UNIVERSIDAD PERUANA DE CIENCIAS APLICADAS

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL

Diseño Geométrico de la Interconexión de las ciclovías de la Av. Angélica Gamarra y Av. Industrial para Garantizar la Continuidad de la Red Vial.

TESIS

Para optar el Título Profesional de : Ingeniero Civil

AUTOR

Quipuscoa Vega, Anais Marianella (0000-0001-7364-0031)

Vega Pala, Tabatha Nannette (0000-0002-4460-5744)

ASESOR DE TESIS

Ing. Fernando Castro Aragón (0000-0001-7638-5961)

Lima, 25 Mayo del 2018

Dedicatoria

A nuestras amadas familias por su apoyo incondicional, por todo el esfuerzo y las palabras de aliento que nos brindaron durante estos años en la universidad.

Agradecimiento

Sobre todo agradezco a Dios. A nuestro asesor, Fernando Castro Aragón, por su apoyo y por compartir su conocimiento y su experiencia para la culminación del presente trabajo. A nuestros profesores de la UPC, que nos prepararon y ayudaron en nuestro desarrollo profesional y personal en estos años.

Resumen

La importancia de generar un nuevo sistema de movilización urbana ha concluido en la utilización de la bicicleta como opción de medio de transporte sostenible. En la actualidad, Lima presenta 150 km de ciclovías establecidas; sin embargo, el principal problema de éstas, son la falta de funcionalidad, planificación y deficiencia en el diseño geométrico de la interconectividad entre ellos.

Por lo tanto, el objetivo principal es identificar las ciclovías con las deficiencias mencionadas y seleccionar dos de ellas, con el fin de realizar el diseño geométrico de la interconexión y asegurar la continuidad. En este caso, las ciclovías seleccionadas se encuentran ubicadas en los distritos de Los Olivos, San Martín de Porres e Independencia.

En ausencia de normas estandarizadas en el diseño geométrico de ciclovías en el País; se tomará como referencia, y se adaptará a la zona de estudio las normas de los países como España, México, Chile y Colombia. Además, se realizará la recolección, procesamiento y análisis de datos obtenidos en campo con el fin de escoger la adecuada infraestructura de acuerdo a la oferta y demanda del lugar. Luego, se procederá a realizar los cálculos necesarios para el planteamiento del diseño geométrico y serán dibujados en planos debidamente acotados. Finalmente, se plantearán las conclusiones y recomendaciones que relacionen los capítulos desarrollados y la situación actual observados en la zona.

Palabras clave: ciclovía, diseño geométrico, intersección, tráfico, transporte no motorizado.

Abstract

The importance of generating a new system of urban mobilization has ended in including the bicycle as a means of transport to the citizens. Actuality, Lima has fifteen hundred kilometers of bicycle lanes but these present problems of interconnectivity and a deficient geometric design.

Therefore, the main objective is to identify the bike lanes with the mentioned deficiencies and select two of them, in order to perform the geometric design of the interconnection and ensure continuity. In this case, the selected bicycle lanes are located in the districts of Los Olivos, San Martín de Porres and Independencia.

In the absence of standardized norms in the geometric design of bicycle lanes in the Country; the norms of countries such as Spain, Mexico, Chile and Colombia will be taken as a reference and will be adapted to the study area. In addition, the collection, processing and analysis of data obtained in the field will be performed in order to choose the appropriate infrastructure according to the supply and demand of the place. Then, we will proceed to perform the necessary calculations of the geometric design and will be drawn in properly bounded planes. Finally, the conclusions and recommendations that relate the developed chapters and the current situation observed in the area will be considered.

Keywords: bikeway, geometric design, intersection, traffic, non-motorized transport.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCION	12
CAPÍTULO I: PRESENTACIÓN DE LA TESIS	13
1.1 Planteamiento del Problema.....	13
1.2 Hipótesis.....	14
1.3 Fundamentación	14
1.4 Alcance.....	16
1.5 Objetivos	16
1.5.1 Objetivo General	16
1.5.2 Objetivo Específico.....	16
1.6 Indicadores de Logro	17
1.6.1 Indicadores de Oferta	17
1.6.2 Indicadores de Demanda	17
1.6.3 Indicadores de Diseño Geométrico	17
1.7 Delimitación.....	17
1.7.1 Delimitación Geográfica	17
CAPÍTULO II : MARCO TEÓRICO	19
2.1 Crecimiento poblacional y la necesidad de movilizarse	19
2.1.1 Congestión	20
2.1.2 Inseguridad Vial	21
2.2 Comparativo del uso de bicicleta y vehículo motorizado	22
2.3 Ciclovías en Lima Metropolitana.....	23
2.3.1 Ciclovías existentes.....	23
2.3.2 Problemas encontrados en ciclovías actuales.....	24
2.3.3 Proyectos de ciclovías futuros.....	26
2.4 La bicicleta como vehículo	28
2.4.1 Tipos de infraestructura para bicicleta	30
2.5 Diseño Geométrico de ciclovías	32
2.5.1 Principios Básicos en el diseño de una ciclovía.....	32
2.5.2 Parámetros a tener en cuenta.....	33
2.5.3 Criterios de adaptación a personas con discapacidad	34

2.5.4 Criterios de adaptación al entorno.....	34
2.5.5 Criterios Geométricos	34
2.5.5.1 Ancho de las ciclovías.....	34
2.5.5.2 Velocidad de Diseño	38
2.5.5.3 Radios de curvatura y Distancia de Parada.....	38
2.5.5.4 Sobreancho de ciclovías.....	40
2.5.5.5 Pendiente de ciclovías.....	41
2.5.5.6 Diseño de Intersecciones.....	42
2.5.6 Pavimentos:.....	44
2.5.6.1 Tipos de pavimentos	44
2.5.6.2 Estructura de la Pavimentación.....	46
2.5.7 Aspectos de Seguridad.....	47
2.5.7.1 Señales Horizontales	47
2.5.7.2 Señales Verticales	55
2.5.7.3 Señales Complementarias	58
2.5.8 Estacionamientos de bicicletas.....	59
CAPÍTULO III: DESARROLLO DE LA TESIS	61
3.1 Estudio del Área de Influencia.....	61
3.1.1 Ubicación del proyecto	61
3.1.2 Características demográficas.....	63
3.1.3 Características físicas.....	66
3.1.4 Identificación de las modalidades del transporte	67
3.1.5 Perfil del Ciclista (Demanda).....	69
3.1.6 Estudio de Origen y Destino	70
3.1.7 Generación de viajes por motivo	71
3.1.8 Distribución de modos de transporte	72
3.1.9 Identificación de Puntos Favorables y Desfavorables	73
CAPÍTULO IV : PROYECCIÓN Y PRONÓSTICO DE TRÁNSITO FUTURO	75
4.1 Demanda Futura.....	75
CAPÍTULO V : PROPUESTA DE DISEÑO GEOMÉTRICO DE CICLOVÍA .	83
5.1 Ancho de las Ciclovías.....	83
5.2 Velocidad de Diseño	84

5.3 Radios de Curvatura y Distancia de Parada	85
5.4 Sobreancho de Ciclovía.....	86
5.5 Pendiente de ciclovía	88
5.6 Diseño de intersecciones	88
5.7 Pavimentación.....	89
5.7.1 Estructura de la pavimentación	89
5.7.2 Pavimento de Concreto u Hormigón.....	90
5.8 Señalización:	90
5.9 Ciclo Estaciones	91
5.9.1 Lugares Recomendados	92
CAPITULO VI	94
6.1 CONCLUSIONES	94
CAPITULO VII	96
7.1 RECOMENDACIONES	96

ÍNDICE DE IMÁGENES

Figura 1: Ciclovías existentes en Lima	13
Figura 2: Uso de la ciclovía en la Av. Saénz Peña como estacionamiento.....	15
Figura 3: Falta de Continuidad.....	15
Figura 4: Delimitación de Zona de Estudio	18
Figura 5: Distancia recorrida en hora punta con diferentes sistema de transporte en Lima	21
Figura 6: Av. Dos de Mayo con Av. Las Palmeras.....	25
Figura 7: Invasión de carril de ciclovía.....	25
Figura 8: Proyectos de Ciclovías en Lima	26
Figura 9: Infraestructura Vial Actual y Proyección al 2035	27
Figura 10: Red Ciclovial Proyectada al año 2035.....	28
Figura 11: Bicicleta Montañera.....	29
Figura 12: Bicicleta de paseo con y sin canastilla.....	29
Figura 13: Bicicleta BMX.....	30
Figura 14: Clasificación Territorial las Ciclovías	32
Figura 15: Espacio de Operación de una bicicleta	35
Figura 16: Ancho de Ciclovía Unidireccional	35
Figura 17: Ancho de la ciclovía en sentido bidireccional con sardineles de $H < 10$ cm	36
Figura 18: Ancho de ciclovía bidireccional con sardinel de $H > 10$ cm.....	36
Figura 19: Ancho de ciclovía bidireccional con obstáculos laterales	37
Figura 20: Ancho de ciclovía bidireccional en túneles	37
Figura 21: Radio de Curvatura en función del peralte y la velocidad de diseño ..	39
Figura 22: Distancia de visibilidad en curvas horizontales.....	40
Figura 23: Ciclovía en Separador Central en cruce con vía de doble sentido de circulación.....	52
Figura 24: Ciclovía en Separador Central en cruce con vía en un solo sentido....	52
Figura 25: Aplicación de Pintura verde	54
Figura 26: Tachas Blancas	54
Figura 27: Detalle de las señalizaciones verticales	56
Figura 28: Cambio de rasante brusco en calle	59

Figura 29: Bicicleta parqueada en estacionamiento.....	60
Figura 30: Estacionamientos para bicicletas con protección	60
Figura 31: Zonificación del área de estudio.....	66
Figura 32: Av. Industrial con Av. Pacífico	68
Figura 33: Av. Universitaria	68
Figura 34: Estación Pacífico del Metropolitano.....	69
Figura 35: Distribución de la cantidad de encuestados.....	71
Figura 36: Distribución de viajes por motivo	71
Figura 37: Distribución de modos de transporte	72
Figura 38: Porcentaje de aceptación del proyecto.....	72
Figura 39: Poste de alta tensión en Av. Angélica Gamarra	73
Figura 40: Mal uso de carriles.....	73
Figura 41: Intercambio Vial en Av. Angélica Gamarra.....	74
Figura 42: Estacionamientos para bicicletas en el área de estudio	74
Figura 43: Diagrama de Barras de cantidad de bicicletas en 1 semana	76
Figura 44: Imagen de área de influencia de la ciclovía.....	79
Figura 45: Evolución del Parque automotor	81
Figura 46: Crecimiento exponencial vehicular	81
Figura 47: Espacio de Operación de una bicicleta	83
Figura 48: Detalle de Pavimento en la ciclovía	90
Figura 49: Ubicación de estaciones recomendadas y estación implementada.....	93

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Distancias entre puntos de Atracción.....	18
Tabla 2: Densidad poblacional por distritos, 2015.....	20
Tabla 3: Diagrama de Barras de muertos por accidentes de tránsito 2003-2014..	22
Tabla 4: Comparativo entre el uso de la bicicleta y vehículo motorizado	23
Tabla 5: Diseño de las Rutas.....	31
Tabla 6: Velocidad de Diseño en función de la pendiente.....	38
Tabla 7: Relación de Velocidad-Radio	39
Tabla 8: Sobreancho de acuerdo a la pendiente y longitud.....	40
Tabla 9: Sobreancho de acuerdo al radio de curvatura	41
Tabla 10: Pendientes máximas.....	42
Tabla 11: Tipos de pavimentos y características.....	45
Tabla 12: Condiciones del Agregado	46
Tabla 13: Distancia de riesgo para la colocación de señales	55
Tabla 14: Longitud y anchos de las ciclovías existentes en área de estudio.....	63
Tabla 15: Datos demográficos de la INEI por distritos en el año 2013 y 2015	64
Tabla 16: Datos estadísticos de población 2011-2015.....	64
Tabla 17: Proyección de la Población fines del año 2016	65
Tabla 18: Proyección de la Población al año 2021	65
Tabla 19: Distribución de niveles socioeconómicos en Lima.....	66
Tabla 20: Clasificación de Vías Urbanas	67
Tabla 21: Cantidad de usuarios encuestados por edades	69
Tabla 22: Encuestas origen-destino	70
Tabla 23: Distribución de Viajes Origen-Destino.....	71
Tabla 24: Conteo de Bicicleta en 7 días.....	76
Tabla 25: Cálculo de Habitantes	79
Tabla 26: Personas que se movilizan por la ruta.....	80
Tabla 27: Radios de Giro de acuerdo a Velocidad de Diseño.....	85
Tabla 28: Distancia de visibilidad en curvas horizontales.	86
Tabla 29: Sobreanchos de ciclovías por radio de curvatura.....	87
Tabla 30: Radios de Giro y Sobreanchos.....	87
Tabla 31: Condiciones del Agregado.....	89

Tabla 32: Número de espaciamientos para estaciones 92

INTRODUCCION

La presente investigación desarrolla un sistema de interconexión de las ciclovías actuales en Lima-Norte; con el objetivo de incrementar el uso de la bicicleta como sistema de transporte. El aspecto principal a tomar en cuenta es la seguridad y continuidad vial. Por ello, se consultó el uso de Manuales Internacionales de Diseño Geométrico de Ciclovías y adaptarlos a la zona de estudio.

El objetivo principal de la investigación es realizar el diseño geométrico de la interconexión de dos ciclovías ubicadas en la Av. Universitaria y en la Av. Bolognesi. Asimismo, se incluye en el diseño un tramo ubicado en la Av. Industrial con la Av. Pacífico; la propuesta a realizar unirá tres distritos de Lima-Norte: Los Olivos, San Martín de Porres e Independencia, cuyos distritos son los más poblados en Lima y pertenecen a los niveles socioeconómicos B y C.

Dentro del marco teórico, se define los conceptos de movilidad urbana, relación del crecimiento de la ciudad en los últimos años y el uso de la bicicleta como sistema de transporte sostenible. Se inicia el desarrollo de la tesis con la delimitación del área de estudio, puntos de atracción de acuerdo a la oferta - demanda y descripción de aspectos geométricos de las ciclovías existentes. Posteriormente, se desarrolla la proyección y pronóstico de tránsito futuro y por último la propuesta del diseño geométrico de la ciclovía

CAPÍTULO I: PRESENTACIÓN DE LA TESIS

1.1 Planteamiento del Problema

El aumento del tráfico en los últimos años ha crecido directamente proporcional al crecimiento de la población Limeña y como efecto nuevos lugares de concentración y largos desplazamientos. Recientemente se fomenta el uso de la bicicleta como medio de transporte sostenible, ya que se observa beneficios ambientales, económicos y sociales. Existen 55 ciclovías en Lima Metropolitana pero, éstas no se encuentran interconectadas como se puede observar en la Figura N°1. La falta de interconexión de las ciclovías impide al usuario la movilización continua como transporte. Por lo tanto, buscar nuevas formas de movilizarnos es factible siempre y cuando sea seguro, viable y accesible.

Figura 1: Ciclovías existentes en Lima

Fuente: Ciclovías de Lima

1.2 Hipótesis

Se realizará una propuesta justificada de interconexión de ciclovías, con el fin de realizar una nueva alternativa de transporte en los distritos de San Martín de Porres, Los Olivos e Independencia. El proyecto en propuesta reducirá el problema de transporte en la zona de estudio y la gran parte de la comunidad se beneficiará con la ciclovía.

1.3 Fundamentación

En la encuesta Nacional de Hogares realizado en el año 2013, el 30% de personas en Lima tiene bicicleta, mientras que solo el 16.5% tiene auto. Sin embargo, la bicicleta no es el medio de transporte más usado, ya que la falta de continuidad de la red vial no incentiva al usuario a movilizarse en bicicleta.

Las principales causas son la ausencia de normas estandarizadas para el diseño geométrico, la falta de planificación en la infraestructura vial y la falta de reconocimiento a la bicicleta como medio de transporte por ejemplo, el gran porcentaje de carriles existentes para el transporte en bicicleta son invadidas por vehículos privados utilizando el espacio como estacionamiento y como consecuencia obstruyendo el paso al ciclista, uno de los casos en Lima es ubicado en la Av. Sáenz Peña como lo demuestra la Figura N°2, de la misma manera se puede observar en la Figura N°3 el caso de la ciclovía de la Av. Arequipa la cual no presenta continuidad después del Cruce con Av. Javier Prado.

Figura 2: Uso de la ciclovía en la Av. Saénz Peña como estacionamiento

Fuente: Nicolacci , 2012

Figura 3: Falta de Continuidad

Fuente: Nicolacci, 2012

1.4 Alcance

El alcance de la siguiente investigación, se desarrollará lo siguiente:

- Dentro del marco teórico, definir los conceptos de movilidad urbana, la relación del crecimiento de la ciudad urbana en los últimos años, criterios geométricos e identificar problemas encontrados en ciclovías existentes en Lima.
- Delimitar el área de estudio y sus puntos de atracción.
- Diagnóstico del estudio de Origen y Destino, y cálculo de Demanda Futura.
- Proponer un diseño geométrico de la ciclovía en base al análisis del Manual de Diseño Geométrico de España México, Chile y Colombia.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo General

El objetivo de la presente tesis es realizar la interconexión de dos ciclovías ubicadas en la intersección de la Av. Universitaria con la Av. Angélica Gamarra hasta la Av. Bolognesi y luego realizar un tramo de ciclovía hasta la Av. Industrial con Av. Pacífico.

1.5.2 Objetivo Específico

- Revisar bibliografías existentes en base a los conceptos de diseño geométrico de ciclovías.
- Realizar encuestas de origen y destino en el área de estudio.
- Desarrollar el diseño geométrico de la ciclovía en los tramos Av. Angélica Gamarra e Industrial.
- Identificar los puntos de atracción que se encuentren dentro de la zona de estudio.
- Calcular la demanda futura de los ciclistas que usarán la ciclovía propuesta

1.6 Indicadores de Logro

1.6.1 Indicadores de Oferta

- Realizar la medida de ancho de carril.
- Realizar fotografías del estado actual de las ciclovías existentes.
- Los planos deben mostrar la situación actual de la ciclovía existente con medidas reales, tomadas en campo.
- Los planos deberán mostrar las longitudes y pendientes de la ciclovía.

1.6.2 Indicadores de Demanda

- El trabajo de campo se llevara a cabo con los aforos de las bicicletas y encuestas realizadas origen-destino.

1.6.3 Indicadores de Diseño Geométrico

- Para la realización del diseño geométrico de la ciclovía se utilizará como fuente las siguientes normas:
- Manual Integral de movilidad ciclista para ciudades modernas (México)
- Manual de Diseño para Infraestructura de Ciclovías (Lima)
- Manual de Diseño de Ciclorutas (Bogotá)
- Recomendaciones de Diseño para las vías ciclistas (Andalucía)
- Manual de viabilidad urbana REDEVU (Chile).

1.7 Delimitación

1.7.1 Delimitación Geográfica

La zona de estudio de investigación está limitada entre la intersección de la Av. Universitaria con la Av. Angélica Gamarra hasta la Av. Bolognesi y Av. Industrial con la Av. Pacífico en la Zona Norte de Lima. La ciclovía se extiende entre una zona residencial y una zona comercial. El tramo de la ciclovía mostrada en la Figura

Nº4 tiene una longitud total de 3.7 km y presenta puntos de atracción tales como; Centros Comerciales, Institutos, Colegios, Mercados Mayoristas y parques Zonales.

Figura 4: Delimitación de Zona de Estudio

Fuente: Google Maps

En la Tabla Nº1 se visualiza las distancias entre ellos y al punto más cercano de la ciclovía

Puntos de Atracción a la ciclovía	Distancia (m)	Puntos de Atracción entre ellos	Distancia (m)
Conzac	36.32	Inicio de ciclovía-Conzac	1130
Estadio Guadalupano	23.47	Conzac-Estadio Guadalupano	738.1
Columbia/Inteci	65.84	Estadio Guadalupano-Columbia/Inteci	184.25
Plaza Norte	490.25	Columbia/Inteci-Plaza norte	369.62
Senati	32.76	Plaza Norte-Senati	915.25
Usil	15.96	Senati-Usil	311.16
Megaplaza	63.56	Usil-Mega Plaza	154.85

Tabla 1: Distancias entre puntos de Atracción

Fuente: Google Maps

CAPÍTULO II : MARCO TEÓRICO

2.1 Crecimiento poblacional y la necesidad de moverse

El territorio Peruano se ha subdividido en zonas donde se diferencian por espacios especializados (comercio, ocio, servicio, etc.) atrayendo usuarios y generando movilidad. De acuerdo al autor *Manuel Herce* movilidad se entiende al conjunto de desplazamientos de personas en la ciudad para satisfacer un deseo o necesidad y estos desplazamientos son realizados en diferentes sistemas de transporte tales como; automóvil, transporte público, bicicleta o a pie.

En la actualidad, la movilidad es un problema evidente en el sistema de transporte a consecuencia de dos procesos identificados; el primero es el consumo del suelo urbano para el transporte es decir, el aumento de las distancias entre actividades atrae cada vez más desplazamientos motorizados y el segundo proceso es la especialización de los usos del suelo, en otras palabras, la tendencia de identificar que cada vez más espacios sirven para un único tipo de servicio u actividad : oficinas, vivienda, universidad o centros comerciales en consecuencia, cada vez es más necesario tener que desplazarse de un punto de interés a otro. La movilidad y el crecimiento poblacional en el Perú es un problema importante para el sistema de transporte, ya que el incremento es tanto departamental como distrital. De acuerdo a los últimos reportes del INEI, el Perú tiene 31 millones 151 mil 643 habitantes y se proyecta que llegará a los 33 millones de habitantes en el año 2017. En el caso de Lima tiene el 32% de la población nacional en su departamento siendo 8 millones 890 mil 792 habitantes; en las últimas encuestas del año 2015 se identificó los distritos con mayor población las cuales son: San Juan de Lurigancho y San Martín de Porres. En la Tabla N° 2 se observa los últimos datos estadísticos según la INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática).¹

¹ Cfr. Instituto Nacional de Estadística e Informática (2015). Visible en : https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1251/Libro.pdf

Tabla 2: Densidad poblacional por distritos, 2015

Fuente: INEI 2015

Las escasas políticas que regulen y favorezcan la planificación urbana ordenada, han afectado la facilidad de acceso urbano. La poca inversión en infraestructura para caminar y usar bicicleta ha generado el incremento de redes para vehículos motorizados.

También, se puede demostrar que el desarrollo orientado al uso del automóvil ha ocasionado congestión, inseguridad vial, problemas de salud y contaminación ambiental.

2.1.1 Congestión

Debido a las mayores distancias se demandan más viajes y para satisfacerlos se invierte en mayor infraestructura, principalmente, concentrada en las necesidades del automóvil. “Esto beneficia a una minoría que, al poco tiempo, termina generando más viajes motorizados, saturando así el espacio disponible y en consecuencia dificultando el desplazamiento de todos” (Thomson 2002).

El transporte motorizado es el menos eficiente en el uso del espacio por persona, ya que mientras más autos circulan en las vías, menos personas podrán acceder al espacio provisto. De acuerdo a la comparación entre los medios de desplazamientos de una persona en Lima, se obtuvo los siguientes resultados mostrados en la Figura

Nº5 en la cual, nos demuestra que un vehículo viaja en promedio de 12 o 22 km en una hora, a pie 6 km y una persona en bicicleta viaja 25 km.

En conclusión la congestión ha generado grandes retrasos, además aumenta y hace impredecibles los tiempos de viaje.

Figura 5: Distancia recorrida en hora punta con diferentes sistema de transporte en Lima
Fuente: Cicloviasdelima.com

2.1.2 Inseguridad Vial

La inseguridad vial es un problema evidente no solo a nivel local sino también en el ámbito nacional. En las encuestas del Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC) en abril del 2015 demuestra que el promedio de 2 387 personas fallecidas son causadas por accidentes de tránsito en la zona urbana, los datos recopilados son desde el año 2003 al 2014 demostrados en la Tabla Nº3.

Tabla 3: Diagrama de Barras de muertos por accidentes de tránsito 2003-2014.

Fuente: Boletín Informativo N°2 de la Asociación Cruzada Vial

2.2 Comparativo del uso de bicicleta y vehículo motorizado

En el “Manual de Viabilidad de Ciclo Inclusiva- Chile” los beneficios en el uso de la bicicleta son la eficiencia y fiabilidad en la movilidad. Diversos estudios y ejercicios han demostrado que la bicicleta es el modo de transporte más rápido y eficiente en viajes de hasta 5 kilómetros. Además, es bastante competitivo hasta el umbral de los 7-10 km”.

En la Tabla N° 4 se observa el comparativo entre el uso de la bicicleta y vehículos motorizados como sistema de transporte y movilidad:

Beneficios	Bicicleta	Vehículo Motorizado
Economía	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Bajo costo de adquisición y de mantenimiento 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Es muy costoso tanto su adquisición como su mantenimiento.
Autonomía	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Escoger la ruta y distribuir el tiempo en los desplazamientos, como mejor convenga 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Se debe organizar el tiempo según el recorrido del micro y depende de su ruta.
Medio Ambiente	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Bajo impacto ambiental 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Genera mucho ruido y contaminación en el aire.
Espacio Público	<ul style="list-style-type: none"> ▪ El costo para construcción de un kilómetro de ciclo vía es 5 veces menor que el de una calle para vehículos motorizados. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cada vez es menor y cuesta más el espacio y público donde estacionarse.
Conservación del Paisaje	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Poco sacrificio de áreas naturales para su construcción. ▪ Consume energía renovable. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Transforma el paisaje y quita la sensación de calma y tranquilidad.
Salud	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ejercita el cuerpo mientras uno se desplaza 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ No exige ningún tipo de actividad física. ▪ Consume energía no renovable.

Tabla 4: Comparativo entre el uso de la bicicleta y vehículo motorizado

Fuente: Manual de Viabilidad Ciclo Inclusiva-Chile

2.3 Ciclovías en Lima Metropolitana

2.3.1 Ciclovías existentes

Actualmente existen 55 ciclovías en los más de 11 distritos, con una longitud total de 150 km que fueron construidas en las 3 últimas gestiones municipales. Los distritos con mayor infraestructura de ciclovías tenemos a Miraflores, San Borja, Jesús María, Los Olivos, Callao, y también existen distritos que pese a la gran cantidad de habitantes no cuentan con una red de ciclovías; por ejemplo, el distrito de San Juan de Lurigancho que su infraestructura ciclovía no llega ni a 500 metros pese a contar con más de millón de habitantes.²

² Diario El Comercio

Entre las ciclovías más conocidas tenemos al de las Avenidas Colonial (Callao), Canta Callao, Miraflores (desde el Parque Kennedy hasta Larcomar y luego extendiéndose por el Malecón de la Reserva), en el Circuito de Playas, además, están las ciclovías de la Av. Mariátegui en Jesús María, la Av. Salaverry y la del Jr. San Cristóbal en la Victoria. Sin embargo, existen otras que no tienen continuidad con ninguna y otras carecen de sentido en su diseño. La ciclovía más extensa es la Av. Universitaria que fue construida hace más de 20 años, con una longitud de 14 km aproximadamente que actualmente se encuentra en estado de abandono.

2.3.2 Problemas encontrados en ciclovías actuales

Los principales problemas son la falta de continuidad, interconexión y funcionalidad de las ciclovías. Según el Plan Metropolitano de Desarrollo Urbano de Lima y Callao (PLAM), solo el 6% de las ciclovías son usadas por los ciclistas.

Asimismo, basándonos en conceptos de diseño sobre ciclovías podemos referenciar al *Manual de Diseño de Ciclovías del Minvu* en Chile donde nos recomiendan 3 requisitos técnicos para que una ciclovía pueda ser funcional:

1. Los materiales deben cumplir con las especificaciones y su condición debe ser apta para el uso en ciclovías, por ejemplo; espesores mínimos de los pavimentos.
2. Durante la ejecución del proyecto se deberá prever las condiciones que afectan directamente al proyecto durante el transcurso del tiempo que dure, por ejemplo, condiciones climatológicas.
3. Controles de calidad de los procesos y de los materiales³.

El primer punto de los requisitos, se centra en los lineamientos geométricos que se debe tomar en cuenta, los problemas en el diseño inicia cuando no existe la correcta estandarización y buena regulación de lo que está permitido o no, y se comete el error desde conceptos básicos como hacer una ciclovía en doble sentido en una avenida de una dirección o la falta de uniformidad de las medidas de los carriles.

Entre los lugares con mayores deficiencias de infraestructura es la Av. Dos de Mayo con Av. Las Palmeras, en donde podemos observar en la Figura N°6 y N°7, el diseño de la ciclovía pone en riesgo al ciclista, ya que la ciclovía invade los

³ Ministerio de Vivienda y Urbanismo de Chile 2015

carriles ocupados por los automóviles con un pobre diseño y así poder rodear al grifo existente.

Figura 6: Av. Dos de Mayo con Av. Las Palmeras

Fuente: El Comercio

Otro ejemplo, se encuentra en la Av. Dos de Mayo (cuadra 7) y la Calle Las Palmeras en San Isidro (Figura N°7) la ciclovía no es pegada a la vereda por lo tanto, disminuye el espacio del carril destinado a los vehículos motorizados.

Figura 7: Invasión de carril de ciclovía

Fuente: El comercio

2.3.3 Proyectos de ciclovías futuros

Como proyectos a futuro se plantea llegar a 300 kilómetros a fines del 2018 y luego a 500 kilómetros en el 2021 refirió Jenny Samanez presidenta de la Embajada Peruana de Ciclismo. En la Figura N°8 se puede ver los próximos proyectos de ciclovías en Lima.

Figura 8: Proyectos de Ciclovías en Lima

Fuente: Ciclovías en Lima

Por otro lado existe el Plan de Desarrollo Urbano Lima y Callao 2035, donde el objetivo principal de la Municipalidad Metropolitana de Lima es generar una red interconectada de transporte, donde se priorizará la red peatonal, el uso de bicicleta, y el transporte público.

En la Figura N°9 se observa un desorden en la infraestructura vial en la ciudad, al lado derecho vemos la meta proyectada para el año 2035 donde se ha minimizado significativamente este problema.

Figura 9: Infraestructura Vial Actual y Proyección al 2035

Fuente: Agencia Peruana de Noticias Andina

Como parte del Plan se preverá construir más infraestructura de ciclovías, por el incremento del uso de transporte no motorizado que pasó de 1% a 5%. En la Figura N°10 se muestra la red de ciclovías proyectada para el año 2035, y lo que se puede observar es la integración de redes y el plan para esto es comenzar haciendo redes locales, luego distritales y por último interdistritales. Con respecto a la inversión la Municipalidad Metropolitana de Lima (MML) planea invertir 7 300 000 de soles.

4

⁴ Plan de Desarrollo Urbano Lima y Callao 2035

Figura 10: Red Ciclovial Proyectada al año 2035

Fuente: Plan de Desarrollo Urbano Lima y Callao 2035 ciclovías existentes en Lima Metropolitana

2.4 La bicicleta como vehículo

La bicicleta es un vehículo de tracción humana, de bajo costo en su adquisición y mantenimiento, altamente eficiente en el consumo de energía y de bajo impacto por el espacio que requiere para circular y estacionarse. Además, no emite contaminantes al aire y produce muy poco ruido al circular.

Es necesario que los diseñadores de ciclovías conozcan las características de los vehículos ciclistas, es espacio que requieren para transitar y las velocidades que alcanzan, así como el comportamiento de los usuarios y las normas de tránsito aplicables para su circulación.

En Lima Metropolitana los tipos de bicicletas más utilizados son:

- Bicicleta montañera (Fig.Nº11)

Figura 11: Bicicleta Montañera

Fuente: Manual Integral de movilidad ciclista para ciudades Mexicanas-Tomo IV

- Bicicleta de paseo con canastilla y sin canastilla (Fig. N°12)

Figura 12: Bicicleta de paseo con y sin canastilla

Fuente: Manual Integral de movilidad ciclista para ciudades Mexicanas-Tomo IV

- Bicicleta BMX (Fig.Nº13)

Figura 13: Bicicleta BMX

Fuente: Manual Integral de movilidad ciclista para ciudades Mexicanas-Tomo IV

En términos de carga, casi el 50% de los ciclistas transportan algo en sus bicicletas, comúnmente en canastillas frontales. Frente a esta gran variedad de bicicletas se debe contemplar en el diseño geométrico de ciclovías en zonas urbanas.

2.4.1 Tipos de infraestructura para bicicleta

De acuerdo al Ministerio de Vivienda y Urbanismo del Gobierno de Chile esquematizan la circulación de las vías de acuerdo a los diferentes tipos de viabilidad ciclo-inclusiva de los cuales establecieron tres categorías según sus características físicas:

1. **Compartida:** El espacio de circulación vehicular es de uso común para todos los modos de transporte, motorizado y físicamente activos. Se aplican medidas de gestión e infraestructura para que la velocidad de circulación no supere los 30 km/h y los niveles de flujo vehicular motorizado sean inferiores a 2000 veh/día.
2. **Segregada o Ciclovía:** Parte de la calzada destinada al uso exclusivo de bicicletas, separadas del flujo motorizado dado que la velocidad de circulación supera los 30 km/h y el flujo de vehículos motorizados está sobre 2000 veh/día. Para las velocidades entre 31 y 50 km/h, se puede agregar únicamente con pintura. Velocidades superiores a los 50 km/h, demandan utilizar segregadores

físicos, independiente del nivel de flujo motorizado. En ambos casos la separación será de 50 cm mínimo.

3. **Verde o Independiente:** Vía cuyo trazado sirve exclusivamente a las necesidades de usuarios de la bicicleta o caminata. No contempla la circulación de vehículos motorizados. Son vías que siguen corredores verdes, parques lineales, riberas de ríos, lagos, bordes marítimos y/o brindan conexión interurbana o rural.

En el país de Bolivia, realizan los tipos de infraestructura de ciclovías de acuerdo al diseño de las rutas según el grado de separación del tráfico motorizado, a continuación se puede a detalle en la Tabla N°5.

Tabla 3.1 Diseño de las Rutas Según el Grado de Separación del Tráfico Motorizado	
Vía Ciclista Segregada	Es una infraestructura de altas prestaciones separada físicamente del tráfico motorizado. Utilizada para rutas con gran intensidad. Atraen a ciclistas inexpertos porque ofrecen mayor seguridad, salvo en las intersecciones donde presentan niveles de accidentalidad mayor. Otro problema es que necesitan una mayor superficie.
Vía Ciclista Integrada ("carril bici")	Es un carril reservado para bicicletas dentro de la propia calzada. Son recomendadas donde existe alta intensidad de ciclistas en calles o carreteras con un tráfico motorizado moderado. El carril bici es una rápida y flexible solución para calles existentes ya que sólo necesitan marcas viales. Pueden ser una alternativa a la vía ciclista segregada cuando hay falta de espacio.
Ciclocalle	Es una manera de crear vías de tipo mixto, mezclando los ciclistas con el tráfico motorizado. Se sugiere la correcta posición del ciclista en la calzada mediante marcas viales horizontales (flechas o símbolos de bicicletas). Su función es mantener al conductor alerta de la posible presencia de ciclistas y, de esta forma, influenciar su comportamiento hacia un mayor respeto al usuario más vulnerable. Se utiliza en calles donde la intensidad del tráfico no permite una integración completa, siendo imposible reservar un espacio exclusivo a la bicicleta.
Calmado (o Templado) de Tráfico	Calles con baja intensidad del tráfico motorizado, pueden ser compartidas con las bicicletas con seguridad a través de intervenciones en el propio rediseño del espacio de la calle. La introducción de cambios de los rasgos visuales y sensoriales percibidos por el conductor (señalización, cambio de textura y color de la pavimentación, puertas o estrechamientos, información del lugar al que se accede, modificación del arbolado, la vegetación o el mobiliario urbano, etc.) inducen una transformación del comportamiento, provocando que la velocidad se reduzca por debajo de 30 km/h, proporcionando así un espacio con condiciones de seguridad aptas para el uso de la bicicleta, sin necesidad de infraestructura específica.

Tabla 5: Diseño de las Rutas

Fuente: PROBICI,2010

Es importante mencionar que en cada país el diseño, la tipología y la geometría de las ciclovías son distintas, ya que cada ciudad aplica medidas que se adapten a sus

propias condiciones, como la topografía, el espacio disponible en sus vías y los aspectos socioculturales de su población, así como otros factores que son particulares a cada ciudad.

2.5 Diseño Geométrico de ciclovías

La infraestructura vial ciclista es la combinación de vías para la circulación exclusiva o preferente de ciclistas: Intersecciones diseñadas apropiadamente, puentes, túneles y otros elementos de infraestructura vial, y dispositivos para el control del tránsito que permitan que los usuarios se desplacen de forma segura, eficiente y cómoda creando una red. Las vías para la circulación ciclista pueden ser urbana, interurbana, bidireccionales o unidireccionales según las condiciones del espacio urbano.

La identificación según la clasificación territorial es el aspecto técnico principal a realizar como se muestra en la Figura N°14

Figura 14: Clasificación Territorial las Ciclovías

Fuente: Recomendaciones de diseño para las vías ciclistas en Andalucía

2.5.1 Principios Básicos en el diseño de una ciclovía

Los principios básicos en el diseño de una ciclovía son los siguientes:

- **Trazo continuo:** Tener un trazo continuo nos ayudará a que el ciclista se mantenga en la ciclovía y así no poner en riesgo su seguridad invadiendo los carriles vehiculares.
- **Acceso y/o salida:** Se debe tener buen acceso y/o salida de cualquier calle para poder tener mayor maniobrabilidad y control
- **Capa de rodadura:** Debe contar con un diseño óptimo y confortable con materiales no propensos a causar dificultades a los usuarios.
- **Buena señalización:** Se debe contar con una buena señalización, no sólo para los ciclistas sino para los usuarios en general.
- **Evitar la obstrucción lo menos posible:** Según la pirámide de prioridades en vías urbanas, el peatón debe tener prioridad, es decir buscar su seguridad, para esto no se debe invadir las zonas peatonales.

2.5.2 Parámetros a tener en cuenta

En el diseño es necesario considerar una serie de parámetros que son importantes al momento de ejecutar la ciclovía tales parámetros son los siguientes:

- **Usuarios potenciales de la ciclovía:** Este parámetro va a ayudar a elegir el tipo de ciclovía a emplearse en la zona y además la velocidad de diseño.
- **Intensidad de tráfico de bicicletas:** Parámetro considerado en la elección del ancho de la ciclovía.
- **Intensidad de tráfico de peatones en zona peatonal o en la acera:** Influye en la elección de qué tipo de ciclovía sería más óptima de implementar en la zona de estudio.
- **Sección actual de la calle:** Se debe considerar las dimensiones actuales para la elección de la ciclovía, además de las dimensiones que debería presentar y cómo afectará esto a la sección actual.
- **Características generales del entorno:** Influye en el tipo de ciclovía a utilizarse en la zona de estudio y sus elementos de apoyo.

2.5.3 Criterios de adaptación a personas con discapacidad

Según este Plan Director de la Bicicleta de Zaragoza en tipo de ciclovías segregadas las personas con discapacidad. Para esto se debe tener en cuenta lo siguiente:

- En las partes que no haya escapatoria lateral, donde pudiera haber un cruce de un ciclista con la persona en silla de ruedas, el ancho mínimo será 1.50m.
- Si algún tramo no hay accesibilidad para personas que presentan discapacidad, deberá ser señalada.
- Se deberá evitar cruces con las veredas.
- Deberá haber elementos diferenciadores en cada frente vados peatonales, cruces de calles, en cruces de semáforo de tal manera que una persona invidente podrá diferenciarlas.

2.5.4 Criterios de adaptación al entorno

No se debe alterar el entorno donde se dispondrá la creación de la ciclovía teniendo en consideración al medio ambiente. Los siguientes criterios se deberán tener en cuenta para el proceso de diseño, ejecución y mantenimiento de la vía ciclable:

- Evitar utilizar pavimentos bituminosos
- Reducir el movimiento de tierras en el proceso de construcción.
- Considerar las estructuras que estuvieron antes de la ciclovía.

2.5.5 Criterios Geométricos

2.5.5.1 Ancho de las ciclovías

El espacio de operación serán las dimensiones promedio de una bicicleta siendo 1.5 m en una dirección y bidireccional 3 m, tal como se puede demostrar en la Figura N°15.

Figura 15: Espacio de Operación de una bicicleta

Fuente: Ciclovías y Biscendas UNC, 2014

De acuerdo al análisis realizado de los Manuales de Diseño Geométrico de los países de España, Colombia, México y Perú, el ancho de las ciclovías en los dos sentidos son los siguientes:

- En Sentido Unidireccional

El ancho recomendado para que un ciclista se desplace con comodidad en una ciclovía es de 1.50 m; sin embargo se añade 0.50 m para la circulación en paralelo (dos ciclistas) como se muestra en la Figura N°16.

Figura 16: Ancho de Ciclovía Unidireccional

Fuente: Plan Maestro de Ciclovías de Lima y Callao

- En Sentido Bidireccional

Para la circulación de dos ciclistas en sentido contrario el espacio necesario es 2.0 m. Sin embargo, depende también de los obstáculos laterales y las condiciones de los espacios adyacentes:

- Sardineles con altura inferior a 0.10 m → El ancho total de 2.50 m.

Figura 17: Ancho de la ciclovía en sentido bidireccional con sardineles de $H < 10$ cm

Fuente: Plan Maestro de Ciclovías de Lima y Callao

Sardineles con altura superior a 0.10 m → El ancho total de 3.00 m.

Figura 18: Ancho de ciclovía bidireccional con sardinel de $H > 10$ cm

Fuente: Plan Maestro de Ciclovías de Lima y Callao

Obstáculos laterales discontinuos (postes o árboles) → El ancho total de 3.50 m.

Figura 19: Ancho de ciclovía bidireccional con obstáculos laterales

Fuente: Plan Maestro de Ciclovías de Lima y Callao

Ciclovías en túneles → El ancho total de 4.00 m.

Figura 20: Ancho de ciclovía bidireccional en túneles

Fuente: Plan Maestro de Ciclovías de Lima y Callao

Se ha tenido en cuenta los factores que limitan la envolvente requerida para brindar seguridad y adaptación en el lugar para no requerir en realizar cambios bruscos en la oferta. Los factores que se tienen en cuenta son:

- Espacio para el vaivén mientras se pedalea (por inestabilidad, viento, nivel de habilidad, reacciones de sorpresa, etc.)

- Miedo a obstáculos por vegetación al nivel de la bicicleta.
- Miedo a obstáculos por objetivos fijos (postes, letreros, bolardos, árboles, etc.)
- Miedo a obstáculos por muro cerrado.

2.5.5.2 Velocidad de Diseño

La velocidad de diseño con la cual la ciclovía será diseñada determinará el radio, peralte de las curvas, mínimas distancias de señalización y el sobreancho de la ciclovía. En entornos urbanos planos, una velocidad de diseño de 30 km/h proporciona un margen de seguridad adecuado para un ciclista que viaja a una velocidad promedio de 20 km/hr. De acuerdo al Manual Integral de movilidad ciclista para ciudades modernas Tomo IV -(México) la velocidad de diseño variará de acuerdo a la pendiente de descenso como se muestra en la siguiente Tabla N°6

Velocidad de diseño en función de la pendiente de descenso			
Pendiente (%)	Longitud (metros)		
	25 a 75	75 a 150	>150
3 a 5	35 Km/hr	40 Km/hr	45 Km/hr
6 a 8	40 Km/hr	50 Km/hr	55 Km/hr
9	45 Km/hr	55 Km/hr	60 Km/hr
Adaptado de: Vélo Quebec, 2003.			

Tabla 6: Velocidad de Diseño en función de la pendiente

Fuente: Manual Integral de movilidad ciclista para ciudades Mexicanas-Tomo IV

2.5.5.3 Radios de curvatura y Distancia de Parada

Radio de curvatura: Es una de las características técnicas más importantes, y lo que se pretende en este caso es que al momento que se presenta curvas en la vías, estas no estén de tal forma que pongan en peligro al conductor, ya que al ser curvas más cerradas, es decir con radio de giro menor será más difícil manejar y si a esto le adicionamos mayor velocidad el ciclista se expone a algún accidente. En la Tabla N°7 se muestra el radio de giro en función de la velocidad de diseño como referencia.

V(km/h)	R(m)
12	3.3
15	4.0
20	5.2
30	7.6

Tabla 7: Relación de Velocidad-Radius

Fuente: Manual de Diseño de Infraestructura de Ciclovías Lima

En radios menores de 3 m, se recomienda señalar la curva como peligrosa; mientras que en radios de 2 metros o menores se recomienda que el ciclista desmonte de la bicicleta.

De acuerdo al Manual de Diseño es importante tener en cuenta los radios de curvatura en función del peralte y la velocidad de diseño tal como se muestra en la Figura N°21

Adaptado de: Instituto de Desarrollo Urbano, 1999.

Figura 21: Radio de Curvatura en función del peralte y la velocidad de diseño

Fuente: Manual Integral de movilidad ciclista para ciudades Mexicanas-Tomo IV

Distancia de parada:

Es aquella distancia que el ciclista necesita para detenerse completamente al observar un obstáculo. Esta distancia es una función del tiempo de la percepción y reacción del ciclista, del estado de la superficie, del coeficiente de fricción, de la pendiente y de la velocidad de diseño. En el caso de la velocidad de diseño se tomará 30km/h por motivos de seguridad y maniobrabilidad del ciclista, el tiempo de percepción ya está estandarizado en 2.5 seg, el coeficiente de rozamiento

longitudinal (f_l) es 0.25 para vías pavimentadas como será en este caso. En la siguiente Figura N°22 se analiza el valor de la distancia de parada en función de la pendiente.

Figura 22: Distancia de visibilidad en curvas horizontales

Fuente: Instituto de Desarrollo Urbano, Manual de Diseño de Ciclorutas, Plan Maestro de Ciclorutas para Santa Fé de Bogotá.

2.5.5.4 Sobreancho de ciclovías

En descensos los ciclistas deben contar con un espacio adicional para hacer correcciones en su trayectoria. De la misma forma, al ascender una pendiente, el ciclista necesita más espacio para circular en zigzag y mantener su balance. Es decir, las vías ciclista necesitan un sobreancho en zonas con pendientes, especialmente si son bidireccionales. La siguiente Tabla N°8 detalla el sobreancho requerido en la vía, dependiendo de la pendiente y la longitud.

Sobreancho de vía		
Pendiente (%)	Longitud (metros)	
	25 a 75	75 a 150
		>150
>3 y ≤5		0.20 m
>6 y ≤9	0.20 m	0.30 m
>9	0.30 m	0.40 m
		0.50 m

Adaptado de: Vélo Québec, 2003.

Tabla 8: Sobreancho de acuerdo a la pendiente y longitud

Fuente: Manual Integral de movilidad ciclista para ciudades Mexicanas-Tomo IV

En pendiente mayores al 9% se recomienda aumentar el ancho de la vía 0.60 m para permitir que los ciclistas menor experimentados puedan desmontar su bicicleta y continuar el trayecto a pie.

Cuando un ciclista toma una curva estrecha, éste se inclina al entrar, aumentando así el riesgo de colisión; por eso, la vía debe ser más ancha en el interior de la curva. Este sobreancho es una función del radio de la curva demostrado en la Tabla N°9.

RADIO DE CURVATURA	SOBREANCHO REQUERIDO (Pendiente entre 0% y 3%)
24 a 32 metros	250 mm
16 a 24 metros	500 mm
8 a 16 metros	750 mm
0 a 8 metros	1.000 mm

Tabla 9: Sobreancho de acuerdo al radio de curvatura

Fuente: Technical Handbook of Bikeway Design.

2.5.5.5 Pendiente de ciclovías

En referencia a las pendientes, al diseñar una vía ciclista hay dos aspectos a considerar:

1. El esfuerzo para ascender
2. La seguridad en los descensos

Al cumplir con los parámetros de pendientes en los ascensos, el ciclista no tiene que reducir la velocidad repentinamente, sobre todo si la pendiente se encuentra en una intersección; en los descensos, evita un desgaste inadecuado de los frenos o la pérdida de control de la bicicleta por parte del ciclista. Las pendientes máximas y deseables están calculadas en función del desnivel a superar. En la Tabla N°10 se visualiza un ejemplo.

Ejemplo de aplicación de pendientes máximas		
Desnivel que se debe superar (%)	Pendiente	
	Deseable (%)	Máxima (%)
2	5.00	10.00
4	2.50	5.00
6	1.70	3.30
Adaptado de: Instituto de Desarrollo Urbano, 1999.		

Tabla 10: Pendientes máximas

Fuente: Manual Integral de movilidad ciclista para ciudades Mexicanas-Tomo IV

2.5.5.6 Diseño de Intersecciones

Se denomina intersección al área en que dos o más vías se encuentran o se cruzan y al conjunto de plataformas y acondicionamientos que pueden ser necesarios para el desarrollo de todos los movimientos posibles o permitidos de vehículos y peatones. Las intersecciones son elementos de discontinuidad en cualquier red vial, por lo que representan situaciones críticas que hay que tratar específicamente, ya que las maniobras de convergencia, divergencia o cruce no son usuales en la mayor parte de los recorridos.

En general, partiendo de la prioridad del ciclista en las intersecciones y la seguridad de los usuarios se debe tener en cuenta, lo siguiente:

Las intersecciones constituyen un elemento esencial en el diseño de una red de vías ciclistas, ya que son puntos en los que se produce un conflicto entre los ciclistas, los peatones y los conductores de los vehículos a motor.

Por lo tanto, su correcto diseño no solo deberá contemplar la seguridad de los usuarios involucrados en la vía, también deberá atender a la comodidad y fluidez del itinerario ciclista.

Principios Generales:

Los principios generales para diseñar correctamente una intersección deberán ser:

- Suficiente espacio y correcta visibilidad para permitir que peatones, ciclistas y conductores de vehículos a motor se perciban unos a otros con suficiente tiempo para la prevención y para la reacción en caso necesario.
- Señalización clara y coherente que favorezca intuir correctamente las prioridades de los usuarios, limitándola a lo necesario y evitando incoherencias que lleven a decisiones incorrectas.

Tipos de Intersecciones:

La forma de la intersección y su regulación determinan las características de cada tipo de intersección y las posibilidades de implantar las vías ciclistas. Se distingue tres tipos básicos de intersecciones:

- Intersecciones vías ciclistas con red viaria
- Intersecciones en “T” o en ángulo
- Intersecciones convencionales (con giro a la izquierda)
- Glorietas

En estas intersecciones, si la ciclovía es unidireccional la intersección se tratará considerando la bicicleta como un vehículo más de la calzada.

Sí el carril es bidireccional, la bicicleta será tratada como un peatón, y en la intersección siempre buscará coincidir con un paso de peatones.

- Intersecciones vías ciclistas con red peatonal
- Paso de peatones sobre vías ciclistas
- Paradas de autobuses
- Contenedores y otros elementos de mobiliario urbano

En general, las intersecciones se diseñan según el tipo de vía ciclista instalado en sus tramos. Si en los ramales del cruce se ha optado por vías compartidas, es recomendable que los ciclistas compartan también la calzada en las intersecciones. Así mismo, si en los tramos existen bandas ciclistas segregadas, se suele mantener la segregación en la intersección.

2.5.6 Pavimentos:

Se considera pavimentos a la capa superficial de la vía que está en contacto directo con las llantas de la bicicleta. Es por esta razón, que se tiene que tener una serie de consideraciones para la elección del tipo del material que será usado como pavimento. En la selección del tipo de pavimentación se tomará en cuenta las siguientes consideraciones:

- La superficie de rodadura será uniforme, impermeable, antideslizante y de agradable.
- Los revestimientos más utilizados son de asfalto y de concreto.

2.5.6.1 Tipos de pavimentos

Entre los materiales más utilizados en las ciclovías como pavimentos tenemos:

Materiales Bituminosos

Entre las características más resaltantes de estos materiales es que poseen una rigurosidad que facilita al ciclista una circulación efectiva y en el caso de deslizamiento se podría decir que es aceptable. Además, el costo es relativamente bajo. A pesar de las ventajas que posee, cuenta con gran cantidad de inconvenientes en el proceso constructivo y mantenimiento.

Hormigón o Concreto

Si bien el costo de ejecución es un poco alto, presenta condiciones de resistencia a la rodadura y deslizamiento aceptables. Asimismo, al ser una capa compacta no hay hundimiento, lo cual ayudará que no exista en el futuro una rotura del pavimento. El espesor deberá bordear los 15 cm.

Superficies adoquinadas

Son superficies recomendables para tramos cortos y cuando los requerimientos estéticos lo demanden. Al igual que las baldosas son de tipo discontinuo, es decir que se necesita materiales adicionales para hacer el tramo continuo, además,

cuando este tipo de pavimentos cuando se humedece tiende a dificultar el tránsito de los ciclistas, ya que las vías se vuelven más resbalosas.

Suelos o materiales granulares compactados o tratados

Este tipo de pavimentos son indicados cuando la prioridad es la integración con el entorno y en lo general se utilizan materiales de la zona. En lo que se refiere a su proceso constructivo es mediante el compactado del material en la vía. Sin embargo, su principal desventaja es la duración de estos suelos que van entre 7 a 8 años. En la siguiente Tabla N°11 podremos observar más detalladamente cada tipo de pavimento y sus características.

		MEZCLAS BITUMINOSAS	HORMIGÓN	ADOQUINES O BALDOSAS	SUELOS COMPACTADOS
CARÁCTER. SUPERFICIAL	REGULARIDAD SUPERFICIAL Calidad de la Rodadura	Buena.	Buena. Existen juntas.	Malta con adoquines. Buena, dependiendo el tipo de baldosa	Media, depende del entorno.
	ADHERENCIA	Muy buena.	Buena. Para aumentar su adherencia se pueden emplear técnicas.	Media. Depende del grado de pulido que presenten los adoquines o baldosas.	Muy Buena.
	DRENAJE SUPERFICIAL	Buena. Depende del tipo de mezcla bituminosa empleada Se deberá facilitar la evacuación de agua mediante bombeo del 2%..	Buena. Impermeable. Se deberá facilitar la evacuación de agua mediante bombeo del 2%.	Buena. Impermeable. Se deberá facilitar la evacuación de agua mediante bombeo del 2%.	Puede ser impermeable o no. Se deberá de facilitar la evacuación con inclinación.
	COMPORTAMEN. CLIMÁTICO	Presenta problemas en época estival, si no se emplea un ligante bituminoso adecuado a las condiciones climáticas.	Bueno.	Bueno.	En lluvia al quedar húmedo puede provocar mayor compactación.
	DIFERENCIACIÓN VISUAL Posibilidades estéticas	Alta. Diferentes colores.	Alta. Diferentes colores.	Alta. Diferentes colores y formas.	No aplicable. Integración máxima con el entorno.
IMPLANTACIÓN	PUESTA EN OBRA	Media	Fácil	Media	Fácil
	MARCAS VIALES	Sin problemas	Sin problemas	Complicado	No es compatible
	BORDILLOS	No necesarios	No necesario	Necesario	No necesario
	INTEGRACIÓN CON VÍAS EXISTENTES	Buena	Buena	Buena	Media
CONSERVAC. EXPLOTACIÓN Y MANTENIM.	FISURACIÓN	Puede aparecer	Puede aparecer	No aparece	Puede aparecer
	RESISTENCIA A LA ABRASIÓN	Atacable	Resistente	Resistente	Atacable
	MANTENIMIENTO	Bajo	Prácticamente nulo	Medio	Alto
	LIMPIEZA	Sencilla	Sencilla	Variable	Complicado
ECONOMÍA	COSTE RELATIVO	Bajo	Medio	Alto	Muy bajo

Tabla 11: Tipos de pavimentos y características

Fuente: Plan Director de la bicicleta de Zaragoza

2.5.6.2 Estructura de la Pavimentación

- **Sub Base:** Es colocada directamente sobre el terreno natural y es importante tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

1. El relleno debe ser un material compactable.

El material debe ser compactado en capas de 15 cm con el 90% de la densidad máxima del próctor modificado.

- **Base:** Los materiales usados para construir la base deben estar libre de elementos orgánicos. A continuación, se tomará en cuenta la Tabla N° 12 de condiciones granulométricas para la construcción de la base:

Fuente: INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO, Manual de Diseño de Ciclorutas,

TAMIZ(mm)						TAMIZ (mm)	
Tamiz	28	20	14	5	1.25	315	80
% sobre tamaño	100	90-100	68-93	33-60	19-38	9-17	2-8

Tabla 12: Condiciones del Agregado

Plan Maestro de Ciclorutas Para Santa Fé de Bogotá D.C. 1999,93 p.

Además, se tomará las siguientes recomendaciones:

1. Cada capa de material de base será compactada con espesores menores a 15 cm y será compactada con el 95% de la densidad del próctor modificado y el material será compactada con la humedad óptima para obtener la densidad deseada.
 2. La base debe tener menor del 15 cm después de ser compactada.
 3. La base no debe estar colocada sobre superficies húmedas.v.
- **Capa de Rodadura:** Tiene dos funciones principales, la primera es dar una superficie de rodadura confortable y segura y la segunda es proteger la capa base.

Las principales cualidades que determinan la selección del material de superficie de rodadura son: resistencia, cohesión, uniformidad en el acabado, impermeabilidad y durabilidad.

2.5.7 Aspectos de Seguridad

2.5.7.1 Señales Horizontales

La señalización horizontal son los símbolos que se colocan sobre el pavimento con el objetivo de regular el tránsito de vehículos y peatones. En primera instancia se tendrá en cuenta la utilización de pintura eco amigable, ya que la ciclovía que se diseñará es de tipo segregada, y ayudará a delimitar el tráfico vehicular de los ciclistas.

Según la Recomendación de Diseño para las vías ciclistas en Andalucía, la Norma Oficial Mexicana, Manual de Señalización de Transporte y Telecomunicaciones, El Proyecto de Reglamento Técnico Ecuatoriano y Manual de Diseño para Infraestructura de Ciclovías; se utilizará lo siguiente:

- Marcas Longitudinales: Objetivo principal es indicar es separar los diferentes carriles.
- Marcas Transversales: Objetivo principal es indicar punto de detención o precaución.
- Señalización para la regulación del tráfico mediante marcas y símbolos viales.
- Flechas y otros símbolos: Complementan la señalización.

MARCAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES

Marcas en el Pavimento

Las marcas en el pavimento servirán para delimitar las áreas, indicar las áreas de cruce con los usuarios o algún obstáculo. De acuerdo a la Norma Oficial Mexicana, Señalamiento horizontal y vertical de carreteras y viabilidades urbanas, los colores de las marcas en el pavimento serán de color amarillo, blanco y verde. A continuación, se indica la función de cada una y se explicará los detalles de las rayas separadoras a utilizar:

Color Amarillo	Color Blanco	Color Verde
Raya separadora de sentido de circulación.	Raya separadora de carriles.	Rayas para el cruce de ciclista.
Raya para cruce de peatones.	Raya para delimitar la orilla de la calzada.	Áreas de espera ciclista.
Delimitación de la orilla izquierda cuando existan calzadas separadoras.	Áreas de estacionamiento.	Símbolo de prioridad ciclista.
Indica en donde esté prohibido estacionarse.	Rayas para reducción de velocidad, flechas, símbolos y leyendas.	
	Indica en donde no esté prohibido estacionarse.	

Raya separadora de sentido de circulación

- En la ciclovía segregada bidireccional, la raya separadora de sentidos de circulación es una raya continua sencilla.
- La raya discontinua sencilla se emplea para indicar que es posible realizar un rebase seguro. Se indica a través de segmentos de raya de 1 m con una separación de 2 m y con un ancho de 0.10 m.

Raya de alto

- Se traza paralela al cruce peatonal a una distancia de 1.20 m antes del mismo.

Rayas para cruce de ciclistas en Intersección para ciclovía bidireccional

- Según el Manual de Diseño para Infraestructura de Ciclista la señalización consiste en dos líneas transversales discontinuas y paralelas sobre la calzada que indican el espacio donde cruzan los ciclistas y donde éstos tienen preferencia. Los cuadrados blancos transversales discontinuos miden 0.60 m x 0.30 m de ancho y serán separados por 0.60 m. Además, el Proyecto de Reglamento Técnico Ecuatoriano señala que el cruce del ciclista será pintado de color verde, siempre y cuando el estudio de tráfico lo determine como necesario.

Señalización cruce de ciclista en intersección para ciclo vía unidireccional

- De acuerdo al Proyecto de Reglamento Técnico Ecuatoriano, propone elegir un grosor de 0.30 m de las líneas discontinuas de los cruces ciclistas. Para compensar una posible menor visibilidad debido al grosor menor, se aplica una relación entre la longitud de la línea y los espacios de 2 a 1.

SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL SOBRE PAVIMENTOS

Símbolo de bicicleta

Se dibujará sobre el pavimento de la vía ciclista que indicará el espacio reservado para el uso de bicicleta. Se debe enmarcar inscrito en un cuadrado de 80 cm x 80 cm.

Flechas

Indica la existencia de un carril exclusivo para la circulación ciclista. La marca está un símbolo de bicicleta de 3.15 por 1.80 m y una flecha de dirección de 5.00 m de longitud en color blanco.

SEÑALIZACIONES HORIZONTALES CONSIDERADAS EN INTERSECCIONES

- **Ciclovía en Separador Central en cruce con vía de doble sentido de circulación**

Cuando la ciclovía se intersecte con una vía de doble sentido de circulación con flujo vehicular moderado, se recomienda la construcción de una isla central con la finalidad de otorgar un refugio a los ciclistas tal como se puede observar en la Fig.Nº23.

Figura 23: Ciclovía en Separador Central en cruce con vía de doble sentido de circulación

Fuente: Manual de Diseño para Infraestructura de Ciclovías de Lima

- **Ciclovía en Separador Central en cruce con vía de un solo sentido**

De acuerdo al Manual de Diseño para Infraestructura de Ciclovías de Lima, cuando la ciclovía se intersecte con una vía de un solo sentido o vía local en la calzada de la intersección, y siguiendo la proyección de la ciclovía, se habilitará un camellón, el cual será construido a nivel de la ciclovía para garantizar la seguridad del ciclista, tal como se puede visualizar en la Fig.Nº24.

Figura 24: Ciclovía en Separador Central en cruce con vía en un solo sentido

Fuente: Manual de Diseño para Infraestructura de Ciclovías de Lima

Consideraciones en la Pintura Verde sobre el Pavimento

En las demarcaciones y señales horizontales se considerará la pintura de Tráfico de Acrílico Base Agua. La pintura de Tráfico Base de Agua es libre de Plomo, Cromo y otros Metales Pesados.

En las pinturas convencionales se encuentran plomo. Estas pinturas son aplicadas en el pavimento y erosionada por la abrasión de las llantas del tráfico a que se encuentra sometida, el polvo es resultante de la erosión de la pintura con plomo se va al aire en suspensión y es inhalado por quienes transiten en dichas vías. Por otro lado, el polvo de estas pinturas puede ser arrastrado por la lluvia y contaminar mantos acuíferos, plantas y vegetales que posteriormente son ingeridos por el hombre. A continuación, presentaremos la composición química de las pinturas comunes:

- Aditivo 1-2%
- Agua Solvente 1-3%
- Pigmento 50-60%
- Resinas 35- 40%

En el pigmento es donde se encuentra el Plomo (Cromato, Hidroxicromato, etc). Cabe señalar que el plomo es un metal muy difícil y lenta de eliminar por medio de la degradación química. Sin embargo, en países como México, Chile, Brasil y Argentina contemplan mediciones permisibles de plomo en el aire. A continuación, se observará en la Fig.Nº25, la aplicación de la pintura descrita líneas anteriores en el distrito de San Isidro.

Figura 25: Aplicación de Pintura verde

Fuente: <http://signovial.pe/blog/ciclistas-y-ciclovias-verdes/>

Separadores Viales

Son utilizados para el control del tránsito y juegan un papel fundamental para el desarrollo de una vía segura, útil y atractiva para el ciclista. El propósito fundamental del uso de las tachas es utilizar como señalización horizontal preventiva para el conductor motorizado en la existencia de la ciclovía presente en la ruta o carretera, en este caso se utilizará tachas reflectivas de color blancas. Las tachas reflectivas tienen una superficie retroreflectiva que refleja la luz de las luces de los autos, haciéndolas visibles a los conductores en la oscuridad tal como, se puede visualizar en la Fig.Nº36.

Figura 26: Tachas Blancas

Fuente: <http://www.signovial.pe/ciclovias/>

2.5.7.2 Señales Verticales

La señalización vertical se refiere a placas fijadas en postes o estructuras, con símbolos y/o leyendas que tienen por objetivo prevenir a los usuarios sobre la existencia de peligros y determinadas restricciones, o proporcionarles información para facilitar sus desplazamientos.

Ubicación y detalle de las Señalizaciones

Advierten de forma anticipada a los usuarios del espacio público la existencia de un peligro o evento inesperado. Las señales preventivas tienen forma de rombo color amarillo con pictogramas en color negro. Se colocan a una distancia que otorgue el tiempo suficiente para que el usuario reaccione (distancia de riesgo). Dicha distancia se determina de acuerdo a la velocidad y a las condiciones ambientales predominantes. Las señales preventivas deben estar ubicadas antes del riesgo, a una distancia que se depende de la velocidad de aproximación, conforme a la siguiente Tabla N°13.

Velocidad en Km/hr	30	40	50	60	70	80	90
Distancia en metros	20	30	40	55	75	90	115
Adaptado de SETRAVI, 2001							

Tabla 13: Distancia de riesgo para la colocación de señales

Fuente: Manual Integral de Movilidad Ciclista- México tomo IV.

Además, se considera la altura de las señales verticales en zona urbana entre 2.00 m a 3.00 m como máximo, se puede visualizar en la Fig.27 el detalle de la señal restrictiva como ejemplo.

Figura 27: Detalle de las señalizaciones verticales

Fuente: Proyecto de Reglamento Técnico Ecuatoriano

En el siguiente cuadro se mostrará la clasificación de las señales verticales utilizadas en la ciclovía.

SEÑALES PREVENTIVAS	SEÑALES RESTRICTIVAS
<p>CRUCE DE CICLISTAS (P-46A)</p> <p><i>“Indica a los peatones y conductores de vehículos la proximidad del cruce con una vía ciclista”.⁵</i></p>	<p>PROHIBIDO EL REBASE (R-16)</p> <p><i>“Indica no rebasar, se usa en ciclovías con un ancho menor a 1.90 m”</i></p>

⁵ Cfr. Manual Integral de Movilidad Ciclista para ciudades Modernas –Tomo IV, pag. 217

<p>PASE PEATONAL (P-48)</p> <p><i>“Indica la situación de un paso para peatones”</i></p>	<p>SEÑAL DE CICLOVÍA(R-42)</p> <p><i>“Esta señal se emplea para advertir al conductor sobre la existencia de una vía exclusiva para el tránsito de bicicletas”</i></p>
<p>REDUCTOR DE VELOCIDAD (P-33A)</p> <p><i>“Indica elevación del nivel de la superficie de rodadura con ello obliga a los automovilistas a reducir la velocidad”.</i></p> <p>PROXIMIDAD DE SEMÁFORO (P-55)</p>	<p>CIRCULACION NO COMPARTIDA BICICLETA-PEATON(R-42C)</p> <p><i>“Esta señal establece la obligación que tienen el ciclista y el peatón de circular por la vía que les corresponde”.</i></p>
<p>EMPALME EN ÁNGULO AGUDO A LA DERECHA (P-10A)</p> <p><i>“Esta señal advierte al conductor que circula por una vía, la proximidad de un empalme o intersección con otra vía ubicada a la derecha en ángulo agudo”</i></p>	<p>SEÑAL DE CONSERVE LA DERECHA(R-42A)</p> <p><i>“El ciclista tiene la obligación de circular por el carril derecho de la ciclovía”</i></p>

<p>CURVA PRONUNCIADA A LA DERECHA (P-1A)</p> <p><i>“Esta señal advierte al conductor la proximidad de una curva horizontal pronunciada hacia la derecha”</i></p>	<p>SEÑALES INFORMATIVAS ESTACIONAMIENTO DE BICICLETAS</p> <p><i>“Se utiliza para indicar el servicio de estacionamiento de bicicletas”</i></p>
---	---

Nota: Los códigos de las señalizaciones fueron adaptadas al Manual de Dispositivos de Control de Tránsito, Lima 2016.

2.5.7.3 Señales Complementarias

Reductores de velocidad

En las intersecciones existen factores de riesgo para los ciclistas, por la alta intensidad de peatones o vehículos que la cruzan, por tal razón necesario alertar al ciclista o frenar su velocidad con algún sistema de dispositivo, lo mencionado es tomado en cuenta en el país de Australia-Zaragoza.

Estos reductores de velocidad debe ser ubicado en una zona que garantice una buena visibilidad y deben de contar con una correcta señalización.

En ningún caso de recomiendan las variaciones en planta, como norma general, cuando se adopte este criterio se recomienda efectuar una leve desviación de la trayectoria, aunque en ocasiones excepcionales puede ser conveniente adoptar medidas que lleguen incluso a obligar al ciclista a bajarse de la bicicleta a colocar controles de acceso o puertas.

Figura 28: Cambio de rasante brusco en calle

Fuente: Ministerio de Fomento

2.5.8 Estacionamientos de bicicletas

El parqueo de bicicletas es un elemento complementario que aportan a la seguridad y a la comodidad de los usuarios. Entre los aspectos a tomar en cuenta para diseñar estacionamientos para las bicicletas tenemos:

Seguridad Vial: Este aspecto es el más importante a considerar por tal motivo las divisiones deben estar bien ancladas al suelo y mínimo debe haber 3 puntos de contacto donde los ciclistas puedan colocar sus cadenas, generalmente las divisiones tienen forma de U invertida.

Ubicación: Para elegir la ubicación para los estacionamientos, estos deberán estar distribuidos en forma uniforme en un lugar acondicionado para este fin. También, se debe tener una buena visibilidad y facilidad de acceso, además, es recomendable que este ubicado en una zona con gran flujo peatonal y vehicular, con el fin que exista una especie de seguridad social, un ejemplo de estos lugares serían: cine, centros comerciales, estaciones de metros, etc.

En el caso de las instalaciones existen 2 criterios:

- **Dispersión:** Indica a un grupo de unidades colocados de forma uniforme en un lugar con muchos puntos de acceso tales como tiendas, cafeterías, entre otras.

- **Concentración:** Va dirigido a lugares con gran flujo de personas en lugares en específicos tales como centros comerciales, teatros, etc.

Materiales: El material usualmente utilizado para los elementos que conforman los estacionamientos es el acero como podemos observar en las siguientes imágenes.

Figura 29: Bicicleta parqueada en estacionamiento

Fuente: Making Space for Cycling

Figura 30: Estacionamientos para bicicletas con protección

Fuente: Making Space for Cycling

CAPÍTULO III: DESARROLLO DE LA TESIS

3.1 Estudio del Área de Influencia

3.1.1 Ubicación del proyecto

En la realización de la interconexión de las ciclovías existentes en el área de estudio, el punto de inicio es la intersección Av. Universitaria con la Av. Angélica Gamarra en el distrito de San Martín de Porres, extendiéndose hasta la ciclovía existente en la Av. Bolognesi, siguiendo el tramo por la Av. Industrial con la Av. Pacífico en el distrito de Independencia.

<i>Departamento</i>	Lima.
<i>Provincia</i>	Lima.
<i>Distritos</i>	Los Olivos, San Martín de Porres e Independencia.
<i>Localización</i>	Av. Universitaria –Av. Angélica Gamarra – Av. Bolognesi –Av. Industrial.

Localización del Proyecto Tramo I: Ciclovía Actual. Av. Universitaria (en rojo) y Ciclovía Propuesta. Angélica Gamarra (en azul)

Fuente: Google Maps Inc.2017

Localización del Proyecto Tramo II: (Propuesta.Av. Angélica Gamarra– Actual. Ciclovía en Av. Bolognesi)

Fuente: Google Maps Inc.2017

Localización del Proyecto Tramo III: Propuesta. (Av. Industrial-Av. El Pacífico)

Fuente: Google Maps Inc.2017

Ciclovías existentes en el área de Estudio

Las ciclovías existentes contiguas a la zona de estudio son:

- Ciclovías de Tomás Valle conecta la Av. Túpac Amaru con la Av. Elmer Faucett. Con una extensión de 6 kilómetros
- Ciclovía de la Av. Universitaria, la cual es una ciclovía de doble vía (bidireccional), con una extensión de 14 kilómetros y une la Av. La Marina y la Panamericana Norte.

Medidas de anchos de carriles de ciclovías existentes

En la Tabla N°14 se muestran las medidas de ancho de las ciclovías existentes en la zona en estudio, las medidas presentes fueron estandarizadas, ya que en el tramo de la Av. Universitaria mostraba medidas de 1.4 m a 2.2 m.

Distrito	Ciclovía	Dirección	Longitud	Ancho
Los Olivos-San Martín	Av. Universitaria	Bidireccional	14 km	2.2 m
Los Olivos	Av. Tomas Valle	Bidireccional	6 km	2.4 m
Independencia	Av. Bolognesi	Bidireccional	0.5 km	2.4 m

Tabla 14: Longitud y anchos de las ciclovías existentes en área de estudio

Fuente: Propia

3.1.2 Características demográficas

En la Tabla N°15 se observa los datos demográficos recopilados por la INEI (Instituto Nacional estadístico e informativo) desde el año 2013 al 2015. El incremento de la población en el distrito de San Martín de Porres es de 27029 (veintisiete mil veintinueve) habitantes, en Independencia de 168 (ciento sesenta y ocho) habitantes y en Los Olivos de 10697 (diez mil seiscientos noventa y siete). Estos distritos destacan por su tamaño y cantidad poblacional por lo cual el crecimiento acelerado sin la respectiva planificación y control urbano es el principal problema en los distritos mencionados.

Distrito	Población 2013	Distrito	Población 2015
Provincia de Lima	8 617 314	1 Lima	271 814
1 San Juan De Lurigancho	1 047 725	2 Ancón	39 600
2 San Martín De Porres	673 149	3 Ate	630 085
3 Ate	592 345	4 Barranco	29 984
4 Comas	520 403	5 Breña	75 925
5 Villa El Salvador	445 189	6 Carabaylo	301 978
6 Villa María Del Triunfo	433 861	7 Chaclacayo	43 428
7 San Juan De Miraflores	397 113	8 Chorrillos	325 547
8 Los Olivos	360 532	9 Cieneguilla	47 080
9 Santiago De Surco	332 725	10 Comas	524 894
10 Puente Piedra	320 837	11 El Agustino	191 365
11 Chorrillos	318 483	12 Independencia	216 822
12 Lima	281 861	13 Jesús María	71 589
13 Carabaylo	278 963	14 La Molina	171 646
14 Santa Anita	218 486	15 La Victoria	171 779
15 Independencia	216 654	16 Lince	50 228
		17 Los Olivos	371 229
		18 Lurigancho	218 976
		19 Lurín	85 132
		20 Magdalena del Mar	54 656
		21 Magdalena Vieja	76 114
		22 Miraflores	81 932
		23 Pachacamac	129 653
		24 Pucusana	17 044
		25 Puente Piedra	353 489

Tabla 15: Datos demográficos de la INEI por distritos en el año 2013 y 2015

Fuente: Datos estadísticos INEI

Se tomará datos estadísticos de la INEI desde el año 2011 al año 2015 tal como, se muestra en la Tabla N°16 con el objetivo de realizar el pronóstico de demanda a finales del año 2016 y la población futura al año 2021.

AÑO	POBLACION TOTAL SAN MARTIN DE PORRES	POBLACION TOTAL LOS OLIVOS	POBLACION TOTAL INDEPENDENCIA
2011	646191	349670	216323
2012	659612	355101	216503
2013	673149	360532	216654
2014	686702	365921	216764
2015	700178	371229	216822

Tabla 16: Datos estadísticos de población 2011-2015

Fuente: INEI

En la Tabla N°17 se muestra la proyección de la población a finales del año 2016 se obtiene lo siguiente:

DISTRITO DE SAN MARTIN DE PORRES			
MÉTODO ARITMÉTICO		MÉTODO GEOMÉTRICO	
Po=	700 178	ln Po=	13.459
t=	1	t=	1
P2=	700 178	ln P2=	13.459
P1=	646 191	ln P1=	13.379
Δt=	5	Δt=	5
Ka=	10797.4	Kp=	0.01605
		ln Pt=	13.475
Pt=	710975	Pt=	711505
$P_t = P_o + K_a t$ $K_a = \frac{P_2 - P_1}{\Delta t}$		$\frac{dP}{dt} = K_p P$ $\ln P_t = \ln P_o + K_p t$ $K_p = \frac{\ln P_2 - \ln P_1}{\Delta t}$	

DISTRITO DE LOS OLIVOS			
MÉTODO ARITMÉTICO		MÉTODO GEOMÉTRICO	
Po=	371 229	ln Po=	12.825
t=	1	t=	1
P2=	371 229	ln P2=	12.825
P1=	349 670	ln P1=	12.765
Δt=	5	Δt=	5
Ka=	4311.8	Kp=	0.01197
		ln Pt=	12.837
Pt=	375541	Pt=	375698
$P_t = P_o + K_a t$ $K_a = \frac{P_2 - P_1}{\Delta t}$		$\frac{dP}{dt} = K_p P$ $\ln P_t = \ln P_o + K_p t$ $K_p = \frac{\ln P_2 - \ln P_1}{\Delta t}$	

DISTRITO DE INDEPENDENCIA			
MÉTODO ARITMÉTICO		MÉTODO GEOMÉTRICO	
Po=	216 822	ln Po=	12.287
t=	1	t=	1
P2=	216 822	ln P2=	12.287
P1=	216 323	ln P1=	12.285
Δt=	5	Δt=	5
Ka=	99.8	Kp=	0.00046
		ln Pt=	12.287
Pt=	216922	Pt=	216922
$P_t = P_o + K_a t$ $K_a = \frac{P_2 - P_1}{\Delta t}$		$\frac{dP}{dt} = K_p P$ $\ln P_t = \ln P_o + K_p t$ $K_p = \frac{\ln P_2 - \ln P_1}{\Delta t}$	

Tabla 17: Proyección de la Población fines del año 2016

Fuente: Propia

En la Tabla N°18 se visualiza la población a 5 años después de la realización de la ciclovía a realizar.

DISTRITO DE SAN MARTIN DE PORRES			
MÉTODO ARITMÉTICO		MÉTODO GEOMÉTRICO	
Po=	711 505	ln Po=	13.475
t=	5	t=	5
P2=	711 505	ln P2=	13.475
P1=	646 191	ln P1=	13.379
Δt=	6	Δt=	6
Ka=	10885.7	Kp=	0.01605
		ln Pt=	13.555
Pt=	765933	Pt=	770949
$P_t = P_o + K_a t$ $K_a = \frac{P_2 - P_1}{\Delta t}$		$\frac{dP}{dt} = K_p P$ $\ln P_t = \ln P_o + K_p t$ $K_p = \frac{\ln P_2 - \ln P_1}{\Delta t}$	

DISTRITO DE LOS OLIVOS			
MÉTODO ARITMÉTICO		MÉTODO GEOMÉTRICO	
Po=	375 698	ln Po=	12.837
t=	5	t=	5
P2=	375 698	ln P2=	12.837
P1=	349 670	ln P1=	12.765
Δt=	1	Δt=	1
Ka=	26028.0	Kp=	0.07180
		ln Pt=	13.196
Pt=	505838	Pt=	537949
$P_t = P_o + K_a t$ $K_a = \frac{P_2 - P_1}{\Delta t}$		$\frac{dP}{dt} = K_p P$ $\ln P_t = \ln P_o + K_p t$ $K_p = \frac{\ln P_2 - \ln P_1}{\Delta t}$	

DISTRITO DE INDEPENDENCIA			
MÉTODO ARITMÉTICO		MÉTODO GEOMÉTRICO	
Po=	216 922	ln Po=	12.287
t=	5	t=	5
P2=	216 922	ln P2=	12.287
P1=	216 323	ln P1=	12.285
Δt=	1	Δt=	1
Ka=	599.0	Kp=	0.00277
		ln Pt=	12.301
Pt=	219917	Pt=	219942
$P_t = P_o + K_a t$ $K_a = \frac{P_2 - P_1}{\Delta t}$		$\frac{dP}{dt} = K_p P$ $\ln P_t = \ln P_o + K_p t$ $K_p = \frac{\ln P_2 - \ln P_1}{\Delta t}$	

Tabla 18: Proyección de la Población al año 2021

Fuente: Propia

En los distritos de Los Olivos, San Martín de Porres e Independencia se tiene una población mayoritariamente de clase media/baja, se llega a entender que usualmente los distritos más establecidos son los que valoran la infraestructura de ciclovías las cuales resultan las más transitadas de Lima, como por ejemplo el distrito de Miraflores y San Borja. Sin embargo, dicho factor no es determinante, ya que el uso de bicicletas como medio de transporte se incrementa paulatinamente y proyectos como este aumenta el interés por este tema independientemente del distrito, sobre todo si existen condiciones favorables como centros de atracción

cercanos tales como: colegios, institutos, universidades y centros comerciales que sostenga en el tiempo la viabilidad de la ciclovía.

En la Tabla N°19 podemos observar el nivel socioeconómico de los distritos Lima, y también la zona en la que se ubicará el proyecto de ciclovía donde resalta que la mayoría de las personas son de nivel socioeconómico B y C.

Zona	Niveles Socioeconómicos				
	NSE "A"	NSE "B"	NSE "C"	NSE "D"	NSE "E"
Total	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Zona 1 (Puente Piedra, Comas, Carabaylo)	1.3	8.1	12.8	11.9	18.3
Zona 2 (Independencia, Los Olivos, San Martín de Porras)	5.6	16.2	17.4	10.2	7.9
Zona 3 (San Juan de Lurigancho)	2.7	5.8	12.3	17.2	13.8
Zona 4 (Cercado, Rimac, Breña, La Victoria)	4.0	10.3	10.0	9.4	5.9
Zona 5 (Ate, Chaclacayo, Lurigancho, Santa Anita, San Luis, El Agustino)	4.8	6.7	10.0	13.3	11.8

Tabla 19: Distribución de niveles socioeconómicos en Lima

Fuente: ENAHO 2014

3.1.3 Características físicas

Los distritos de San Martín de Porres, Los Olivos e Independencia se encuentran ubicado en la zona norte de Lima Metropolitana. En referencia a la Figura N°31 el plano de zonificación de Lima Metropolitana; el distrito de San Martín de Porres es una zona residencial de densidad media en el punto de inicio de la ciclovía ubicada en Av. Angélica Gamarra y zona comercial en el punto final de la Av. Pacífico con Av. Industrial.

Figura 31: Zonificación del área de estudio

Fuente: Plano de Zonificación de Lima Metropolitana

“La clasificación de vías públicas urbanas terrestres con una serie de criterios de los cuales encontramos: funcionamiento de la red vial, tipo de tráfico que soporta, uso del suelo, espaciamiento, nivel de servicio, características físicas, compatibilidad con sistema de clasificación vigente”.⁶

En la Tabla N°20 se puede observar la clasificación de las vías y las características más resaltantes de cada una:

ATRIBUTOS Y RESTRICCIONES	VÍAS EXPRESAS	VÍAS ARTERIALES	VÍAS COLECTORAS	VÍAS LOCALES
Velocidad de Diseño	Entre 80 y 100 Km/hora Se registrará por lo establecido en los artículos 160 a 168 del Reglamento Nacional de Tránsito (RNT) vigente.	Entre 50 y 80 Km/hora Se registrará por lo establecido en los artículos 160 a 168 del RNT vigente.	Entre 40 y 60 Km/hora Se registrará por lo establecido en los artículos 160 a 168 del RNT vigente.	Entre 30 y 40 Km/hora Se registrará por lo establecido en los artículos 160 a 168 del RNT vigente.
Características del flujo	Flujo ininterrumpido. Presencia mayoritaria de vehículos livianos. Cuando es permitido, también por vehículos pesados. No se permite la circulación de vehículos menores, bicicletas, ni circulación de peatones.	Debe minimizarse las interrupciones del tráfico. Los semáforos cercanos deberán sincronizarse para minimizar interferencias. Se permite el tránsito de diferentes tipos de vehículos, correspondiendo el flujo mayoritario a vehículos livianos. Las bicicletas están permitidas en ciclovías.	Se permite el tránsito de diferentes tipos de vehículos y el flujo es interrumpido frecuentemente por intersecciones a nivel. En áreas comerciales e industriales se presentan porcentajes elevados de camiones. Se permite el tránsito de bicicletas recomendándose la implementación de ciclovías.	Está permitido el uso por vehículos livianos y el tránsito peatonal es irrestricto. El flujo de vehículos semipesados es eventual. Se permite el tránsito de bicicletas.

Tabla 20: Clasificación de Vías Urbanas

Fuente: Manual diseño geométrico para Zonas Urbanas

En los distritos de Los Olivos, San Martín de Porres e Independencia presenta 2 vías arteriales y 2 vías colectoras las cuales se detallan a continuación:

- Av. Universitaria: Vía Arterial
- Av. Angélica Gamarra: Vía Arterial
- Av. Bolognesi: Vía Colectora
- Av. Industrial: Vía Colectora

3.1.4 Identificación de las modalidades del transporte

El transporte público es frecuente en zonas donde se evidencian pocos recursos económicos, tal como en el distrito de San Martín de Porres e Independencia. La presencia de moto taxis en la Av. Angélica Gamarra con la Av. Beta y en la Av. Industrial con Av. Pacífico (Figura N°32). Los servicios de taxis y transporte

⁶ Manual diseño geométrico para Zonas Urbanas

privado, éstos se visualizan en el distrito de los Olivos y una pequeña mayoría de usuarios hacen uso de la bicicleta en la Av. Angélica Gamarra - Av. Universitaria y Av. Industrial demostrado en la Figura N°33.

Figura 32: Av. Industrial con Av. Pacífico

Fuente: Propia

Figura 33: Av. Universitaria

Fuente: Propia

El mayor transporte masivo que se tiene es el Metropolitano. Este tipo de transporte cuenta actualmente con 37 estaciones, de las cuales la Estación Pacífico se encuentra cerca de la zona de estudio. Esta estación está ubicada en la intersección de la avenida El Pacífico y la Av. Túpac Amaru en el distrito de Independencia. Actualmente esta estación cuenta con 2 servicios regulares que son el A y B. En la Figura N°34 se observa la ruta del sistema Metropolitano.

Figura 34: Estación Pacífico del Metropolitano

Fuente: PROTRANSPORTE

3.1.5 Perfil del Ciclista (Demanda)

En la Guía para el Desarrollo de Instalaciones para Bicicletas de ASSHTO (*Guide for the Development of Bicycle Facilities*) se han identificado tres clases de ciclistas:

Los ciclistas de la clase A: Consideran a la bicicleta como un vehículo de motor y pueden andar en bicicleta entre el tránsito.

Los ciclistas de la clase B: Prefieren andar en bicicleta por las calles de los vecindarios y se sienten más cómodos en las instalaciones diseñadas para bicicletas, tales como los senderos para ciclistas.

Los ciclistas de la clase C: Usan principalmente las calles vecinales que suministran acceso a las escuelas, las instalaciones recreativas y las tiendas.

En la Tabla N° 21 se observa el conteo actual de usuarios potenciales en la zona de estudio.

EDAD(AÑOS)	CANTIDAD	PORCENTAJE
15-20	85	21%
20-30	156	39%
30-45	139	35%
45 A MÁS	22	5%
TOTAL	402	

Tabla 21: Cantidad de usuarios encuestados por edades

Fuente: Propia

3.1.6 Estudio de Origen y Destino

El objetivo principal de la realización de la encuesta es conocer los motivos por los cuales se movilizan las personas, el número total de viajes diarios, medios de transporte utilizado y la frecuencia con que realizan dichos viajes. La encuesta de Origen y Destino se realizó en cuatro puntos de atracción siendo el centro comercial Mega Plaza, el Instituto SENATI, el Instituto ICPNA y la Universidad USIL; las 5 preguntas son:

- ¿Cuál es su edad?
- ¿Cuál es el motivo de viaje?
- ¿Cuál es el origen de su viaje?
- ¿Cuál es el destino de su viaje?
- ¿Cuáles y cuántos son los medios de transporte que usted emplea?
- Utilizaría la interconexión de la ciclovía Universitaria y Bolognesi y el punto de destino fuera Av. Pacifico. ¿Estaría dispuesto a usarlo?

Resultados de la encuesta Origen y Destino

Las encuestas se tomaron en el intervalo de una semana (lunes a sábado), en dos turnos; la primera de 7 a 10 am y la segunda 6 a 8 pm. En la Tabla N°22 se observa resumido la cantidad de encuestados por cada horario.

	Mañana (7-10 am)	Noche (6-8 pm)
C.C.MEGA PLAZA	36	54
SENATI	54	60
ICPNA	48	72
USIL	42	36
TOTAL	402	

Tabla 22: Encuestas origen-destino

Fuente: Propia

Figura 35: Distribución de la cantidad de encuestados

Fuente: Propia

En la Tabla N°23, se muestra la cantidad de personas encuestadas en los cinco puntos de atracción señalados anteriormente.

		DESTINO			
O R I G E N		C.C. MEGA PLAZA	SENATI	ICPNA	USIL
	Av.Universitaria	11	22	25	16
	Panam.Norte	22	28	18	20
	Av.Tomas Valle	20	25	29	13
	Av.San German	23	20	28	15
	Av. Angelica Gamarra	14	19	20	14

Tabla 23: Distribución de Viajes Origen-Destino

Fuente: Propia

3.1.7 Generación de viajes por motivo

En la Figura N°36, se observa que el mayor porcentaje de personas son las que se trasladan por motivos de ocio y trabajo (laboral). Este porcentaje es debido a que hubo más personas jóvenes entrevistadas (estudiantes y trabajadores)

Figura 36: Distribución de viajes por motivo

Fuente: Propia

3.1.8 Distribución de modos de transporte

En la Figura N°37, se aprecia la forma como se traslada las personas desde su punto de partida hasta su punto de llegada, por ejemplo se recopiló información de los modos de transporte (Anexo N°1). De acuerdo a lo recopilado se tiene que 0.7% de las personas encuestadas usaron bicicleta como medio de transporte.

Figura 37: Distribución de modos de transporte

Fuente: Propia

De acuerdo a la última pregunta, se concluye que el 83% de las personas encuestadas estarían dispuestas a utilizar la ciclovía proyectada.

Figura 38: Porcentaje de aceptación del proyecto.

Fuente: Propia

3.1.9 Identificación de Puntos Favorables y Desfavorables

Los puntos desfavorables para la realización de la ciclovía propuesta son:

- Presencia de estructuras de gran tamaño: Postes de alta tensión en la posible ciclovía a realizar (Figura N°39)

Figura 39: Poste de alta tensión en Av. Angélica Gamarra

Fuente: Propia

- Gran volumen de carros estacionados en carriles, obstruyendo flujo vehicular (Figura N°40)

Figura 40: Mal uso de carriles

Fuente: Propia

- Ausencia de Semáforos para el cruce de la Panamericana Norte.
- En los inconvenientes a superar es el Intercambio Vial ubicado en la Av. Angélica Gamarra (Figura N°41).

Figura 41: Intercambio Vial en Av. Angélica Gamarra

Fuente: Propia

En los puntos Favorables se identificaron lo siguiente:

- Presencia de colegios, institutos y centros comerciales con un espacio de estacionamiento para bicicletas (Figura N°42).

Figura 42: Estacionamientos para bicicletas en el área de estudio

Fuente: Propia

- Cercanía a los puntos de transporte masivo (Metropolitano estación Tomas Valle y Pacifico).
- Puntos de inyección de aire y bicicentros, se contabilizó 1 bicicentro y 6 grifos como puntos de inyección de aire.

CAPÍTULO IV : PROYECCIÓN Y PRONÓSTICO DE TRÁNSITO FUTURO

4.1 Demanda Futura

Se calculará la demanda futura de la ciclovía para comprobar la factibilidad del proyecto para ello, se utilizará el método de estimación de tránsito a futuro teniendo en cuenta los siguientes conceptos:

Tránsito atraído (Tat): Es el que se desviará de otras vías hacia la nueva. Este tránsito se determina en base a la economía de tiempo que ofrece el nuevo servicio.

Tránsito generado (TG): Tránsito de viajes nuevos y viajes que antes se hacían por otro medio de transporte.

Tránsito Desarrollado (TD): Asignación al camino en virtud del desarrollo del “Uso del Suelo” producido por la nueva facilidad vial.

Tránsito Normal (TE): Tránsito existente, el volumen de vehículos que circulan por una vía.

Tránsito Actual (TA): Volumen de tránsito que usará la nueva carretera en el momento de quedar completamente en servicio.

Tránsito Futuro (TF): El tránsito a futuro es la relación entre los volúmenes de tránsito promedio diario, anual y semanal. Para analizar estos volúmenes se debe estudiar el tamaño de su población que está limitada en el espacio y en el tiempo.

Crecimiento Normal del Tránsito (CNT): Incremento en el tránsito producto de progresos técnicos, económicos, sociales y demográficos en la comunidad. De esta manera, se utilizará la siguiente ecuación:

$$TF = TA + IT$$

$$IT = CNT + TG + TD$$

$$TA = TE + Tat$$

Para determinar el tránsito futuro se determinó el tránsito actual, el cual está compuesto por el tránsito existente y tránsito atraído, donde el tránsito existente no tiene valor, ya que la ciclovía aún no se encuentra en funcionamiento. Pero, se calculará el tránsito atraído referente al año de inauguración de la ciclovía, en este caso fecha prevista Setiembre 2021. La proyección de tránsito se hará a partir de la cantidad de usuarios que se tiene respecto al aforo realizado en una semana (Setiembre 2016). En la Tabla N°24 se observa el conteo de bicicletas realizado en las 4 avenidas influentes.

Setiembre 2016					
DÍAS	AVENIDA ANG. GAMARRA	AVENIDA TOMAS VALLE	AVENIDA UNIVERSITARIA	AVENIDA BOLOGNESI	Total
Lunes	28	32	35	10	105
Martes	30	30	34	15	109
Miércoles	28	35	37	18	118
Jueves	29	37	39	15	120
Viernes	30	33	38	13	114
Sábado	31	25	36	20	112
Domingo	31	24	38	23	116
	207	216	257	114	794

Tabla 24: Conteo de Bicicleta en 7 días

Fuente: Propia

Figura 43: Diagrama de Barras de cantidad de bicicletas en 1 semana

Fuente: Propia

Debido a falta de información, se tiene una muestra pequeña de una semana, en la cual se procederá a hallar el TPDA (transito promedio diario anual), de la siguiente manera:

$$TPDS = \frac{794}{7} = 113 \text{ bicicletas/día}$$

Se procede hallar la desviación estándar de la distribución de los volúmenes:

$$S = \sqrt{\frac{(105 - 113)^2 + (109 - 113)^2 + (118 - 113)^2 + (120 - 113)^2 + \dots}{7 - 1}}$$

$$S = 5 \text{ bicicletas/día}$$

Por último, hallaremos el estimador de desviación estándar:

$$\sigma = \frac{5}{\sqrt{7}} \times \left(\sqrt{\frac{365 - 7}{365 - 1}} \right) = 2 \text{ bicicletas/día}$$

De la siguiente forma se tiene los intervalos del Tránsito promedio diario anual (TPDA). Para niveles de confiabilidad del 90% y 95% los valores de “k” son 1.64 y 1.96 respectivamente.

$$TPDA = TPDS \pm KE$$

$$TPDA = 113 \pm 1.64(2)$$

$$110 \text{ bicicleta/día} < TPDA < 116 \text{ bicicleta/día}$$

$$TPDA = 113 \pm 1.96(2)$$

$$109 \text{ bicicleta/día} < TPDA(2016) < 117 \text{ bicicleta/día}$$

El tránsito promedio diario anual se encuentra en el rango de 109 y 117 bicicletas/día.

$TPDA(2016) = 115$

En el pronóstico del volumen de tránsito futuro se procederá calcular el tránsito actual de la siguiente forma:

$$TA = TE + Tat; TE = 0$$

$$TA(2021) = Tat(2021)$$

El siguiente término del TF es el incremento del tránsito, el cual está compuesto por el tránsito generado, el tránsito desarrollado y el crecimiento normal de tránsito.

Tránsito Generado (TG)

En base a las encuestas de origen – destino, este tránsito se considera como la atracción o la cantidad de personas que estarían dispuestas en utilizar la ciclovía proyectada.

En este caso se tendrá en cuenta que la ciclovía impactará en los distritos de Los Olivos, San Martín de Porres e Independencia. En la Tabla N° 25 se observará la población en el año 2021 y área de los distritos. Seguidamente se calculará la población aproximada de acuerdo a la proporción del área de influencia de la ciclovía respecto a los distritos.

Se tiene como referencia la proporción del área de influencia de la ciclovía respecto al área de los distritos. Para el cálculo del área se considera 1.1 km de ancho respecto a la proyección de la ciclovía. En la siguiente Figura N°:44 se visualiza lo explicado.

Figura 44: Imagen de área de influencia de la ciclovía

Fuente: Propia

Finalmente, realizando los cálculos se obtiene 210 438 habitantes aprox.

Distrito	Población 2021 (hab.)*	Área(km2)	Proporción	Habitantes
Los Olivos	537,949.00	18.30	0.1760	94,655.51
SMP	770,949.00	36.90	0.0873	67,275.22
Independencia	219,942.00	14.60	0.2205	48,507.76
Área de Influencia-(ciclovía)		3.22		210,438

Tabla 25: Cálculo de Habitantes

Fuente: Propia

Teniendo en cuenta que, de acuerdo a la encuesta (realizada en el año 2016) a 402 personas, se tiene que 161 personas (Tabla N°26) (27 personas al día aprox.) pasan por la ruta propuesta, pero se consideró el 83% de las personas diarias, ya que fue el porcentaje de aceptación del total de las personas que sí están dispuestos a usar la ciclovía como medio de transporte (visualizar el análisis en la página 70). En la Tabla N°26 se observa la cantidad de las personas que se movilizan por la ciclovía en estudio, el cual representará los 40% del total de encuestados y teniendo en cuenta que el 0.7% utilizan la bicicleta como medio de transporte (Figura 37) se procederá a calcular el tránsito a calcular el tránsito generado para el año 2021.

O R I G E N	DESTINO				
		CC.MEGA PLAZA	SENATI	ICPNA	USIL
	Av.Angélica Gamarra	12	15	18	19
	Av.Universitaria	10	10	11	15
	Av.Tomas Valle	11	15	13	12
	Personas total encuestadas		402		
	Personas que circulan por la vía		161	40%	

Tabla 26: Personas que se movilizan por la ruta

Fuente: Propia

De acuerdo a la Tabla N°25 se tiene una población 210 438 para el año 2021. Teniendo en cuenta que sólo el 0.7% se movilizan con bicicleta se tiene que 1473 habitantes utilizan la bicicleta como medio de transporte.

$$0.7 \% \times 210\,438 = 1473 \text{ habitantes}$$

En este caso, para el año 2021 se tiene que 590 personas pasan por la ruta propuesta (98 personas al día aprox., y se considera el 83% de las personas que aceptaron utilizar la ciclovía.

$$83 \% \times 98 = 81 \text{ personas/día}$$

Resulta que 81 personas diarias usarían la ciclovía.

Tránsito Desarrollado (TD)

El tránsito desarrollado se calcula a partir de la generación de los nuevos viajes dado al cambio de suelo en la zona. En éste caso la zona sigue siendo residencial-comercial, por lo tanto no se generará el tránsito desarrollado según el Plano de catastro de Lima Metropolitana.

$$IT = CNT + TG + TD; TD = 0$$

$$IT = CNT + TG$$

Crecimiento Normal de Tránsito (CNT)

La ecuación de crecimiento normal de tránsito se determinará de acuerdo a la tasa de crecimiento anual del parque automotor.

En la Figura N°45 se observa la evolución del parque automotor, población y de la red vial durante los años 2012 al 2016.

Figura 45: Evolución del Parque automotor

Fuente: INEI-MTC

En la Figura N°46 se observa el crecimiento exponencial del parque automotor en Lima de acuerdo al Ministerio de Transporte y Comunicaciones.

Figura 46: Crecimiento exponencial vehicular

Fuente: Propia

La tasa de crecimiento anual para el año del 2012 al 2016 es:

$$\left(\frac{26\,617}{21\,378} \right)^{1/4} - 1 \times 100 = 5.6\%$$

Entonces, la tasa de crecimiento anual del parque automotor es 5.6%.

A continuación, se calculará el tránsito promedio diario anual al año 2021.

Del 2016 al 2021 $\rightarrow TPDA(2021) = 115 (1 + 0.056)^5 = 151 \text{ bicicleta/día}$

$$CNT = 151 - 115 = 36 \text{ bicicleta/día}$$

$$TF = TE + Tat + CNT + TG + TD; TE = 0, TD = 0$$

$$IT = CNT + TG$$

$$IT = 36 + 81 = 117 \text{ bicicleta/día}$$

$$TF = 117 + 115 = 232 \text{ bicicleta/día}$$

El resumen el tránsito futuro es 232 bicicleta/día.

CAPITULO V : PROPUESTA DE DISEÑO GEOMÉTRICO DE CICLOVÍA

5.1 Ancho de las Ciclovías

En el diseño geométrico se tomó en cuenta como espacio de operación las dimensiones promedio de una bicicleta siendo 1.5 m en una dirección y bidireccional 3 m, tal como se puede demostrar en la Figura N°47.

Figura 47: Espacio de Operación de una bicicleta

Fuente: Ciclovías y Bicisendas UNC, 2014

El ancho de los carriles es de 3 m de ancho; en la Av. Industrial existen tramos donde el ancho de la ciclovía es un poco menor, ya que la disponibilidad del lugar así lo sugiere, sin embargo dicha reducción no afectará la confortabilidad y seguridad de la ciclovía pues, en los estándares internacionales la medida mínima es 2.4m.

Cortes de las secciones: Se tomó en cuenta los tramos variables para poder observar mejor el detalle de la ciclovía, se podrá visualizar los siguiente:

- Anexo 03: Muestra la intersección de la Av. Universitaria con Av. Angélica Gamarra; la importancia de la lámina es visualizar el ingreso de la ciclovia de la Av. Universitaria hacia la Av. Angélica Gamarra.
- Anexo 04: Muestra el tramo de la Av. Angélica Gamarra; la importancia de la lámina es visualizar las medidas de los sardineles, carriles de las ciclovías, ubicación de los árboles cabe destacar que en gran mayoría mantendrán su posición original, y por último el porcentaje de pendiente de las rampas peatonales siendo 8% y las rampas para los ciclistas 13%.
- Anexo 05: Muestra el tramo de la Av. Bolognesi, se observa las medidas de la ciclovia del tramo y la adaptación ante interferencia tales como: la Bomba de Agua en la Av. Industrial y el recorte del carril en ese tramo de 3.00 m a 2.70 m y se encuentra dentro de los parámetros permitidos de diseño.

5.2 Velocidad de Diseño

La velocidad media del ciclista se encuentra entre 15 km/h y 20 km/h, la cual está más cerca del peatón que es de 5 km/h.

La velocidad de diseño con la cual la ciclovia será diseñada determinará el radio y el peralte de las curvas, mínimas distancias de señalización y el sobreancho de la ciclovia. Por lo tanto, de acuerdo al Manual de Diseño Geométrico se concluye que bajo condiciones normales (condiciones climáticas normales, terreno plano y pavimento asfáltico) y por criterios de seguridad la velocidad de diseño será de 30 km/h. Cabe señalar, que la mayoría de los ciclistas puede mantener una velocidad de 20km/h. Sin embargo, esta velocidad media es un dato de manera general que no toma los parámetros normalmente evaluados para el diseño de una estructura de ciclovías, y con la tecnología actual aplicada a la construcción de bicicletas, esperar velocidades de operación de 20 a 30 km/h, no es relevante.

5.3 Radios de Curvatura y Distancia de Parada

Radio de curvatura: Es una de las características técnicas más importantes, y lo que se pretende en este caso es que al momento que se presenta curvas en la vías, estas no estén de tal forma que pongan en peligro al conductor, ya que al ser curvas más cerradas, es decir con radio de giro menor será más difícil manejar y si a esto le adicionamos mayor velocidad el ciclista se expone a algún accidente. Como recomendación del REDEVU, tenemos la Tabla N°27:

V(km/h)	R(m)
12	3.3
15	4.0
20	5.2
30	7.6

Tabla 27: Radios de Giro de acuerdo a Velocidad de Diseño

Fuente: Ministerio de Planificación y Cooperación de Chile, 1998

De acuerdo al Manual de Andalucía presentado en teoría líneas anteriores se encuentra en el rango de 5 y 17 m, tomando en cuenta velocidades entre 15 y 30 km/h.

Analizando los manuales de Chile y Andalucía se señala que para nuestra velocidad de diseño el radio de giro recomendable es 7.6m y para intersecciones se sugiere radios mayores a 10m.

Distancia de parada:

Es aquella distancia que el ciclista necesita para detenerse completamente al observar un obstáculo. Esta distancia es una función del tiempo de la percepción y reacción del ciclista, del estado de la superficie, del coeficiente de fricción, de la pendiente y de la velocidad de diseño. En el caso de la velocidad de diseño se tomará 30km/h por motivos de seguridad y maniobrabilidad del ciclista, el tiempo de percepción ya está estandarizado en 2.5 seg., el coeficiente de rozamiento longitudinal (f_l) es 0.25 para vías pavimentadas como será en este caso. Para el caso de la inclinación, ya que nuestro terreno es llano no existen pendientes muy pronunciadas, las máximas pendientes que existen son de 3%.

En la Tabla N°28 se analiza el valor de la distancia de parada siendo un valor de 32 m en ascendente y 37 m en descendente. Por lo tanto, se concluye con el valor más crítico siendo 37 m.

Tabla 28: Distancia de visibilidad en curvas horizontales.

Instituto de Desarrollo Urbano, Manual de Diseño de Ciclorutas, Plan Maestro de Ciclorutas para Santa Fé de Bogotá.

5.4 Sobreancho de Ciclovía

Para determinar el sobreancho se toman en cuenta dos factores importantes en el diseño de las ciclovías:

- El primer factor es determinar la pendiente del tramo a diseñar. De acuerdo al Manual Ciclociudades de México- Tomo IV (Infraestructura) en descensos los ciclistas deben contar con un espacio adicional para hacer correcciones en su trayectoria. De la misma forma, al ascender una pendiente, el ciclista necesita más espacio para circular en zigzag y mantener su balance. Es decir, las vías ciclistas necesitan un sobreancho en zonas con pendientes, especialmente si son bidireccionales.
- El segundo factor, es determinar el radio. En radios menores a 32m, debe aplicarse un sobreancho pues, el ciclista debe inclinarse lo que causa un incremento de una posible colisión. Por lo que la vía se ensancha según la Tabla N°29.

- Las curvas menores de 8m se le pondrán un sobreancho de 1m, de acuerdo a la estructura del diseño.

Radio de Curvatura	Sobreancho Requerido (Pendientes entre 0% y 3%)
24 a 32 m	25 cm
16 a 24 m	50 cm
8 a 16 m	75 cm
0 a 8m	100 cm

Tabla 29: Sobreanchos de ciclovías por radio de curvatura

Fuente: Instituto de Desarrollo Urbano, Manual de Diseño de Ciclorutas, Plan Maestro de Ciclorutas para Santa Fe de Bogotá.

En la Tabla N°30 se visualiza el radio de giro y el sobreancho calculado y en el Anexo N° 6 el detallado de las Curvas.

Districtos	Curva	Radio de Giro (m)	Sobreancho(m)
Los Olivos	C1	3085.41	-
	C2	13.57	0.75
	C3	11.00	0.75
	C4	11.00	0.75
	C5	11.00	0.75
	C6	48.20	-
	C7	494.75	-
	C8	391.63	-
	C9	106.03	-
	C10	157.10	-
	C11	177.05	-
	C12	18.79	0.50
	C13	15.22	0.50
	C14	5.38	1.00
	C15	5.38	1.00
	C16	18.21	0.50
	C17	39.17	
	C18	5.38	1.00
	C19	5.38	1.00
	C25	93.84	
Independencia	C26	365.39	
	C27	5.38	1.00
	C28	11.69	0.75
	C29	5.38	1.00
	C30	31.61	0.25
	C31	5.38	1.00
	C32	25.22	0.25
	C33	22.69	0.50
	C34	106.72	
	C35	28.25	0.25
	C36	42.83	-
	C37	242.34	-
	C38	28.93	0.25
	C39	23.73	0.50

Tabla 30: Radios de Giro y Sobreanchos

Fuente: Propia

5.5 Pendiente de ciclovía

Para la evaluación de las pendientes de la zona se realizó visitas a campo con el fin de corroborar que las pendientes del terreno no generen inconvenientes que puedan afectar la seguridad y comodidad del ciclista. Se tomó en cuenta las pendientes en tramos rectos e intersecciones con el fin de no generar un sobreesfuerzo por parte del ciclista ni aumentar la velocidad en forma súbita.

En los distritos de Independencia y Los Olivos las pendientes no superan el 3%, ya que es un terreno llano, esto es de gran utilidad, ya que por lo general se recomiendan pendientes bajas para asegurar una buena circulación del ciclista.

En el Anexo 07 se adjunta el perfil longitudinal con la ayuda de la herramienta computacional Civil 3D.

5.6 Diseño de intersecciones

Es importante tomar en cuenta el diseño de las intersecciones, ya que uno de los factores influyentes es el tiempo de viaje, la infraestructura ciclista debe trazar una ruta directa y las demoras en las intersecciones deben ser cortas. Cabe señalar, que la ruta más segura es la más cómoda; sin embargo, en la práctica, las ciclovías son incómodos para algunos y las señalizaciones son insuficientes. Por lo tanto, los elementos que se deben cubrir en las intersecciones para reducir el riesgo de accidentes entre el ciclista y el peatón son:

- Reducir la distancia del cruce peatonal y ciclista.
- Reducir la velocidad de los vehículos.
- Mejoramiento de las condiciones de visibilidad.
- Creación de trayectorias de circulación predecibles⁷.

En el distrito de Los Olivos, San Martín de Porres e Independencia presentan 10 intersecciones. La intersección con mayor afluencia vehicular está ubicada en la Av. Universitaria con la Av. Angélica Gamarra en la cual, se debe realizar un

⁷ Cfr. Manual Integral de movilidad ciclista para ciudades mexicanas, 2011, p.93

análisis minucioso porque, influye en la interconexión de la ciclovía existente y la ciclovía a proponer; en el Anexo n°2 se muestra el detalle en planos 2D. Además, en el diseño se analizó la glorieta presente en la Panamericana Norte y con el objetivo de garantizar la seguridad del usuario se concluyó en proponer la construcción del túnel urbano visualizado en el Anexo 8.

5.7 Pavimentación

5.7.1 Estructura de la pavimentación

- **Sub Base:** Es colocada directamente sobre el terreno natural y es importante tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

El relleno debe ser un material compactable.

El material debe ser compactado en capas de 15 cm con el 90% de la densidad máxima del próctor modificado.

- **Base:** Los materiales usados para construir la base deben estar libre de elementos orgánicos. A continuación, se tomará en cuenta el siguiente cuadro granulométrico para la construcción de la base:

TAMIZ(mm)						TAMIZ (mm)	
Tamiz	28	20	14	5	1.25	315	80
% sobre tamaño	100	90-100	68-93	33-60	19-38	9-17	2-8

Tabla 31: Condiciones del Agregado

Fuente: INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO, Manual de Diseño de Ciclorutas, Plan Maestro de Ciclorutas Para Santa Fé de Bogotá D.C. 1999,93 p.

- **Capa de Rodadura:** Tiene dos funciones principales, la primera es dar una superficie de rodadura confortable y segura y la segunda es proteger la capa base.

Las principales cualidades que determinan la selección del material de superficie de rodadura son: resistencia, cohesión, uniformidad en el acabado, impermeabilidad y durabilidad.

5.7.2 Pavimento de Concreto u Hormigón

El hormigón se emplea directamente como capa de rodadura con un adecuado tratamiento de condiciones mínimas de textura antideslizante. Además, se aconseja realizar mantenimiento ya que, la falta de éste se tendrá poca adherencia y añadir una lechada pigmentada para que le añada diferenciación visual. En el aspecto constructivo, se incorporará una malla de 8 mm de 15x15 cm para prevenir asientos diferenciales en el terreno y para evitar fisuraciones como consecuencia de retracción del hormigón, y tener en cuenta las juntas transversales a cada 5 m.

Se puede mencionar entre las ventajas de usar el hormigón las siguientes:

- Resistencias elevadas
- Facilidad de ejecución
- Reducción de mantenimiento
- Durabilidad
- Pigmentable

En la Figura N°48 se observará el esquema de la pavimentación de la ciclovía y con un espesor total (Et) de 35 cm.

Figura 48: Detalle de Pavimento en la ciclovía

Fuente: Propia

5.8 Señalización:

- Tanto la señalización horizontal como la vertical se utilizaron los manuales especificados líneas arriba de los diferentes países con experiencia en infraestructura de ciclovías, dichas señalizaciones se observarán proyectados en

los planos longitudinales; en el Anexo n°9 la lámina detalles señalizaciones horizontales y en el Anexo n°10 el detalle y corte de camellón-rampa.

- Cabe mencionar, en los planos finales de la propuesta se señala tipo y color de pintura a utilizar en las demarcaciones. Además, se podrá visualizar los detalles presentes en la ciclovías tales como, rampas peatonales y para el ciclista.
- Se dio la importancia pertinente en el diseño geométrico de las intersecciones presenten en el trazo, para garantizar la seguridad del ciclista por ejemplo, se consideraron camellones, tachas e islas.
- Con el fin de recoger las señales que mejor representen el propósito de brindar información óptima y legible para el usuario.

5.9 Ciclo Estaciones

Asimismo otra consideración importante es el tipo de duración, existen de dos tipos: corta y de larga duración. La elección de estos tipos de estacionamientos dependerá en la exposición de la bicicleta al aire libre, si existe gran afluencia de ciclistas en la zona y que tan concurrida es la misma.

Los estacionamientos de corta duración son más pequeños y en términos económicos son más amigables y de fácil instalación, sin embargo tienen menos protección que uno de larga duración y están propensos a un más rápido deterioro. En el caso del diseño, para poder determinar el número de estacionamientos nos hemos basado la Tabla N°32 tomando en cuenta los criterios de instalación, máximo número de usuarios y localización de la instalación:

TIPO DE INSTALACIÓN	OPCIÓN 1	OPCIÓN 2
Escuelas Primarios y Secundarias	1 Espacio por cada 20 m ² de aula + 1 Espacio por cada 800 m ² de oficina	10% del número de estudiantes + 3% del número de empleados
Universidades	1 Espacio por cada 20 m ² de aula + 1 Espacio por cada 800 m ² de oficina	6% del número de estudiantes + 3% del número de empleados
Paseos Urbanos	1 Espacio por cada 400 m ²	6% de los espacios de automóviles
Calles Comerciales	5 Espacios cada 200 m de frente de almacén	1 Espacio por cada 300 m ² de espacio comercial.
Tiendas de Esquina	2 ó 4 Espacios	
Centros Deportivos y Recreacionales	12% de los espacios de automóviles	1 Espacio por cada 100 m ²
Edificios de Oficina	1 Espacio por cada 800 m ²	4% de los espacios de automóviles
Cines, Teatros y Restaurantes	1 Espacio por cada 35 sillas	10% de los espacios de automóviles
Plantas Manufactureras	4% de los espacios de automóviles	3% del número de empleados
Proyectos Multifamiliares	1,5 espacios por apartamento	1 por cada dos alcobas
Áreas de Descanso		
• <1.500 ciclistas/día	5 Espacios	
• >1.500 ciclistas/día	10 Espacios	

Tabla 32: Número de espaciamentos para estaciones

Fuente: Technical Handbook of Bikeway Design

5.9.1 Lugares Recomendados

En un enfoque más directo al proyecto evaluado se recomienda una serie de estacionamientos con el fin de comodidad de los usuarios potenciales y colocados estratégicamente en lugares con gran demanda peatonal, así no sólo será un lugar atractivo para estacionar bicicletas, sino que se generará una especie de seguridad ciudadana al estar de manera pública beneficiando a los usuarios.

UBICACIÓN

TIPO DE INSTALACIÓN

<i>Av. Universitaria con Av. Angélica Gamarra.</i>	Calles Comerciales
<i>Av. Angélica Gamarra con Panamericana Norte.</i>	Calles Comerciales
<i>Panamericana Norte con Av. Bolognesi.</i>	Calles Comerciales
<i>Av. Industrial a la altura de SENATI.</i>	Universidades
<i>Av. Industrial con Av. Pacífico.</i>	Calles Comerciales

Es importante implementar el estacionamiento de bicicleta en la Av. Industrial con Av. Pacífico e el proyecto presentado, ya que es el punto final de la ciclovía

proyectada y complementará al estacionamiento ya existente en la Av. Bolognesi con Av. Industrial.

Así que tomando como criterio la opción 1, los espacios destinados para estacionamiento serán de 10 espacios y cubierto para ser protegido contra la intemperie. En la siguiente Figura N°49 se visualiza las 5 estaciones recomendadas y la estación implementada y considerada en la tesis señala con el número 6.

Figura 49: Ubicación de estaciones recomendadas y estación implementada

Fuente: Propia

CAPITULO VI

6.1 CONCLUSIONES

1. En base a los manuales de diseño de infraestructura de ciclovía internacionales revisados, se concluye que existen conceptos similares en base a los factores de diseño tales como; ancho de carriles bidireccionales en la cual fluctúa entre 2.40 m – 3.00 m, velocidad de diseño del ciclista entre 10 km/h – 30 km/h, fórmulas y ábacos para el sobreancho en radios de giro y pendiente.

2. Los manuales que se utilizaron en el diseño geométrico y aspectos de seguridad para el ciclista fueron:

- Manual Integral de movilidad ciclista para ciudades modernas (México).
- Manual de Diseño para Infraestructura de Ciclovías (Lima)
- Manual de Diseño de Ciclorutas (Bogotá)
- Recomendaciones de Diseño para las vías ciclistas (Andalucía)
- Manual de viabilidad urbana REDEVU (Chile).

Sin embargo, en las señalizaciones verticales y horizontales se observa que en el Manual de Diseño para Infraestructura de ciclovías (Lima) no presenta mayor información detallada a comparación de los Manuales existentes en México, Bogotá, Andalucía y Chile que presenta propuestas y detalles de las señalizaciones. En ambos casos se priorizó brindar la mayor seguridad y comodidad al ciclista.

3. En relación al conteo de 402 usuarios encuestados en la zona de estudio; el 0.7% usan la bicicleta como medio de transporte en la ciclovía proyectada y el 83% estarían dispuestos a utilizar cuando la ciclovía se encuentre operativa.

4. En la realización del diseño geométrico de la ciclovía propuesta se realizó visitas in situ, y estudios de oferta y demanda, con el objetivo de plantear parámetros que se adapten al entorno tales como; velocidad de diseño, pendientes, radios de giro, sobreanchos y ancho de carril. Todo ello, con la finalidad de asegurar la continuidad vial y seguridad del usuario ciclista. Además, se definió la realización del túnel urbano con una longitud de 210 m y 5 m de ancho ubicado en el cruce de la Panamericana Norte con la Av. Angélica Gamarra.

5. De acuerdo a las continuas visitas al lugar de estudio se identificaron puntos de atracción de viajes en el trazado de la ciclovía propuesta por ejemplo, residencias, lugares de trabajo, centros comerciales, institutos de enseñanza, etc.

Que aproximadamente suman 15 puntos de atracción de los cuales los principales son:

Mercado Mayorista “CONZAC”, Instituto “INTECI”, Instituto “COLUMBIA”, Centros educativos “PAMER”, Centro Comercial “PLAZA NORTE”, Instituto “SENATI”, Universidad San Ignacio de Loyola (USIL), Instituto “ICPNA”, Centro Comercial “MEGA PLAZA”.

6. En relación al pronóstico de tránsito futuro en la ciclovía proyectada se evidencia que el tránsito promedio diario anual al año 2016 se encuentra en el rango de 109 y 117 bicicletas diaria. Así mismo, si se proyecta inaugurar la ciclovía en el año 2021, el tránsito promedio diario anual al año de inauguración es 151 bicicletas/día y el crecimiento normal del tránsito es 36 bicicletas/día. En relación al índice de tránsito al 2021 es 117 bicicletas/día. De acuerdo a ello, el tránsito futuro es 232 bicicletas/día.

CAPITULO VII

7.1 RECOMENDACIONES

1. El diseñador de ciclovías debe realizar visita a campo al finalizar el bosquejo de planos para la rectificación del diseño y evitar inconvenientes y contratiempos.
- 2 Se recomienda plantear ciclocarriles en los distritos de los Olivos, ya que se observó la posibilidad de creación de rutas cortas entre la ciclovía de la Av. Tomás Valle y la proyectada en ésta tesis.
- 3 Se recomienda tomar medidas correctivas o penalidades ante las violaciones de las señalizaciones por parte del conductor o ciclista, en el caso de que el conductor invada el carril exclusivo de las bicicletas.
- 4 Se debe exhortar a las autoridades municipales de los distritos de Los Olivos e Independencia realizar el mantenimiento continuo de las ciclovías existentes, por ejemplo, la plantación de árboles y áreas verdes, eliminación de desmontes, pintado de las señalizaciones y mantenimiento de las superficies de rodadura. Se especifica las ciclovías de la Av. Tomás Valle y Av. Universitaria; para la mejor funcionalidad de éste y la interconexión de ellas con la ciclovía recomendada en la presente investigación.
- 5 Se recomienda contar con una Norma Peruana reglamentada, en la cual existan todos los estándares necesarios para el diseño geométrico de una ciclovía.
- 6 Además de la estación de bicicletas propuesta en la Av. Pacífico con Av. Industrial, se recomienda evaluar la posibilidad de colocar estacionamientos para bicicletas en los siguientes puntos :
 - Av. Universitaria con Av. Angélica Gamarra
 - Av. Angélica Gamarra a la altura del Mercado Mayorista “CONZAC”.
 - Av. Angélica Gamarra con Panamericana Norte
 - Panamericana Norte con Av. Bolognesi
 - Av. Industrial a la altura de SENATI
- 7 La finalidad de brindar comodidad al ciclista a medida que se incremente el tránsito de bicicletas.
- 8 Las autoridades responsables del transporte en la ciudad deben implementar ciclovías para usuarios con fines no exclusivamente recreativos sino, que sea utilizado como medio de transporte en forma habitual para sus actividades diarias, buscando integrarlas a una red de ciclovías que en el futuro abarque toda la ciudad, teniendo en cuenta a la bicicleta como un medio de transporte sostenible.

BIBLIOGRAFIA

- ASITENCIA TÉCNICA INTERNACIONAL EN RED DE CICLOVIAS (2014)
Manual Técnico sobre el Diseño y Construcción de Ciclovías. (Consulta: 22 de abril del 2016)
- Cavero, Gissell y Fernández, Paola, Gestión de Transporte Sostenible y Diseño Geométrico de ciclovía que interconecte la estación Aramburú del Metropolitano y la Estación San Borja Sur del Metro de Lima, 2015.
- CAMBRIDGE CYCLING CAMPAIGN FUNDED (2014) Making Space for Cycling. (1 de junio del 2016) Recuperado de <http://www.makingspaceforcycling.org/MakingSpaceForCycling.pdf>.
- CONSEJO NACIONAL DE SEGURIDAD VIAL (2015) PLAN NACIONAL DE SEGURIDAD VIAL 2015 – 2024. (18 de abril del 2016) Recuperado de https://www.mtc.gob.pe/cnsv/Proyecto%20del%20Plan%20Nacional%20de%20Seguridad%20Vial%202015_2024.pdf.
- FUNDACIÓN TRANSITEMOS (2014) Plan Metropolitano de Desarrollo Urbano Lima Y Callao 2035. (18 de abril del 2016). Recuperado de http://www.transitemos.org/wpcontent/uploads/2015/02/MOVILIDAD-PLAM-19-08-14_PDF1.pdf.
- IDOM ZARAGOZA (2010) Plan Director de la bicicleta de Zaragoza. (Consulta: 17 de mayo)
- INSTITUTO PARA POLÍTICAS DE TRANSPORTE Y DESARROLLO, MÉXICO (2011) Manual Integral de movilidad ciclista para ciudades mexicanas.
- INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO, Manual de Diseño de Ciclorutas, Plan Maestro de Ciclorutas Para Santa Fé de Bogotá (1999)
- INSTITUTO METROPOLITANO PROTRANSPORTE DE LIMA – PROTRANSPORTE (2014) Estaciones del Metropolitano. Lima: PROTRANSPORTE.

MINISTERIO DE VIVIENDA Y URBANISMO (2009) Manual de Viabilidad Urbana Recomendaciones para el Diseño de Elementos de Infraestructura Vial Urbana.

MUNICIPALIDAD METROPOLITANA DE LIMA, Manual de Diseño para Infraestructura de Ciclovías, 57p.

MAKING SPACE FOR CYCLING, A guide for new developments and Street renewals, Second edition 2014.

PUBLIMETRO (2015) 183.913 vehículos vendidos en el 2014.

(18 de abril del 2016). Recuperado de <http://publimetro.pe/actualidad/noticia-183913-vehiculos-vendidos2014-30455?ref=ecr>.

PUCP (2014) Lima pasará de 150 km a 500 km de ciclovías al 2021.

(23 de abril de 2016). Recuperado de <http://www.pucp.edu.pe/climadecambios/index.php?tmpl=articulo&id=1760>.

Ramírez, Daniel: PROPUESTA DE CIRCUITOS PARA BICICLETAS Y DISEÑO DE CICLOVÍAS EN EL MUNICIPIO BOLIVARIANO LIBERTADOR, 2013.

ANEXOS

Anexo 1 – Distribución de Modos de Transporte

DISTRIBUCIÓN DE MODOS DE TRANSPORTE

Tipo de Vehículo	Avenida Universitaria			
	Mega Plaza	Senati	Icpna	USIL
Mototaxi	5	5	10	8
Taxi	2	8	10	8
Trans.Público	7	15	20	13
Bicicleta	2			

Resumen		
Mototaxi	7.3%	33.0
Taxi	19.6%	89.0
Trans.Público	72.4%	328.0
Bicicleta	0.7%	3.0
		453

Tipo de Vehículo	Panamericana Norte			
	Mega Plaza	Senati	Icpna	USIL
Taxi	5	7	3	8
Trans.Público	17	21	15	12
Bicicleta				1

Tipo de Vehículo	Av. Tomas Valle			
	Mega Plaza	Senati	Icpna	USIL
Taxi	5	3	2	3
Trans.Público	15	22	27	11

Tipo de Vehículo	Av. San German			
	Mega Plaza	Senati	Icpna	USIL
Taxi	2	1	4	3
Trans.Público	21	19	24	12

Tipo de Vehículo	Av. Angélica Gamara			
	Mega Plaza	Senati	Icpna	USIL
Mototaxi				5
Taxi	3	2	5	5
Trans.Público	11	17	20	9

Anexo 2- Aforos Vehiculares

AFORO VEHICULAR

AFOROS EN HORA PUNTA

8AM

8AM

1. Av. Angelica Gamarra

Días/ Vehiculos	Motocicleta	Mototaxi	Taxi	Combi	Microbus	Camion Pequeño
Lunes	6	8	6	21	14	6
Martes	7	8	8	22	15	5
Miércoles	8	12	6	20	24	2
Jueves	6	8	9	21	18	0
Viernes	8	12	7	21	16	2
Sábado	10	14	11	24	18	4
Domingo	5	9	14	25	17	3

2. Av. Industrial

Días/ Vehiculos	Motocicleta	Mototaxi	Taxi	Combi	Microbus	Omnibus	Camion pequeño
Lunes	10	14	14	18	18	1	0
Martes	8	11	8	13	15	2	0
Miércoles	8	13	13	14	9	3	1
Jueves	9	14	14	17	10	5	3
Viernes	9	15	6	20	12	3	1
Sábado	10	15	10	9	5	3	2
Domingo	11	8	11	15	5	3	1

AFOROS EN HORA PUNTA

6pm

7pm

1. Av. Angelica Gamarra

Días/ Vehiculos	Motocicleta	Mototaxi	Taxi	Combi	Microbus	Camion Pequeño
Lunes	4	15	5	20	11	0
Martes	2	10	8	24	11	0
Miércoles	3	12	6	25	12	1
Jueves	5	9	12	24	13	0
Viernes	9	11	8	21	12	1
Sábado	4	15	9	23	14	3
Domingo	7	14	16	23	9	0

2. Av. Industrial

Días/ Vehiculos	Motocicleta	Mototaxi	Taxi	Combi	Microbus	Omnibus	Camion pequeño
Lunes	11	12	17	13	10	6	0
Martes	5	13	18	10	16	8	0
Miércoles	7	14	13	11	11	8	1
Jueves	5	11	15	15	9	9	2
Viernes	8	11	14	13	12	7	0
Sábado	11	14	23	11	6	11	2
Domingo	8	17	25	9	9	10	1

Anexo 3 – Plano de la Intersección Av. Universitaria con la Av. Angélica Gamarra.

Anexo 4 - Plano de Cortes y Detalles Av. Angélica Gamarra

Anexo 5 – Cortes y Detalles Av. Bolognesi

Anexo 6 - Cuadro de Detalle de Curvas en la Ciclovía

Anexo 7 - Perfil Longitudinal

Anexo 8 - Sección y Vistas en Túnel Av. Angélica Gamarra

Anexo 9 – Plano de Señalizaciones Horizontales

Anexo 10 – Detalle y Secciones de Camellón