veredas occidente de Jr. Saturno y oriente de Cl. Río Huaura tiene diseño innovador.

Los peatones, dada la situación hostil del tráfico motorizado, están predispuestos en condiciones normales a observar la calzada vehicular antes de cruzar. Sin embargo, este no es el caso en la ciclovia. Dada la falta de costumbre y de volúmenes considerables, las personas suelen cruzar sobre estas vías sin cuidado.

Por la situación anterior, se diseña el cruce peatonal sobre el separador central con un alineamiento diagonal. El objetivo es que el peatón, al girar su cuerpo, aumente su campo de visión sobre su lado izquierdo que es de donde las bicicletas más próximas vendrán. Se espera que una reacción inconsciente al ver de cara la ciclovia induzca al peatón a mirar a su derecha, hacia el otro sentido. Ya con ambos sentidos visualizados, el peatón podrá realizar su cruce de forma segura.

La anterior medida, sin embargo, no carga de responsabilidad únicamente al peatón. También se contempla que en dicho tramo la vegetación tenga una altura menor a 70 cm con el fin de que los ciclistas tengan una visión completa del cruce.



**Figura 7.10** – Intersección de Av. M. Cornejo, Ca. Río Huaura y Jr. Saturno. Actual y proyectado

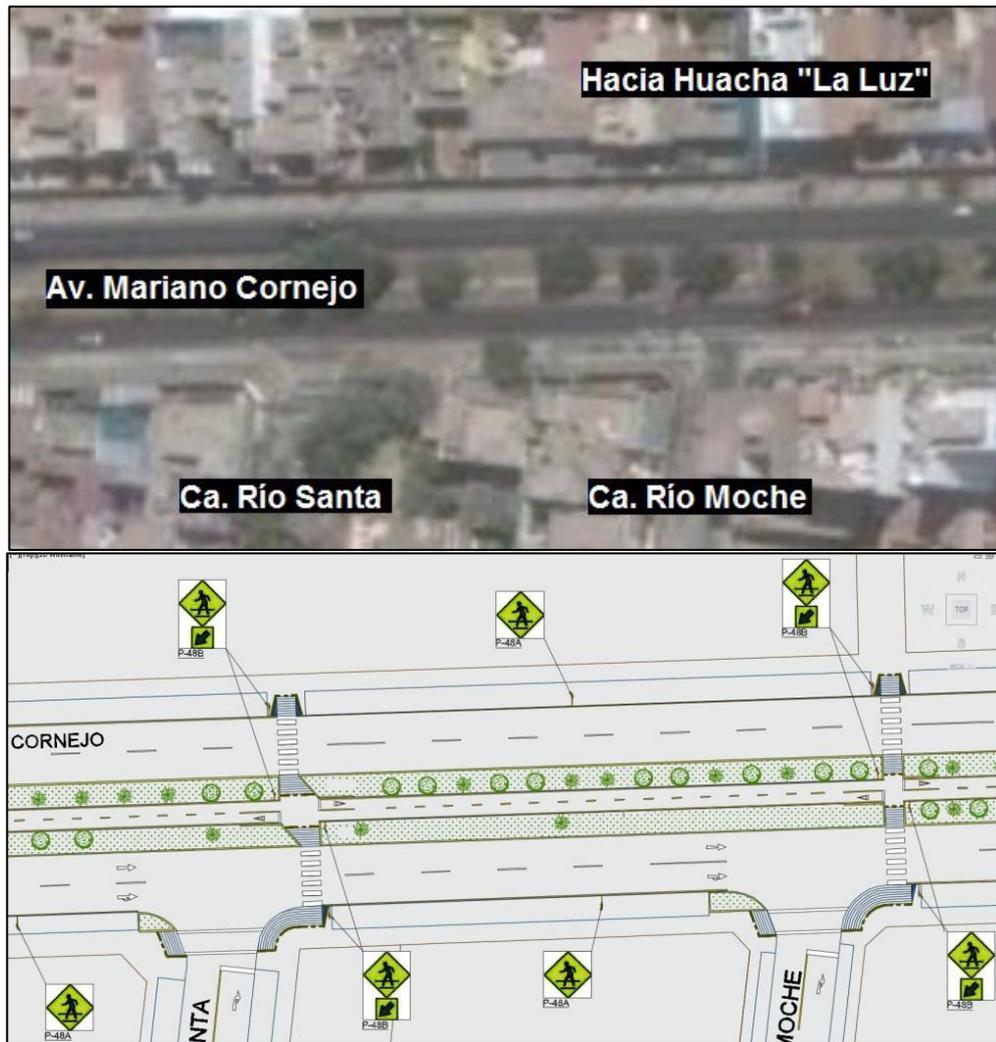
Fuente: Elaboración propia y extraído de Google Maps

Por otra parte, se observa que tras pasar el Jr. Saturno, la ciclovía mueve su alineamiento hacia el norte de forma permanente. El tramo posterior a dicha calle escapa del alcance de este proyecto, sin embargo se considera conveniente la medida pues los árboles más altos y mayores pasan de estar de los extremos al medio del separador central. Sin embargo, este alineamiento hará inevitable la tala o traslado de algunos pocos árboles jóvenes que se encuentran sobre la vía sugerida.

Entre otras medidas han sido reforzadas la señalización vertical y horizontal y se han incorporado baldosas podotáctiles y sardineles de parada según lo descrito en el primer acápite de este capítulo.

#### **7.6.4. Intersecciones de Av. Mariano Cornejo con Cl. Río Santa, Cl. Río Moche y Pasaje hacia Huaca “La Luz”**

Para estas intersecciones se introducen dos cruceros peatonales en cada calle con el fin de formalizar el deseo de pase transversal sobre la avenida. Uno de estos corresponde en geometría al descrito en el acápite anterior, el otro no ha sido adaptado a dicho uso pues se ha dado mayor importancia a la línea de deseo peatonal que va del Pasaje de la Huacha “La Luz” a la Calle Río Moche.



**Figura 7.11** – Intersección de la Av. Mariano Cornejo con la Ca. Río Santa, Ca. Río Moche y Pasaje de la Ca. Marte. Actual y proyectado

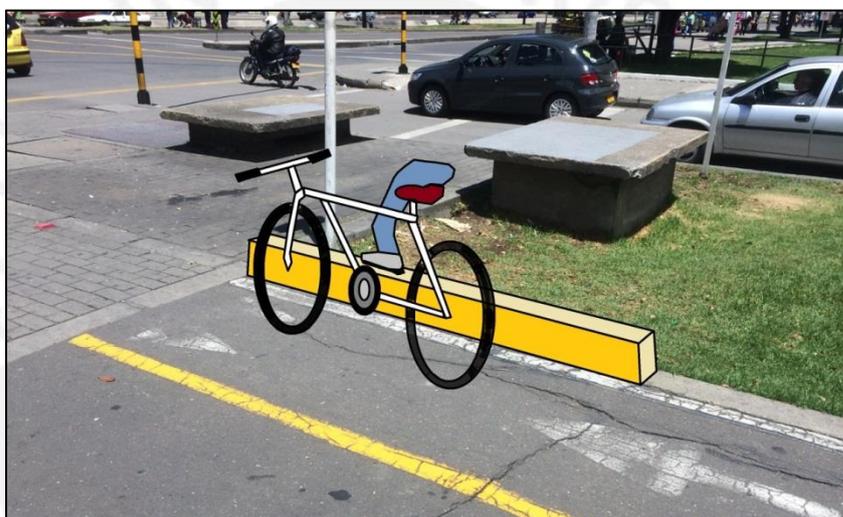
Fuente: Elaboración propia y extraído de Google Maps

### 7.6.5. Sardineles de parada

El sardinel de parada busca reafirmar la zona de acumulación de ciclistas mediante la habilitación de un dispositivo cómodo que sirva como tercer apoyo durante parada. Esta medida surge para cubrir una necesidad básica pero ignorada de los ciclistas. Estos, al detenerse buscan siempre tener tres apoyos en piso para equilibrarse, dos de estos son las llantas y un tercero es un pie. En muchos casos, los ciclistas deben desmontar para que su pie pueda llegar al suelo y esto los lleva a inclinar la bicicleta y mantener una

posición que no solo es incómoda sino que también demora su arranque. Asimismo, se observa que siempre que los ciclistas cuentan con una vereda cerca se apoyan en esta por comodidad. Por tanto, esta medida se implementa tras la línea de parada hasta cuatro metros atrás con el fin de fortalecer la zona de espera mediante la apelación inconsciente a la comodidad de los ciclistas.

La medida será incorporada en las paradas de la ciclovía. Estas corresponden a los cruces con las siguientes vías: Calle Santa Bárbara, Avenida Santa Gertrudis, Calle Río Santa, Calle Río Moche, Calle Río Huaura y Jirón Saturno. Para mayor detalle revisar los planos.

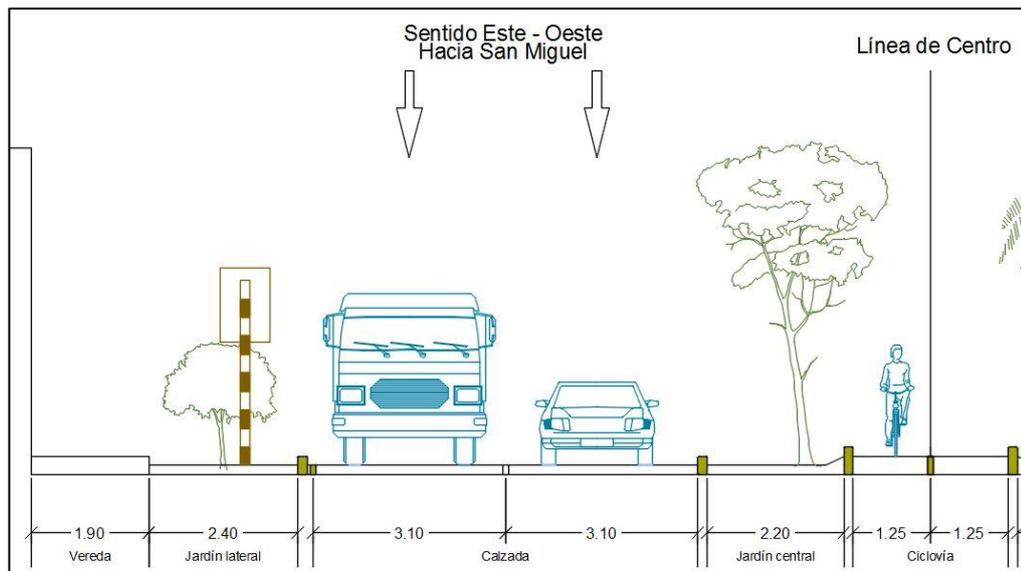


**Figura 7.12** – Funcionamiento del sardinel de parada

Fuente: Elaboración propia

#### **7.6.6. Derecho de vía típico**

Conforme a lo evaluado en el Acápite “6.3. Solución 3: Ciclovía al centro del separador central” se ha desarrollado un diseño a detalle de la sección típica conforme a medidas normadas y recomendadas.



**Figura 7.13** – Derecho de vía típico con Línea de centro como Eje de simetría

Fuente: Elaboración propia

Se observa en la Figura 7.13 que las medidas de la sección se encuentran dentro de los parámetros de un diseño aceptable. Asimismo, se observa que los árboles que bordean la ciclovía no deberán ser removidos. Sin embargo, siempre será necesario revisar que los arbustos en los jardines laterales próximos a una señal vertical mantengan una altura tal que no comprometan la visibilidad de las mismas.

Por otra parte, se hace notar que en ningún tramo la ciclovía es acompañada con bancas. Esta restricción responde a que el grupo de usuarios para el cual se ha diseñado esta vía no corresponde al de peatones y, por tanto, estos no deberían transitar por este espacio. Si bien no puede restringirse su paso de forma efectiva, si se puede desmotivar mediante la omisión de facilidades como en este caso lo son las bancas.

## Capítulo 8: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El proyecto, como se ha explicado antes, tiene el potencial de cambiar tanto en volumen como en proporción el uso para transporte que se le da a esta vía. Sin embargo, al igual que en cualquier sistema, es indispensable que sus componentes sean de calidad y logren integrarse de forma ordenada. A continuación se presentan las conclusiones relacionadas al proyecto así como las recomendaciones para conseguir la mencionada integración de los componentes

### 8.1. Conclusiones

El proyecto desarrollado no solo soluciona problemas de desplazamiento presentes en la avenida Mariano Cornejo, sino que también pone a prueba las herramientas propuestas por el *HCM 2010* y las introduce como metodología para la comparación de propuestas. Asimismo, este proyecto también demuestra la viabilidad de replicar el derecho de vía de la avenida Salaverry a lo largo de otras similares en la ciudad. Estas y otras conclusiones se desarrollan a continuación.

#### 8.1.1. Problemas solucionados

Los conflictos entre ciclistas y vehículos motorizados sobre la calzada han sido solucionados mediante la segregación de sus vías y el diseño de un alineamiento y cota de ciclovía tal que los giros vehiculares no representan un riesgo para los ciclistas. Asimismo, el desplazamiento de las personas con movilidad reducida se ha visto favorecido mediante la implementación de rampas con baja pendiente, separadores centrales a nivel y baldosas podotáctiles. Por otra parte, la señalización vertical y horizontal se ha visto reforzada o implementada en todas las situaciones requeridas por norma y según los patrones establecidos en esta.

El tapado de huecos en calzada y la creación de una fase para la Calle Alameda Astral dentro del ciclo semafórico de la intersección de las avenidas Mariano Cornejo y Santa Gertrudis escapa de los diseños presentados. Sin embargo, se insta a que dichas acciones sean ejecutadas junto al proyecto para que este pueda presentar un desempeño óptimo.

### **8.1.2. Diagrama de Flujo de Tres Etapas y HCM 2010 como metodología para rediseños viales urbanos**

El proyecto se ha desarrollado mediante el seguimiento de pasos ordenados y presentados en un Diagrama de Flujo de Tres Etapas, Figura 4.3. Estas etapas son el Análisis vial, el Planteamiento y Evaluación de soluciones, y el Diseño de detalle; y están compuestas a su vez por pasos intermedios. El procedimiento, a pesar de ser simple, ha permitido el desarrollo exitoso del proyecto por lo que se recomienda su uso para rediseños afines.

Por otra parte, el uso del *HCM 2010* para evaluar Niveles de Servicio no en función a grados de saturación y cantidad de carriles, sino a dimensiones, disposición y entorno sobre la infraestructura resulta novedoso y exitoso. El autor concluye en que es imperativa la incorporación de las herramientas del *Chapter 17: Urban Street Segments* en todo proyecto que requiera evaluar la mejora de un derecho de vía para todos sus usuarios, tanto motorizados como no motorizados.

### **8.1.3. Niveles de Servicio de Segmentos para Peatones y Bicicletas. Análisis, comparación y extrapolación de resultados**

Los resultados obtenidos tras evaluar los Niveles de Servicio de un Segmento para Peatones y Ciclistas son los presentados en la Tabla 8.1. Para fines prácticos no se comparan los puntajes, sino las calificaciones teniendo en cuenta la conversión presentada en la Tabla 4.3.

**Tabla 8.1** – Comparación de Niveles de Servicio de Segmento según casos

Fuente: Elaboración propia

| Caso                                 | NdS Ciclovía |              | NdS Vereda Norte |              | NdS Vereda Sur |              |
|--------------------------------------|--------------|--------------|------------------|--------------|----------------|--------------|
|                                      | Puntaje      | Calificación | Puntaje          | Calificación | Puntaje        | Calificación |
| Estado Actual                        | 5.03         | F            | 2.68             | B            | 2.68           | B            |
| Solución 2.<br>Carrera 11,<br>Bogotá | 2.61         | B            | 2.72             | B            | 2.71           | B            |
| Solución 3. Av.<br>Salaverry, Lima   | -1.30        | A            | 2.72             | B            | 2.72           | B            |

El proyecto desarrolla un derecho de vía similar al de la Av. Salaverry, Lima, pues este se mostró superior tanto respecto al estado actual como al de la Carrera Once, Bogotá. Respecto al estado actual, la vía pasó de prestar un Nivel “F” para ciclistas a un Nivel “A”. Respecto al derecho tipo Carrera Once, dicha solución presenta un Nivel “B” mientras que la desarrollada, un Nivel “A”. Las veredas, tanto norte como sur, para todos los casos presentan un aceptable Nivel “B” a causa de la ausencia de modificaciones importantes.

La mayoría de puntajes presentan resultados mayores a cero y menores a siete por lo que se consideran normales. No obstante, el Nivel de Servicio de la ciclovía para la Solución 3 - Av. Salaverry presenta un valor por debajo de cero, “-1.30”. Este no es coherente con los resultados matemáticos esperados según el *HCM 2010*, sin embargo, se acepta a criterio del proyectista. El *HCM 2010* introduce en su ecuación la Variable “*W1*” para representar la distancia entre la ciclovía y la calzada vehicular, y asume para esta valores propios de un separador. Sin embargo, al existir un jardín de 1.85 m el valor de la variable crece más allá de los parámetros usuales, afecta el puntaje final y conlleva a una calificación muy positiva.

La aplicación de un derecho de vía similar al de la Av. Salaverry resultó exitosa sobre una sección de veintinueve metros de ancho por lo que se concluye que este resultado se puede extrapolar a otras vías con un derecho de vía similar al de la Av. Mariano Cornejo. Sin embargo, es necesario que se evalúe el impacto ambiental de la medida teniendo en cuenta el nuevo

balance que se produce al remplazar jardines que amortiguan el impacto de las emisiones, por ciclovías que serán usadas por nuevos usuarios que anularán sus emisiones asociadas como conductores o pasajeros de vehículos motorizados.

A continuación se presentan algunas vías de Lima con un derecho de vía similar al desarrollado en este proyecto en donde la medida resultaría exitosa. Estas son las siguientes: Av. De los Precursores (San Miguel), Av. Faustino Sánchez Carrión, ex Pershing (Magdalena del Mar); Av. César Vallejo (Lince); Av. Roca y Boloña, ex Casimiro Ulloa (Miraflores); Av. Alejandro Velasco Astete (Santiago de Surco) y Av. Aviación (Surquillo).

#### **8.1.4. Cambios de alineamientos para peatones y ciclistas, y sardineles de parada como elementos innovadores**

El proyecto incorpora medidas menores de infraestructura novedosas para las ciclovías de Lima. Estas son el cambio de alineamiento para peatones y ciclistas, y los sardineles de parada. Si fuesen ejecutadas en el proyecto presente o en otros a futuro se recomienda dar seguimiento a las medidas para comprobar su utilidad y acogida.

El cambio del alineamiento de la ciclovía es propuesto en la intersección de las avenidas Mariano Cornejo y Santa Gertrudis con el fin de disminuir los bloqueos por parte de vehículos sobre la ciclovía. Asimismo, ha sido diseñado con un ancho suficiente tal que los vehículos en sentido este – oeste no representen un riesgo para los ciclistas que transcurran en sentido opuesto, y brinda un espacio suficiente para que los vehículos que giren hacia la avenida Santa Gertrudis puedan hacerlo sin bloquear el paso de los que continúan derecho.

El cambio del alineamiento del cruce peatonal sobre el separador central se da en los cruces de la Av. Mariano Cornejo con las calles Río Huaura y Río Moche. Este tiene por objetivo volver al peatón consciente del flujo

bidireccional ciclista por medio de la inducción a movimientos corporales y percepciones subconscientes.

El sardinel de parada es otra medida innovadora que facilita la acumulación de los ciclistas tras la línea de parada. Este facilita el equilibrio de los ciclistas mientras están detenidos por lo que se espera que se sitúen siempre al costado de estos. Se concluye así que esta medida cubrirá la necesidad de estabilidad del ciclista, inducirá al respeto de las líneas de parada y evitará que los ciclistas usen las vías peatonales como zona de espera y acumulación.

## **8.2. Recomendaciones**

A continuación se presentan recomendaciones tanto para el óptimo desenvolvimiento del proyecto como para el desarrollo integrado con su entorno.

### **8.2.1. Poda programada de vegetación**

Como se observa en la Figura 8.1, la vegetación de la vía puede representar un problema para la visibilidad de las señales si esta no se poda periódicamente. Es por tanto indispensable para mantener la calidad de la vía que se ejecuten podas programadas de acuerdo al crecimiento típico de las plantas circundantes.

A criterio del autor, se recomienda que los arbustos próximos a cruces peatonales tengan una altura menor a 80 cm para permitir la visibilidad de un peatón infante. También se recomienda que la vegetación no invada la parte superior de la vía a una altura menor a 225 cm (MT Colombia, 2016).



**Figura 8.1** – Problema de visibilidad de señal en ciclovía de Carrera 13, Bogotá

Fuente: Fotografía propia

### **8.2.2. Clausura permanente del canal del separador central**

En el Acápite “7.2. Referencias para la selección del pavimento de la ciclovía” se discutieron las ventajas de emplear asfalto en lugar de adoquines para el pavimento de la ciclovía. Varias ventajas se plantean en la Tabla 7.8; sin embargo, una de las mayores se hace notoria al tener en cuenta la recomendación de Ayres y Kelkar. Estos investigadores sostienen que el pavimento no debería presentar desniveles mayores a 13 mm para ser seguro para vehículos con ruedas menores.

Los pavimentos de adoquines, dada su configuración no trabada y heterogénea, suelen presentar con mayor frecuencia desniveles diferenciales respecto a los asfálticos. Por tanto, es necesario para un buen servicio de la ciclovía que esta esté constituida de asfalto. Bajo esta premisa se vuelve imperativo que se clausure de forma permanente el canal a fin de evitar futuros trabajos que comprometan a la vía proyectada.

### 8.2.3. Adaptación del proyecto a toda la Av. Mariano Cornejo

La Av. Mariano Cornejo, desde su inicio en el óvalo Pedro Ruiz hasta su final en la Av. Universitaria, cuenta con una sección típica de medidas similares a las trabajadas en el proyecto. Por tanto, se considera que el diseño tiene el potencial para ser adaptado a toda la avenida. Será, sin embargo, necesario que dicho diseño total se adapte a las características propias de cada tramo como lo son la ubicación de los árboles o la existencia de estructuras en el separador central como se observa en la Figura 8.2.



**Figura 8.2** – Baños públicos en el cruce de Av. Mariano Cornejo con Jr. Talavera

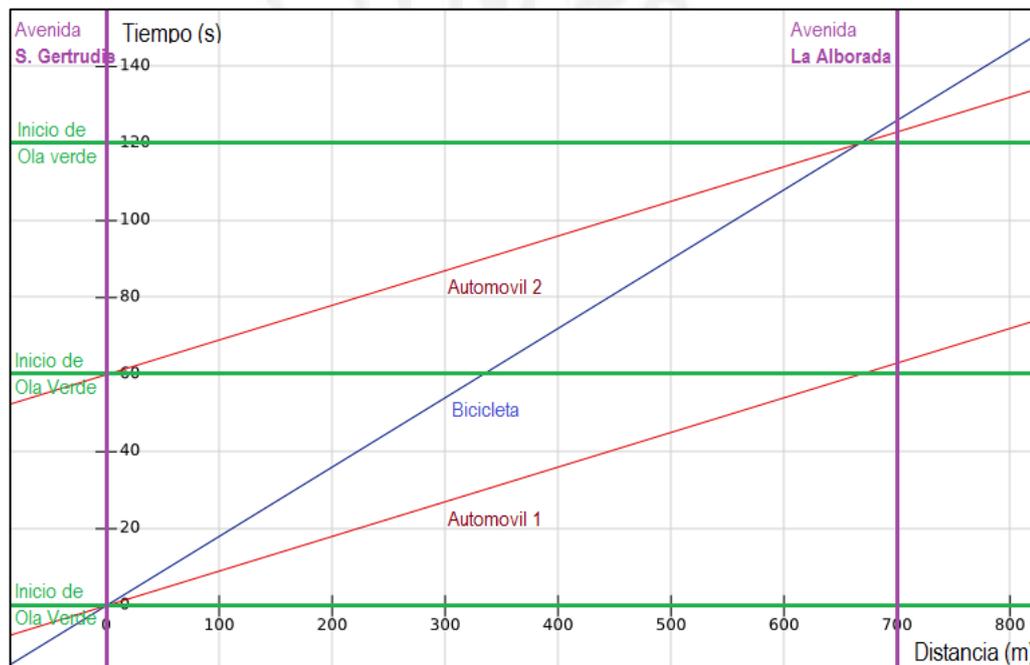
Fuente: Fotografía propia

### 8.2.4. Sincronización de semáforos de las intersecciones de Av. Mariano Cornejo con las avenidas Santa Gertrudis y La Alborada

La sincronización de los semáforos de dos o más intersecciones se realiza con el fin de dar fluidez al tráfico que transita sobre una vía. Usualmente, el modo de transporte motorizado es aquel para el cual se diseñan los semáforos de toda una vía. Sin embargo, el ciclo semafórico de la intersección desarrollada en el proyecto tiene el potencial de relacionarse

con el próximo del cruce con la Av. La Alborada a fin de favorecer tanto a automóviles como a ciclistas.

Es necesario analizar con detenimiento los valores con el fin de comprobar que la sincronización, también conocida como “Ola verde”, no solo es sugerente sino también viable. Considérese que de un cruce a otro hay 700 metros, que la velocidad de desplazamiento de una bicicleta es de 20 kph (5.56 m/s) (MT Colombia, 2016) y la de diseño de los automóviles, 40 kph (11.11 m/s). Para simplicidad del cálculo no se considera el tiempo de reacción y aceleración, y el comportamiento es uniforme.



**Figura 8.3** – Análisis cinemático M.U. de móviles en Av. Mariano Cornejo

Fuente: Elaboración propia

Si para los datos anteriores se desarrollasen ciclos coordinados de 60 segundos, ambos modos de transporte podría cruzar ambas intersecciones sin detenerse. La Figura 8.3 presenta un Análisis Cinemático del comportamiento de dos automóviles y una bicicleta. El Automóvil 1 y la bicicleta parten de Av. Sta. Gertrudis a un tiempo 0 s y el Automóvil 2 parte de la misma posición con 60 segundos de desfase. Como se observa, el

Automóvil 1 cruzará por Av. La Alborada justo al inicio de otra ola verde. Por otra parte, el Automóvil 2 y la bicicleta cruzarán por la Av. La Alborada para la apertura de un nuevo ciclo verde a poco más de 120 segundos.

En conclusión, la Figura 8.3 muestra que es viable sincronizar ambos semáforos con ciclos de un minuto de tal forma que ambos modos se vean favorecidos. La medida planteada no solo es deseable sino también viable.

### 8.2.5. Incorporación de ciclovías colectoras en avenidas Santa Gertrudis, La Alborada, Alejandro Bertello, entre otras

La ciclovía proyectada tiene el propósito de conectar zonas residenciales con focos de atracción de viajes mediante la generalización del proyecto para toda la Av. Mariano Cornejo. Sin embargo, para potenciar dicho propósito es necesario que se incorporen ciclovías de penetración que acerquen a los residentes a una malla segura y de largo alcance mediante el uso de ciclovías colectoras en las zonas netamente residenciales.

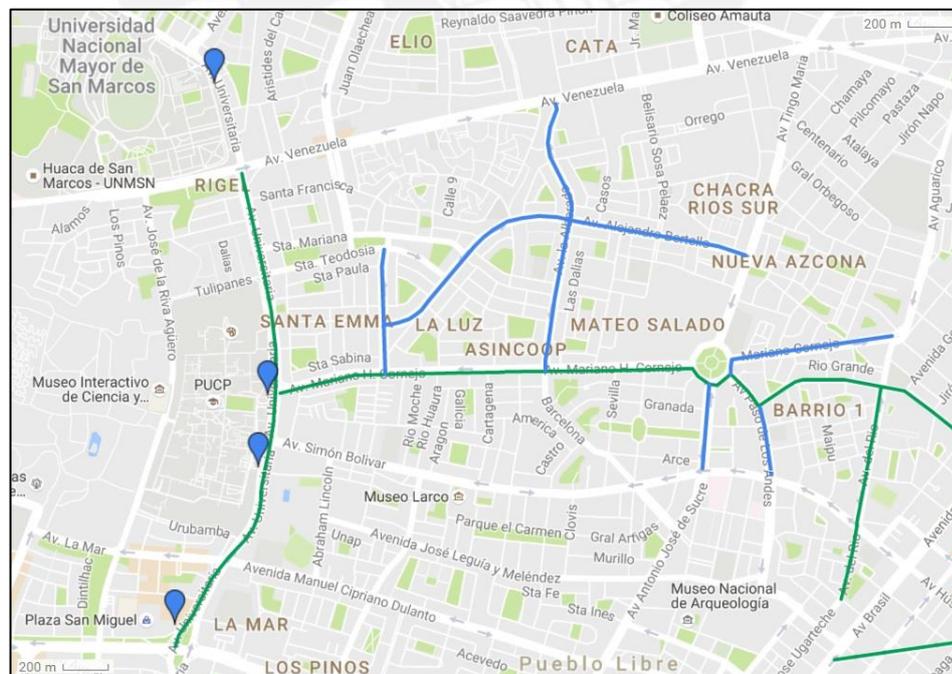


Figura 8.4 – Posibles vías colectoras hacia la Av. Mariano Cornejo

Fuente: Elaboración propia

Se considera que el tráfico de las calles que rodean a la Av. Mariano Cornejo es de bajo volumen y velocidad lenta por lo que no es necesaria intervención física alguna. Sin embargo, para el caso de las avenidas, sin bien estas presentan bajos flujos, los vehículos tienen las condiciones necesarias para superar los 30 kph y, por consiguiente, disuadir a usuarios, en palabras de Dill y McNeil, “Interesados pero preocupados”.

Las condiciones anteriores presentan viable como anteproyecto la implementación de nuevas ciclovías que alimenten a la proyectada e induzcan el cambio modal en usuarios de la tercera categoría de Portland. Las avenidas donde el proyecto podría replicarse a causa de su similar ancho y distribución del derecho de vía son las observadas en la Figura 8.4, estas son Santa Gertrudis, La Alborada, José de San Martín, Paseo de los Andes y Alejandro Bertello.

#### **8.2.6. Mejora de cicloinfraestructura para acceder a focos de atracción de Av. Universitaria**

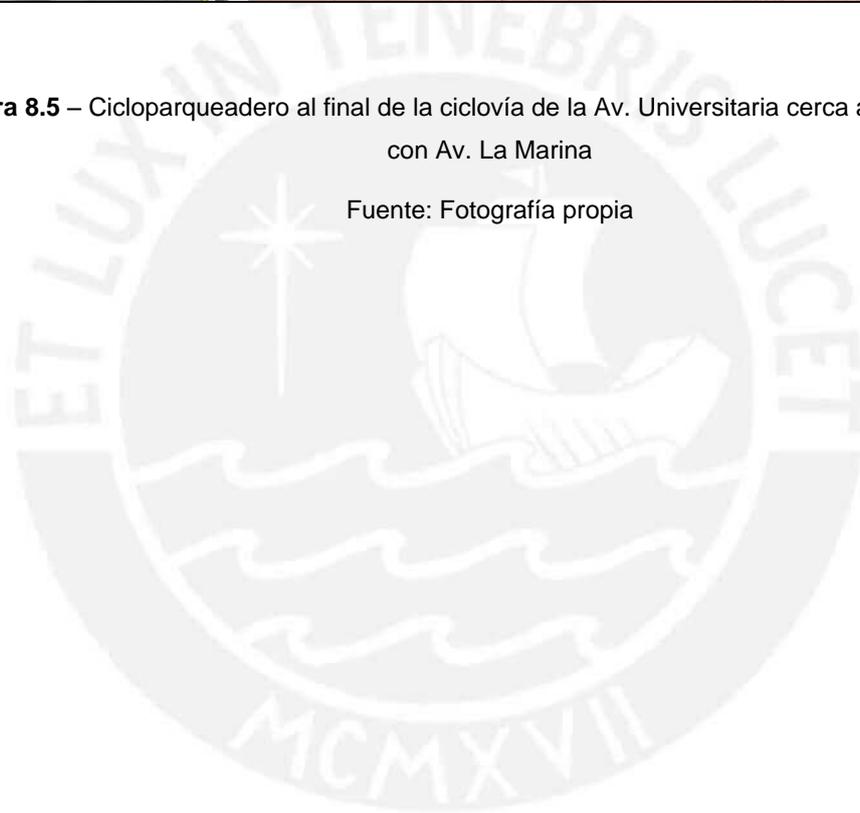
En el acápite anterior se resalta la importancia de acercar las vías a los diversos usuarios presentes en los orígenes de viaje. Sin embargo, también es necesario fortalecer las vías y los destinos para que los viajes puedan ser concretados. El proyecto actual se debe complementar específicamente con el mejoramiento del pavimento de la ciclovía de la Av. Universitaria, así como con la introducción, aumento y/o vigilancia de cicloparqueaderos en los destinos de Plaza San Miguel, Pontificia Universidad Católica del Perú y Universidad Nacional Mayor San Marcos.

La Figura 8.5 muestra un síntoma del estado actual de la mencionada cicloinfraestructura sobre la avenida Universitaria. A pesar de ser un sábado temprano por la tarde, estar en perfecto estado y de estar ubicado cerca de Plaza San Miguel; el cicloparqueadero luce vacío. Sin embargo, no es para menos pues este, como también se aprecia, carece de vigilancia alguna.



**Figura 8.5** – Cicloparqueadero al final de la ciclovía de la Av. Universitaria cerca a la intersección con Av. La Marina

Fuente: Fotografía propia



## **BIBLIOGRAFÍA: ACADÉMICA, LEGAL Y ESTADÍSTICA**

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ (2014)

*Guía para el diseño de vías urbanas para Bogotá D.C..* Versión 1. Bogotá, Colombia. Instituto de Desarrollo Urbano en colaboración con Universidad Nacional de Colombia y Banco de Desarrollo de América Latina

AYRES, T.J. y KELKAR, R. (2006)

*Sidewalk potential trip points: A method for characterizing walkways.* Volume 36, Issue 12. International Journal of Industrial Ergonomics. Elsevier

DESPACIO (2016)

*Análisis de la intervención en la Carrera 11.* Autoría atribuida a Carlos Pardo, Lina Quiñones, José López y Juan Prado. Bogotá, Colombia

DEXTRE; Juan y AVELLANEDA, Pau (2014)

*Movilidad en zonas urbanas.* Lima, Perú. 1ra edición. Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú

DEXTRE, Juan; HUGHES, Mike; y BECH, Lotte (2015)

*Ciclistas y ciclismo alrededor del mundo: Creando ciudades vivibles y bicicleteables.* Lima, Perú. 1ra edición en español. Fondo Editorial de la Pontificia Universidad del Perú

DILL, Jennifer y MCNEIL, Nathan (2012)

*Four types of cyclist? Examining a typology to better understand bicycling behavior and potential.* Presentation and Publication at the 92<sup>nd</sup> Annual Meeting of the Transportation Research Board

DIRECCIÓN DE ESTADÍSTICA ANR (2011)

*Datos estadísticos universitarios.* Lima, Perú. Dirección de Estadística – Asamblea Nacional de Rectores

DIRECCIÓN DE INFORMÁTICA PUCP (2015)

*Datos académicos: Comunidad universitaria.* Lima, Perú. Dirección de Informática – Oficina de Estadística. Pontificia Universidad Católica del Perú

DOCK, Frederick; BOCHNER, Brian y GREENBERG, Ellen (2004)

*Multimodal Framework for Context-Based Design of Major Urban Thoroughfares.* Washington D.C.. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, No 1890

INEN - SERVICIO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN (2015)

*Norma Técnica Ecuatoriana 2854: Accesibilidad de las personas al medio físico.* Quito, Ecuador. Aprobado por la Subsecretaría de Calidad del Ministerio de Industrias y Productividad.

INSTITUTO DE POLÍTICAS PARA EL TRANSPORTE Y EL DESARROLLO y EMBARQ (2012)

*Vida y muerte de las autopistas urbanas.* Investigación atribuida a Juan Pablo Bocarejo, Maria Caroline LeCompte y Jiangping Zhou.

KARATAS, Pinar y TUYDES-YAMAN, Hidiye (2015)

*A Pairwise Comparison of Different Pedestrian Level of Service (PLOS) Ratings.*

LANDIS, Bruce; VATTIKUTI, Ventak; OTTENBERG, Russell; MCLEOD, Douglas y GUTTENPLAN, Martin (2001)

*Modeling the Roadside Walking Environment: Pedestrian Level of Service.* Washington D.C. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, No 1773

LEE, Chris; ABDEL-ATY, Mohamed; PARK, Juneyoung; y WANG, Jung-Han (2015)

*Development of crash modification factors for changing lane width on roadway segments using generalized nonlinear models.* Accident Analysis and Prevention. Elsevier

LIMA COMO VAMOS (2017)

*Encuesta Lima cómo vamos 2016: VII Informe de percepción sobre calidad de vida.* Lima. Lima como vamos: Observatorio ciudadano

MINISTERIO DE TRANSPORTE DE COLOMBIA (2016)

*Guía de ciclo-infraestructura para ciudades colombianas.* Bogotá DC, Colombia. Editores Despacio y Gea21

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES DE PERÚ (2011)

*Reductores de velocidad tipo resalto para el sistema nacional de carreteras (SINAC).* Dirección General de Caminos y Ferrocarriles. Viceministerio de Transporte. Lima, Perú.

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES DE PERÚ (2013)

*Manual de Carreteras. Diseño geométrico.* Dirección General de Caminos y Ferrocarriles. Viceministerio de Transporte. Lima, Perú.

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES DE PERÚ (2016)

*Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras.* Dirección General de Caminos y Ferrocarriles. Viceministerio de Transporte Lima, Perú.

MINISTERIO DE VIVIENDA, CONTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO DE PERÚ (2011)

*Norma GH.020: Componentes de diseño urbano.* Lima, Perú

NATIONAL ASSOCIATION OF CITY TRANSPORTATION OFFICIALS (2014)

*Urban Bikeway Design Guide.* 2da edición. Nueva York, EE.UU.

ORTUZAR, Juan de Dios y WILLUMSEN, Luis (2011)

*Modelling transport.* 4ta edición. Chichester, Reino Unido. Editorial Wiley.

PUCHER, John; DILL, Jennifer y HANDY, Susan (2010)

*Infrastructure, programs, and policies to increase bicycling: An international review*. EE.UU. Elsevier: Preventive medicine

SÁNCHEZ, Odón; SILVA, José; ORDOÑEZ, Carol; CARLOS, José; ANGULO, José; CHAVEZ, José; ALIAGA, Rulman; VEGA, Fiorella; y BRÍOS, Andrés (2014)

*Evaluación de la calidad del aire en Lima Metropolitana 2012*. Lima, Perú. Dirección General de Investigación y Asuntos Ambientales. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología

TAM, Eduardo (2014)

*Plan Maestro de Ciclovías para el Área Metropolitana de Lima y Callao*. Lima, Perú. Facultad de Ingeniería. Repositorio Académico de la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas

TRANSPORTATION RESEARCH BOARD OF THE NATIONAL ACADEMIES (2010)

*Highway Capacity Manual 2010*. Washington DC. Estados Unidos

TRANSPORTATION RESEARCH BOARD OF THE NATIONAL ACADEMIES (2009)

*National Cooperative Highway Research Program. Web-only Document 128: Multimodal Level of Service Analysis for Urban Streets: Users Guide*. Oakland, California. Dowling Associates, Inc.

TRANSPORTATION RESEARCH BOARD OF THE NATIONAL ACADEMIES (2008)

*National Cooperative Highway Research Program. Report 616: Multimodal Level of Service Analysis for Urban Streets*. Washington DC. Estados Unidos

## REFERENCIAS PERIODISTICAS

ANDINA (2012)

*Habilitan nueva ciclovía que une Pueblo Libre con los distritos de Jesús María y Lince.* Publicado el 24 de marzo del 2012

CORREO (2015)

*Ciclovía de 11 Km unirá Cercado de Lima y San Miguel.* CARUAJULCA, Aurora. Publicado el 20 de octubre del 2015

LA REPÚBLICA (2012)

*Los centros comerciales con la mayor facturación anual en el Perú.* QUISPE, Magda. Publicado por el Diario La República el 12 de octubre del 2012

RADIOPROGRAMAS DEL PERÚ (2016)

*Serenazgo de tres distritos se une ante ola de asaltos a estudiantes.* Publicado el 17 de mayo del 2016

