UNIVERSIDAD PERUANA DE CIENCIAS APLICADAS

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL

“Propuesta de ciclovía para mejorar la eficiencia de la conexión entre las estaciones del Metro y Metropolitano de la avenida Angamos en Lima”

TESIS

Para optar el título profesional de Ingeniero Civil

AUTOR(ES)

Assereto Gómez, Jesús Orlando (0000-0002-4448-3388)

Melgar Alvarado, Martin Eduardo (0000-0003-4557-3614)

ASESOR

Bravo Lizano, Aldo Rafael (0000-0003-4835-795X)

Lima, 17 de Febrero del 2020

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.

AGRADECIMIENTOS

Sobre todo, agradezco a Dios. A nuestro asesor, Aldo Rafael Bravo Lizano, 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

El crecimiento económico y social que afronta el país en la actualidad ha traído como resultado un gran incremento de la demanda de viajes en las zonas urbanas de Lima Metropolitana; esto se ve reflejado en el incesante aumento de transporte privado y público, lo que da a lugar a la congestión vehicular, diversos accidentes de tránsito y elevados niveles contaminación ambiental y sonora. El flujo vehicular ha aumentado, no solo en avenidas principales, sino también calles secundarias, por vehículos particulares y de transporte público debido a que el parque automovilístico en el Perú ha aumentado en estos últimos años. Llegando a alcanzar hasta Julio del año 2018 un aumento del 5.5% anual, así lo indica el informe técnico N°09 de la INEI y el MTC. Es por esta razón que es necesaria la implementación de otras alternativas para el transporte privado y que sirva como apoyo al transporte público. La importancia de establecer una solución al importante tráfico que se vive en las calles diariamente ha concluido en la utilización de la bicicleta como medio de transporte cotidiano. En los últimos años, ciudades como Bogotá, en Colombia y Santiago en Chile han logrado que la bicicleta pase ser un modo de transporte recreativo a ser también un modo de transporte urbano cotidiano y eficiente. Sin embargo, Lima ha mantenido el porcentaje de personas que usa la bicicleta, ya sea de manera recreativa o laboral, en un 0.5% de la población, según el FONAM. Asimismo, los 150 km de ciclovía establecidas hasta la actualidad presentan falta de funcionalidad, planificación y deficiencia en el diseño geométrico de la interconectividad entre estas. Por lo tanto, en la presente tesis se analizará la aceptación de una ciclovía que conecte las estaciones de la Av. Angamos de dos medios de transporte masivo como lo son el Metro y el Metropolitano de Lima y se propondrá una ruta que cumpla con las bases de tiempo, infraestructura y accesibilidad de manera que cumpla eficientemente las necesidades de los usuarios de llegar a tiempo.

Palabras Claves:

Ciclovía, bicicleta, diseño geométrico, transporte eficiente, transporte sostenible, tráfico, transporte no motorizado.

ABSTRACT

The economic and social growth that the country is facing nowadays has resulted in an unceasing increase in the demand for travel in the urban areas of Metropolitan Lima; This is reflected in the constant increase in private and public transport, which leads to high traffic congestion, accidents, environmental pollution and noise. The traffic flow has increased, not only in main avenues, but also secondary streets, by private vehicles and public transport because the automobile fleet in Peru has increased in recent years. Reaching until July of 2018 an increase of 5.5% per year, as indicated in the technical report N ° 09 of the INEI and the MTC. It is for this reason that it is necessary to implement other alternatives for private transportation and to serve as a support to public transport. The importance of establishing a solution to the important traffic that lives on the streets daily has ended in the use of the bicycle as a means of daily transport. In recent years, cities such as Bogotá, Colombia and Santiago in Chile have made cycling a recreational mode of transport and also a daily and efficient mode of urban transport. However, Lima has maintained the percentage of people who use the bicycle, either recreationally or work, in 0.5% of the population, according to the FONAM. Likewise, the 150 km of bikeways established to date present lack of functionality, planning and deficiency in the geometric design of the interconnectivity between them. Therefore, in this thesis will be analyzed the acceptance of a bikeway that connects the stations of Av. Angamos of two means of mass transport as they are the Metro and the Metropolitan of Lima and a route that complies with the bases will be proposed of time, infrastructure and accessibility in a way that efficiently meets the needs of users to arrive on time.

Keywords:

Bikeways, bicycle, geometric design, efficient transport, sustainable transport, traffic, non-motorized transport

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	I
AGRADECIMIENTOS	II
RESUMEN	3
ABSTRACT	4
ÍNDICE.....	5
ÍNDICE DE TABLAS	8
ÍNDICE DE FIGURAS	10
INTRODUCCIÓN.....	1
1. MARCO TEORICO	8
1.1 CONCEPTOS ENFOCADOS AL TRANSPORTE	8
1.2. BICICLETA COMO MEDIO DE TRANSPORTE URBANO	9
1.2.1. <i>Tipos de Infraestructura para bicicleta</i>	13
1.3. DEMANDA DEL METRO DE LIMA.....	15
1.4. DEMANDA DEL METROPOLITANO	15
1.5. TRÁNSITO VEHICULAR.....	15
1.6. AFOROS.....	16
1.6.1. <i>Muestra</i>	17
1.7. ESTACIONES.....	17
1.8. MÉTODO DE CONEXIONES EXISTENTES.....	18
1.9. DISEÑO GEOMÉTRICO DE CICLOVÍA	20
1.9.1. <i>Principios básicos en el diseño de ciclovía</i>	21
1.9.2. <i>Parámetros a tener en cuenta</i>	21
1.9.3. <i>Criterios de adaptación al entorno</i>	22
1.9.4. <i>Criterios Geométricos</i>	22
1.9.4.1. Ancho de ciclovías.....	22
1.9.4.2. Velocidad de diseño	25
1.9.4.3. Radio de curvatura y distancia de Parada	27
1.9.4.4. Sobreancho de ciclovías.....	29
1.9.4.5. Diseño de Intersecciones	30
1.9.5. <i>Aspectos de Seguridad</i>	31
1.9.5.1. Señales Horizontales.....	31
1.9.5.2. Señales Verticales	38
1.9.6. <i>Estacionamientos de Bicicletas</i>	41
2. MATERIALES Y MÉTODOS	43
2.1. NIVEL DE INVESTIGACIÓN	44
2.2. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	44
2.3 MATERIAL.....	48
2.3.1 <i>Población</i>	48
2.3.2 <i>Muestreo</i>	48
2.4 METODOLOGÍA	49
2.4.1 <i>Ventajas de implementar ciclovía como medio de conexión</i>	49
2.4.2 <i>Recopilación de Demanda actual</i>	50

2.4.3. Recopilación de datos de tiempo, accesibilidad, infraestructura.....	50
2.4.4. Ejecución de encuestas y recopilación de datos	50
2.4.5. Calculo de demanda a corto y largo plazo.....	52
2.4.6. Evaluación de Rutas y Diseño Geométrico	53
2.4.7. Verificación de funcionalidad de la ciclovía	54
3. DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL.....	57
3.1 DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	57
3.2. ZONIFICACIÓN	58
3.2.1. Ciclovía existente en la zona	59
3.2.2. Estacionamientos de ciclovías existentes.....	61
3.2.3. Propuesta de Rutas de Rutas.....	62
3.2.4. Características de avenidas principales	64
4. RECOPIACIÓN DE DATA E INFORMACIÓN	65
4.1 DEMANDA ACTUAL DEL METRO DE LIMA	65
4.2 DEMANDA ACTUAL DEL METROPOLITANO DE LIMA	67
4.3 DEMANDA DE PERSONAS QUE UTILIZAN AMBOS TRANSPORTES	69
4.3.1 Metro de Lima:	71
4.3.2 Metropolitano de Lima:.....	74
4.4 DEMANDA DE PERSONAS QUE UTILIZARÍAN LA CICLOVÍA EN HORAS PUNTA	78
4.4.1 Metro de Lima:	78
4.4.2 Metropolitano de Lima:.....	80
4.5 ESTUDIO DEL TRÁFICO VEHICULAR	83
4.6 ESTUDIO DEL TRÁFICO PEATONAL	89
4.7 ESTUDIO DEL TRÁFICO NO MOTORIZADO	90
4.8 DISTANCIAS Y TIEMPOS ENTRE ESTACIONES	91
4.8.1 Primera alternativa:	91
4.8.2 Segunda Alternativa:.....	97
4.8.3 Tercera Alternativa:	100
4.9 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LA CONEXIÓN.....	102
4.9.1 Primera Alternativa	103
4.9.2 Segunda Alternativa	107
4.9.3 Tercera Alternativa.....	111
5. PROYECCIÓN Y PRONÓSTICO DEL TRÁNSITO	115
5.1 CÁLCULO DEL TRÁFICO ACTUAL	115
5.2 CÁLCULO DEL TRÁFICO GENERADO.....	117
5.3 CÁLCULO DEL TRÁNSITO DESARROLLADO Y CRECIMIENTO NORMAL DEL TRÁNSITO ..	119
5.4 PRONÓSTICO DEL TRÁNSITO FUTURO	122
6. DISEÑO DE LA CONEXIÓN	123
6.1 TIPOLOGÍA CICLOVIAL	123
6.2 ANCHO DE CICLOVÍAS	123
6.3 VELOCIDAD DE DISEÑO	125
6.4 RADIOS DE CURVATURA Y DISTANCIA DE PARADA	125
6.5 SOBREALCHO DE CICLOVÍA.....	126
6.6 PENDIENTE DE CICLOVÍA.....	129
6.7 DISEÑO DE INTERSECCIONES.....	129
6.8 SEÑALIZACIÓN.....	129

6.9 ESTACIONAMIENTO DE BICICLETAS.....	131
7. VALIDACIÓN DE CICLOVÍA COMO MEDIO DE CONEXIÓN.....	134
7.1 ESCENARIO 1: RUTA 1	134
<i>7.1.1 Evaluación de tiempo de movilidad</i>	<i>134</i>
<i>7.1.2 Evaluación económica</i>	<i>135</i>
7.2 ESCENARIO 2: RUTA 2	136
<i>7.2.1 Evaluación de tiempo de movilidad</i>	<i>136</i>
<i>7.2.2 Evaluación económica</i>	<i>137</i>
7.3 ESCENARIO FINAL	138
<i>7.3.1 Evaluación de tiempo de movilidad</i>	<i>138</i>
<i>7.3.2 Evaluación económica</i>	<i>139</i>
8. CONCLUSIONES	141
9. RECOMENDACIONES	143
10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA.....	144
ANEXOS.....	146

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1: ENCUESTA LIMA COMO VAMOS 2017	1
TABLA 2: VELOCIDAD DE DISEÑO EN FUNCIÓN DE LA PENDIENTE.....	26
TABLA 3: TIPO DE INFRAESTRUCTURA SEGÚN CONDICIONES DE VELOCIDAD Y VOLUMEN DE MOTORIZADOS	26
TABLA 4: RELACIÓN VELOCIDAD-RADIO	27
TABLA 5: SOBREALCHO DE ACUERDO A LA PENDIENTE Y LONGITUD	29
TABLA 6: DISTANCIA DE RIESGO PARA LA COLOCACIÓN DE SEÑALES	39
TABLA 7: VARIABLES INDEPENDIENTES.....	45
TABLA 8: LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO	57
TABLA 9: DISTANCIAS DESDE LOS PUNTOS DE ATRACCIÓN A LAS ESTACIONES DEL METRO Y METROPOLITANO	59
TABLA 10: CICLOVÍAS EXISTENTES EN LA ZONA.....	59
TABLA 11: LISTA DE ESTACIONAMIENTOS CERCANOS A LA AV. ANGAMOS	61
TABLA 12: CARACTERÍSTICAS DE AVENITAS DE LA RUTA DIRECTA	64
TABLA 13: DEMANDA DE USUARIOS EN LA ESTACIÓN ANGAMOS	65
TABLA 14: DEMANDA DE USUARIOS EN LA ESTACIÓN ANGAMOS DEL METROPOLITANO.....	68
TABLA 15: AFORO VEHICULAR DE LA INTERSECCIÓN ANGAMOS CON AVIACIÓN DE LAS 7AM – 8PM.....	83
TABLA 16: AFORO VEHICULAR DE LA INTERSECCIÓN ANGAMOS CON TOMÁS MARSANO DE LAS 7AM - 8PM	84
TABLA 17: AFORO VEHICULAR DE LA INTERSECCIÓN ANGAMOS CON REPÚBLICA DE PANAMÁ DE LAS 7AM - 8PM.....	85
TABLA 18: AFORO VEHICULAR DE LA INTERSECCIÓN ANGAMOS CON PASO DE LA REPÚBLICA DE LAS 7AM - 8PM.....	86
TABLA 19: HISTOGRAMA DEL FLUJO VEHICULAR DE LA INTERSECCIÓN ANGAMOS CON PASEO DE LA REPÚBLICA DE LAS 7AM - 8PM	88
TABLA 20: AFORO DE BICICLETAS ENTRE LAS 7AM - 9AM.....	90
TABLA 21: AFORO DE BICICLETAS ENTRE LAS 11AM - 1PM.....	90
TABLA 22: AFORO DE BICICLETAS ENTRE LAS 5PM -- 7PM	91
TABLA 23: TIEMPOS POR RECORRIDO EN MICROBÚS EN LA RUTA 1	92
TABLA 24: TIEMPOS POR RECORRIDO EN BICICLETA EN LA RUTA 1	94
TABLA 25: TIEMPOS POR RECORRIDO CAMINANDO EN LA RUTA 1	95
TABLA 26: TIEMPOS POR RECORRIDO EN BICICLETA EN LA RUTA 2	97
TABLA 27: TIEMPOS DE RECORRIDO CAMINANDO EN LA RUTA 2.....	99
TABLA 28: TIEMPOS DE RECORRIDOS EN BICICLETA EN LA RUTA 3	100
TABLA 29: TIEMPOS DE RECORRIDOS CAMINANDO EN LA RUTA 3.....	101
TABLA 30: CONTEO DE BICICLETAS 7 DÍAS.....	115
TABLA 31: CÁLCULO DE HABITANTES POR ZONA DE INFLUENCIA	118
TABLA 32: POBLACIÓN QUE SE MOVILIZA EN BICICLETA EN LIMA DEL 2008 AL 2013.....	119
TABLA 33: RADIOS DE GIRO DE ACUERDO A VELOCIDAD DE DISEÑO.....	125
TABLA 34: DISTANCIA DE VISIBILIDAD EN CURVAS HORIZONTALES.....	126
TABLA 35: SOBREALCHOS DE CICLOVÍAS POR RADIO DE CURVATURA	127
TABLA 36: RADIOS DE GIRO Y SOBREALCHOS PARA RUTA 1	127
TABLA 37: RADIOS DE GIRO Y SOBREALCHOS PARA RUTA 2	128
TABLA 38: NÚMERO DE ESPACIAMIENTOS PARA ESTACIONES	131

TABLA 39: EVALUACIÓN DE TIEMPO PARA CICLOVÍA RUTA 1.....	134
TABLA 40: EVALUACIÓN DE TIEMPO PARA EL TRANSPORTE PÚBLICO RUTA 1.....	135
TABLA 41: EVALUACIÓN ECONÓMICA PARA CICLOVÍA RUTA 1.....	135
TABLA 42: EVALUACIÓN DE TIEMPO PARA CICLOVÍA RUTA 2.....	136
TABLA 43: EVALUACIÓN DE TIEMPO PARA TRANSPORTE PÚBLICO RUTA 2.....	137
TABLA 44: EVALUACIÓN ECONÓMICA PARA CICLOVÍA RUTA 2.....	137
TABLA 45: EVALUACIÓN DE TIEMPO PARA CICLOVÍA RUTA FINAL.....	138
TABLA 46: EVALUACIÓN DE TIEMPO PARA TRANSPORTE PÚBLICO RUTA FINAL	139
TABLA 47: EVALUACIÓN ECONÓMICA PARA CICLOVÍA RUTA FINAL.....	139

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: EVENTO PARA PROMOVER EL USO DE BICICLETA, LIMA	10
FIGURA 2: BICICLETA MONTAÑERA	11
FIGURA 3: BICICLETA CON CANASTILLA	11
FIGURA 4: BICICLETA BMX	12
FIGURA 5: EJEMPLO DE VÍA SEGREGADA BIDIRECCIONAL, CHILE	13
FIGURA 6: EJEMPLO DE VÍA COMPARTIDA, BARCELONA	14
FIGURA 7: EJEMPLO DE CICLOVÍA VERDE, LIMA	14
FIGURA 8: DISTANCIA RECORRIDA EN HORA PUNTA CON DIFERENTES SISTEMAS DE TRANSPORTES EN LIMA	16
FIGURA 9: ESTACIÓN ANGAMOS METROPOLITANO DE LIMA	18
FIGURA 10: ESTACIÓN ANGAMOS METRO DE LIMA	18
FIGURA 11: LIMEÑOS USAN TRANSPORTE PÚBLICO PARA MOVERSE DE ESTACIÓN A ESTACIÓN	19
FIGURA 12: PORCENTAJE DE LA POBLACIÓN EN LIMA QUE USA DIFERENTES TRANSPORTES	19
FIGURA 13: CLASIFICACIÓN TERRITORIAL DE CICLOVÍAS	20
FIGURA 14: DIMENSIONES BÁSICAS ESTÁNDAR POR TIPO DE BICICLETA	21
FIGURA 15: ESPACIO DE OPERACIÓN DE UNA BICICLETA	23
FIGURA 16: ANCHO DE CICLOVÍA UNIDIRECCIONAL	24
FIGURA 17: ANCHO DE LA CICLOVÍA EN SENTIDO BIDIRECCIONAL CON SARDINELES DE $H < 10$ CM	24
FIGURA 18: ANCHO DE CICLOVÍA BIDIRECCIONAL CON SARDINEL DE $H > 10$ CM	25
FIGURA 19: CICLOVÍA EN SEPARADOR CENTRAL EN CRUCE CON VÍA DE DOBLE SENTIDO DE CIRCULACIÓN	36
FIGURA 20: CICLOVÍA EN SEPARADOR CENTRAL EN CRUCE CON VÍA EN UN SOLO SENTIDO	36
FIGURA 21: APLICACIÓN DE PINTURA VERDE	37
FIGURA 22: TACHAS BLANCAS	38
FIGURA 23: DETALLE DE LAS SEÑALIZACIONES VERTICALES	39
FIGURA 24: BICICLETA PARQUEADA EN ESTACIONAMIENTO	42
FIGURA 25: ESTACIONAMIENTOS CON PROTECCIÓN, SAN BORJA	42
FIGURA 26: TIPOS DE CARRILES Y SUS RESPECTIVOS ANCHOS (REFERENCIAL)	47
FIGURA 27: TIEMPO EN SEMÁFOROS (REFERENCIAL)	47
FIGURA 28: ANCHO DE CICLOVÍA (REFERENCIAL)	48
FIGURA 29: ZONA DE ESTUDIO	57
FIGURA 30: ZONIFICACIÓN	58
FIGURA 31: RUTAS DE LAS CICLOVÍAS EXISTENTES EN SURQUILLO	60
FIGURA 32: CICLOVÍAS EXISTENTES EN SAN BORJA	61
FIGURA 33: ESTACIONAMIENTOS CERCANOS A LA AV. ANGAMOS	62
FIGURA 34: PRIMERA ALTERNATIVA DE RUTA DE CONEXIÓN	62
FIGURA 35: SEGUNDA ALTERNATIVA DE RUTA DE CONEXIÓN	63
FIGURA 36: TERCERA ALTERNATIVA DE RUTA DE CONEXIÓN	63
FIGURA 37: FORMATO DE ENCUESTA UTILIZADO EN LAS ESTACIONES DEL METRO Y METROPOLITANO DE LIMA	70
FIGURA 38: CONTEO DE PEATONES POR HORA DE INTERSECCIONES MÁS INFLUYENTES EN LA AV. ANGAMOS	89
FIGURA 39: PRIMERA ALTERNATIVA DE RUTA DE CONEXIÓN	91
FIGURA 40: VISTA DEL TRÁFICO EN LA AV. ANGAMOS	93

FIGURA 41: CICLISTA EN EL CRUCE AV. ANGAMOS Y AV. TOMÁS MARZANO.....	95
FIGURA 42: PERSONAS USANDO CRUCERO PEATONAL PARA CRUZAR AVENIDAS PRINCIPALES.....	96
FIGURA 43: SEGUNDA ALTERNATIVA DE RUTA PARA CICLOVÍA.....	97
FIGURA 44: CICLISTA TRANSITANDO POR LA CALLE DOMINGO ELÍAS CON EL JIRÓN DANTE	98
FIGURA 45: IMAGEN DE ÁREA DE INFLUENCIA DE LA CICLOVÍA.....	118
FIGURA 46: ESPACIO DE OPERACIÓN DE UNA BICICLETA	124
FIGURA 47: SEÑAL VERTICAL INCLUIDA "VÍA COMPARTIDA CON PRIORIDAD AL CICLISTA"	130
FIGURA 48: SEÑAL VERTICAL INCLUIDA "CIRCULACIÓN COMPARTIDA"	130
FIGURA 49: TIPO DE INSTALACIÓN PARA LAS INTERSECCIONES MÁS CONCURRIDAS	132
FIGURA 50: CICLOPARQUEADEROS EN ESPACIO PÚBLICO TIPO U INVERTIDA...	132
FIGURA 51: CICLOPARQUEADERO MOBILIARIO DESCUBIERTO	133
FIGURA 52: UBICACIÓN DE ESTACIONES RECOMENDADAS Y ESTACIÓN IMPLEMENTADA	133

ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1: AUMENTO PARQUE AUTOMOTOR NACIONAL (2006-2012)	4
GRÁFICO 2: PARQUE AUTOMOTOR EN LA CIUDAD DE LIMA (2006-2012)	5
GRÁFICO 3: RADIO DE CURVATURA EN FUNCIÓN DEL PERALTE Y LA VELOCIDAD DE DISEÑO.....	28
GRÁFICO 4: DISTANCIA DE VISIBILIDAD EN CURVAS HORIZONTALES	29
GRÁFICO 5: SEÑALES VERTICALES UTILIZADAS EN CICLOVÍA	40
GRÁFICO 6: FLUJOGRAMA DE LA METODOLOGÍA	43
GRÁFICO 7: DEMANDA MENSUAL DE USUARIOS DEL METRO DE LIMA 2018	66
GRÁFICO 8: DISPERSIÓN DE DATOS DE DEMANDA DIARIA DEL METRO DE LIMA EN EL 2018.....	66
GRÁFICO 9: HISTOGRAMA DE DEMANDA MENSUAL DEL METROPOLITANO DEL 2018.....	68
GRÁFICO 10: DISPERSIÓN DE DEMANDA DIARIA DE USUARIOS DEL METROPOLITANO DEL 2018	69
GRÁFICO 11: PERSONAS QUE AL SALIR DE LA ESTACIÓN DEL METRO UTILIZARÍAN EL METROPOLITANO	71
GRÁFICO 12: PERSONAS QUE HAN UTILIZADO EL METRO Y METROPOLITANO PARA UN MISMO VIAJE O EN DIFERENTES VIAJES	72
GRÁFICO 13: DISTRITOS DE ORIGEN DE LOS USUARIOS DEL METRO DE LIMA	72
GRÁFICO 14: DISTRITOS DE DESTINO DE LOS USUARIOS DEL METRO DE LIMA ..	73
GRÁFICO 15: MODOS DE TRANSPORTE DE LOS USUARIOS AL SALIR DEL METRO	73
GRÁFICO 16: PERSONAS QUE AL SALIR DE LA ESTACIÓN DEL METROPOLITANO UTILIZARAN EL METRO DE LIMA	74
GRÁFICO 17: PERSONAS QUE HAN UTILIZADO EL METRO Y METROPOLITANO PARA UN MISMO VIAJE O EN DIFERENTES VIAJES	75
GRÁFICO 18: DISTRITOS DE ORIGEN DE LOS USUARIOS DEL METRO DE LIMA	76
GRÁFICO 19: DISTRITOS DE DESTINO DE LOS USUARIOS DEL METRO DE LIMA ..	77
GRÁFICO 20: MODOS DE TRANSPORTE DE LOS USUARIOS AL SALIR DEL METROPOLITANO	77
GRÁFICO 21: USUARIOS DEL METRO DE LIMA QUE USARÍAN LA CICLOVÍA QUE CONECTE CON EL METROPOLITANO (GLOBAL)	78
GRÁFICO 22: USUARIOS DEL METRO DE LIMA QUE USARÍAN LA CICLOVÍA QUE CONECTE CON EL METROPOLITANO (ESPECÍFICO)	79
GRÁFICO 23: PERSONAS QUE ESTARÍAN DISPUESTAS A LLEVAR SU PROPIA BICICLETA EN LA CICLOVÍA PROPUESTA	79
GRÁFICO 24: PERSONAS QUE PREFIEREN QUE MUNICIPALIDADES BRINDEN EL SERVICIO DE ALQUILER	80
GRÁFICO 25: USUARIOS DEL METROPOLITANO QUE USARÍAN LA CICLOVÍA QUE CONECTE CON EL METRO DE LIMA (GLOBAL).....	80
GRÁFICO 26: USUARIOS DEL METROPOLITANO QUE USARÍAN LA CICLOVÍA QUE CONECTE CON EL METRO DE LIMA (ESPECÍFICO)	81
GRÁFICO 27: PERSONAS QUE ESTARÍAN DISPUESTAS A LLEVAR SU PROPIA BICICLETA EN LA CICLOVÍA PROPUESTA	82
GRÁFICO 28: PERSONAS QUE PREFIEREN QUE MUNICIPALIDADES BRINDEN EL SERVICIO DE ALQUILER DE BICICLETAS.....	82
GRÁFICO 29: HISTOGRAMA DEL FLUJO VEHICULAR DE LA INTERSECCIÓN ANGAMOS CON AVIACIÓN DE LAS 7AM - 8PM	87

GRÁFICO 30: HISTOGRAMA DEL FLUJO VEHICULAR DE LA INTERSECCIÓN 333ANGAMOS CON TOMÁS MARSANO DE LAS 7AM - 8PM.....	87
GRÁFICO 31: HISTOGRAMA DEL FLUJO VEHICULAR DE LA INTERSECCIÓN ANGAMOS CON REPÚBLICA DE PANAMÁ DE LAS 7AM - 8PM.....	88
GRÁFICO 32: DISPERSIÓN DE TIEMPOS POR RECORRIDO EN MICROBÚS EN LA RUTA 1	93
GRÁFICO 33: DISPERSIÓN DE TIEMPOS POR RECORRIDO EN BICICLETA EN LA RUTA 1	94
GRÁFICO 34: DISPERSIÓN DE TIEMPOS POR RECORRIDO CAMINANDO EN LA RUTA 1	96
GRÁFICO 35: DISPERSIÓN DE TIEMPOS POR RECORRIDO EN BICICLETA EN LA RUTA 2	98
GRÁFICO 36: DISPERSIÓN DE TIEMPOS DE RECORRIDO CAMINANDO EN LA RUTA 2	99
GRÁFICO 37: DISPERSIÓN DE TIEMPOS DE RECORRIDOS EN BICICLETA EN LA RUTA 3	101
GRÁFICO 38: DISPERSIÓN DE TIEMPOS DE RECORRIDOS CAMINANDO EN LA RUTA 3	102
GRÁFICO 39: DIAGRAMA DE BARRAS DE CANTIDAD DE BICICLETAS EN UNA SEMANA	116
GRÁFICO 40: ESTIMACIÓN Y PROYECCIÓN DE LA POBLACIÓN DE SAN BORJA DEL 2007 -2018.....	120
GRÁFICO 41: ESTIMACIÓN Y PROYECCIÓN DE LA POBLACIÓN DE SURQUILLO DEL 2007 -2018.....	121

INTRODUCCIÓN

Antecedentes

El problema del transporte en la ciudad de Lima es bastante complejo, ocupa el segundo lugar entre las preocupaciones de los limeños (51.3% según la encuesta de Lima Cómo Vamos 2017). Son muchos los limeños que a diario pasan cuatro horas en el tráfico, lo cual sin duda alguna repercute en su salud, en sus actividades cotidianas y en sus ingresos económicos.

De la siguiente lista ¿cuáles cree que son los tres problemas más importantes que afectan la calidad de vida en la ciudad de Lima?						
	2012	2013	2014	2015	2016	2017
La delincuencia, la inseguridad ciudadana	73.60%	80.31%	81.98%	84.95%	83.54%	75.36%
El transporte público	49.73%	61.41%	53.75%	49.38%	52.92%	51.25%
La limpieza pública / acumulación de basura	24.65%	24.95%	28.91%	35.21%	23.44%	27.08%
La corrupción de los funcionarios o servidores públicos	-	-	-	-	-	26.67%
La contaminación ambiental	34.36%	36.67%	35.16%	32.08%	24.69%	23.28%
Mantenimiento de las pistas y veredas	12.75%	12.97%	11.61%	13.33%	14.90%	13.28%
El comercio informal/comercio ambulatorio	25.50%	17.03%	15.99%	14.64%	18.96%	12.81%
La falta de prevención ante desastres (temblores, huaycos, derrumbes)	-	-	-	-	9.69%	12.34%
La falta de cultura ciudadana y buenas practicas	21.22%	18.65%	16.41%	20.00%	18.07%	10.94%
La falta de árboles y áreas verdes	10.23%	16.15%	11.77%	12.76%	9.17%	10.21%
El monto de los arbitrios e impuestos municipales	19.18%	11.98%	8.85%	6.41%	11.20%	10.10%
La falta de agua potable	5.56%	5.31%	6.15%	7.81%	8.39%	9.38%
La falta de apoyo a la cultura	9.57%	9.32%	8.49%	10.63%	12.34%	6.41%
La baja calidad de los espacios públicos (parques, plazas, calles, veredas, etc.)	-	-	-	4.58%	6.51%	4.84%
NS/NR	0.38%	0.31%	0.26%	0.16%	0.00%	0.05%

*Las opciones no suman 100%. Pregunta de respuesta múltiple: admite hasta tres menciones.

Tabla 1: Encuesta Lima Como Vamos 2017

Asimismo, se sabe que la mayoría de las personas usa el transporte público para movilizarse a sus centros de estudios y trabajo. Según la encuesta de Lima Cómo Vamos, tanto en Lima como en Callao el transporte público sigue siendo el principal modo de viaje. En ambas ciudades, los buses son el modo con mayor número de menciones (37.4% en Lima y 31.1% en Callao).

En el transporte urbano de Lima predomina la informalidad y la falta de educación. Un gran grupo de choferes no cuenta con capacitación vial y se carece de un sistema de fiscalización que sea efectivo. Además existen varias líneas de transporte público que se superponen y cubren las mismas rutas que otras líneas. Por ejemplo, en Lima y Callao existen 604 rutas autorizadas con cerca de 35,000 vehículos, de los cuales 25,000 fueron autorizados por Lima. El parque automotor total en Lima y Callao representa un 63% del total del país con 1`036,850 vehículos (MTC, 2010).

Por un lado, el Metro y el Metropolitano de Lima son sistemas implementados con el fin de ayudar a descongestionar el tráfico de Lima y brindando una movilidad efectiva. Sin embargo debido a la alta demanda, estos sistemas se han visto saturados en los últimos años, mayormente en las “horas punta” (horas en las que la población sale a trabajar, estudiar, almorzar y regresa a casa) a causa de la sobrepoblación. Por ende, la oferta de medios de transportes público como: combis, microbuses, taxis ha aumentado, así como también el número de vehículos particulares.

Por otro lado, los dos sistemas mencionados anteriormente, si bien ayudan a la descongestión de tráfico de Lima, no existe un medio de conexión eficaz entre sus estaciones, que permita a las personas una movilidad segura y rápida para llegar de una estación a otra evitando el congestionando vehicular y disminuyéndolo.

El caos vehicular representa un sobre costo, para el Perú de más de US\$6,000 millones por año (La Gestión, 2010), ocasionado principalmente porque las personas no pueden realizar horas extras o adicionales de trabajo o involucrarse en otras actividades por el tiempo que invierten en los traslados de un punto a otro, principalmente en Lima Metropolitana.

En otros países como Argentina se están generando proyectos para unir en una red todos los transportes de la ciudad de Buenos Aires. Los gobiernos nacional y porteño tienen planificado conectar por medio de 20 km de vías y estaciones subterráneas, las redes de trenes, subtes, metrobuses, ecobicis y terminales de combis. (TELAM, 2018).

Realidad problemática

Una alternativa para contrarrestar este caos ha sido el implementar un sistema de transporte como el Metropolitano y el Metro de Lima, ambos transportan un gran número de personas de diferente parte de Lima, aun así no existe un medio que conecte ambos sistemas, de una manera eficiente, segura, económica y ecológica.

El ineficaz sistema de conexión entre las estaciones del Metro de Lima y el Metropolitano es causado principalmente por el aumento y uso excesivo del parque automotor; tanto en vehículos particulares, ya que para evitar usar el transporte público debido a la gran demanda que existe del mismo, así como el elevado tiempo que toma movilizarse en el mismo las personas han optado por un auto particular; como en vehículos públicos, pues aparecen líneas no acreditadas para transitar por la ruta que sin embargo lo hacen por la alta demanda que existe de movilizarse por parte de las personas y por consiguiente, el gran tránsito vehicular, es el segundo problema más urgente de Lima aún por solucionar (Lima Como Vamos, 2017). La ciudadanía está preparada para el exceso del parque automotor, cosa que trajo como consecuencia que los conductores antiguos y nuevos manejan utilizando la ley de la jungla en donde gana el más vivo y el más fuerte. (Lagos, 2013).

Las únicas conexiones entre el Metro de Lima y el Metropolitano son mediante movilidad particular o taxi, en el transporte público (Micros) o caminando. Debido a la gran distancia entre las estaciones de los dos grandes transportes la opción de caminar resulta muy difícil y toma un tiempo muy elevado. En el caso de los taxis y autos particulares como medios de conexión, debido al gran aumento del parque automotor y por ende el aumento del tráfico, sobre todo en las horas punta, el recorrido de conexión se vuelve largo y tedioso, el cual también genera que a los conductores y pasajeros les tome bastante tiempo llegar de una estación a otra. Para finalizar el último método de conexión es el transporte público, el cual es el más utilizado por la población debido a su bajo costo. Sin embargo,

esto ocasiona que la demanda sea muy elevada, generando que mayor cantidad de micros o autobuses se sumen a las rutas. El problema es que no todos los vehículos utilizados para transporte público están en buen estado o cumplen con los documentos necesarios para transitar (SOAT, revisión técnica, tarjeta de propiedad, etc.).

En solo siete años, el parque automotor del Perú sufrió un incremento indiscriminado: pasó de tener 2 millones 30 mil vehículos, en el 2009, a 5 millones 244 mil, en el 2015. Esta cifra se duplicó, sobre todo, por la entrada al país de una mayor cantidad de motocicletas, mototaxis y camionetas rurales. (Contreras, 2015).

Gráfico 1: Aumento parque automotor nacional (2006-2012)

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

Debido a esto los transportes públicos han aumentado su demanda y los principales en la ciudad de Lima son el Metropolitano y el Metro de Lima. Estos medios de transporte son los más rápidos, directos y eficaces que conectan diferentes distritos de la ciudad, esto ocasiona que su demanda sea mayor a su oferta, causando una inseguridad e incomodidad dentro y fuera de las estaciones y el transporte. En el caso del Metro de Lima se transporta un aproximado de 320,000 usuarios diarios a los diferentes distritos de la ciudad. Sin embargo, para esta época el estudio de demanda indicó que debería estar en 250,000 aproximadamente. La demanda actual estaba proyectada para el año 2035 según los estudios de demanda de la Línea 1, lo que significa que las proyecciones se han adelantado en casi 20 años. Según los contratos de inversión que se realizaron deberían comprarse 20 vagones más a fin del año 2018. Lo cual aumentaron los viajes a 48,000 diarios. De

esta manera, la frecuencia en hora punta se reducirá de seis minutos, que está en la actualidad, a cinco minutos a inicios 2018 y luego a tres minutos a fines del 2018. (Ferraro, 2016).

Gráfico 2: Parque automotor en la ciudad de Lima (2006-2012)

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

Formulación del Problema

¿Cómo desarrollar un sistema de transporte eficiente, seguro, económico y ecológico que conecte las estaciones del Metro de Lima y el Metropolitano ubicadas en la Avenida Angamos?

Hipótesis

El diseño de una ciclovía que conecte el Metropolitano de Lima y el Metro permitirá la movilidad eficiente, entre dichos puntos, sobre todo en las horas “pico” del tráfico de la avenida Angamos. Asimismo, permitirá la inserción de la bicicleta como medio de transporte urbano, disminuyendo el caos vehicular en las calles, la contaminación tanto ambiental como auditiva, aumentando el tiempo productivo en las personas, y mejorando su calidad de vida

Objetivo General

El objetivo de la presente tesis es proponer una ruta para una ciclovía que conecte la estación de Angamos del Metropolitano con la estación de Angamos del Metro de Lima y que permita la movilidad eficiente, en horas pico, de los usuarios que hacen uso de ambos medios de transporte masivo

Objetivos Específicos

- Analizar la el grado de aceptación de la propuesta de ciclovía como conexión entre los dos medios de transporte masivos.
- Analizar e interpretar la información obtenida de datos de tiempo, accesibilidad e infraestructura vial existente en las posibles rutas propuestas
- Proporcionar criterios mejoras al diseño geométrico actual de las ciclovías existentes en la ruta para incentivar el uso de bicicletas como modo de transporte cotidiano.
- Comparar y verificar el mejoramiento de la eficiencia de la movilidad en bicicleta con respecto al modo de transporte cotidiano entre dichas estaciones.

Indicadores de Logro

- Recopilación del total de encuestas planteadas en el Metro y Metropolitano de Lima.
- Fotos y planos de la infraestructura vial actual que se presentan en las tres posibles rutas. Plano de la zona en estudio donde se visualice la posible ruta de la ciclovía.
- Recopilación de tiempos de las rutas propuestas para los diferentes modos de transporte que existen por la ruta propuesta.

- Determinación del tránsito promedio diario anual futuro y el volumen horario de diseño para la ruta propuesta.
- Planos del diseño geométrico de la ciclovía con sus respectivas señalizaciones de seguridad tanto vertical como horizontal y respetando las longitudes y pendientes de la ruta final.

Descripción del Contenido

- Dentro de marco teórico, definir conceptos de transporte eficiente, seguro, económico y ecológico; introducir a la bicicleta como un medio de transporte humano, identificar ventajas de la bicicleta establecido como medio de transporte urbano.
- Delimitar el área de estudio y posibles puntos de conexión entre las estaciones de ambos sistemas de transporte.
- Identificación métodos de conexión existentes y el estado de su infraestructura vial.
- Propuesta y análisis de las tres posibles rutas y evaluación del estado de su infraestructura vial para finalmente obtener una ruta final.
- Recopilación de datos sobre la demanda de personas en el Metro y Metropolitano de Lima, así como también la demanda de un sistema de interconexión entre estas.
- Diseño de la ciclovía en base a la normativa del Manual de Ciclovías de Lima Metropolitana y las Recomendaciones de otros manuales de diseño que se mencionarán durante el desarrollo de la tesis.
- Resultado de encuestas que verifiquen la aceptación de ciclovía según la opinión de los usuarios potenciales en base a los beneficios de tiempo y costo finalmente encontrados para la ruta final propuesta.

1. MARCO TEORICO

En el siguiente punto se dará a conocer puntos, términos y variables que se utilizaran en el proyecto de tesis:

1.1 Conceptos enfocados al transporte

- **Eficiencia:** Es la capacidad de lograr un fin empleando los mejores medios posibles, en el caso del transporte, se podría llevar por el lado de reducir tiempos de movilidad en horas pico, es decir, cuando las calles están saturadas por el transporte público y privado y no hay otra forma de movilizarse ya sea asumir dicho tráfico o caminar. Las bicicletas pueden cubrir de manera eficiente distancias de hasta 7 km, y con mecanismos de asistencia para pedaleo distancias de hasta 15km. Hasta los 5 km, la cadena caminar-esperar-autobús-caminar frecuentemente gasta más tiempo que usar la bicicleta. Además, la bicicleta es conveniente para alimentar al transporte público.
- **Seguridad:** Minimización del riesgo y la sensación de confianza en algo, esto llevado a transporte reflejado en los métodos y señales que tratan de reducir el riesgo en base al control de velocidades, distribución de flujos en las calles a los usuarios, organización de los flujos, en otras palabras todo un sistema de seguridad vial. La bicicleta es un vehículo personal de menor peligrosidad en las vías que los automóviles en relación al tráfico motorizado.
- **Económico:** Viene de la idea de gastar o consumir poco. En transporte lo que se quiere es movilizarse de un punto A a un punto B, pero esto se puede hacer también haciendo un uso menor del dinero ya que existen diferentes formas de movilizarse debido a la comodidad que se ofrece y también menos tiempo invertido en viajes o movilidad. El uso de una bicicleta es más económico que un vehículo motorizado puesto que el costo del mantenimiento del equipo, combustible no se considera, e incluso hasta traslado a otro lugar. Los costos de adquisición y mantenimiento de la bicicleta son de 30-40 veces inferiores a los del automóvil. Si se analizan los gastos colectivos de construcción y conservación de la infraestructura vial y la regulación de la circulación, para la misma capacidad de transporte, la bicicleta requiere entre una inversión 10 y 20 veces menor que el tráfico motorizado en infraestructura.

- Ecológico: Es un elemento que no daña el medio ambiente. Hoy en día, no se puede decir que existe algún medio de transporte totalmente ecológico, sin embargo si se trata de que disminuya la cantidad de gases contaminantes que se emiten al medio ambiente. La bicicleta es favorable, ya que no contamina la ciudad. La cantidad de energía que se requiere para el uso de la bicicleta es 50 veces menor que el que requiere un auto. La energía que se emplea en la fase de fabricación de un solo auto permitiría la fabricación de entre 70 y 100 bicicletas.

1.2. Bicicleta como medio de transporte urbano

La movilidad es una preocupación constante para los habitantes de las ciudades, debido a que las causas y consecuencias del uso del automóvil están asociadas a la actual crisis ambiental y el incremento de los ingresos socio-económicos. Existe una relación entre el espacio y el transporte, donde debido a la geometría, el transporte depende del espacio. Para contrarrestar los efectos negativos que puede traer el transporte urbano, algunas ciudades han implantado planes o programas que fomentan el uso de la bicicleta como transporte público de uso cotidiano. Hoy en días en varios lugares del mundo la bicicleta juega un papel importante para las personas convirtiéndose en una alternativa como medio de transporte. La bicicleta ofrece la ventaja, en el entorno urbano, como los atajos, circulación fluida en zonas congestionadas y la facilidad para encontrar estacionamiento el cual a su vez es práctico, permiten ganar en tiempo de recorrido y comodidad, elevando la calidad de vida de las personas. La bicicleta es adecuada para distancias en la que se puede sustituir cómodamente al vehículo privado dado a que es un vehículo compacto y relativamente rápido, en zonas urbanas su velocidad oscila entre los 15 y los 25 km/h.

Figura 1: Evento para promover el uso de bicicleta, Lima

Fuente: Manual de Criterios de Diseño de
Infraestructura Ciclo-inclusiva 2017

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: La bicicleta montañera (fig. 1), la bicicleta BMX (fig. 2), la bicicleta con y sin canastilla (fig. 3). 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.

Figura 1: Bicicleta montañera

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

Figura 2: Bicicleta con canastilla

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

Figura 3: Bicicleta BMX

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

La política juega un rol importante en la fomentación del uso de bicicletas públicas como medio de transporte urbano y a la vez dentro de un plan de movilidad sostenible. Se debe tener la oportunidad de transformar las ciudades en lugares donde la prioridad sea la persona y no el transporte motorizado, donde la movilidad sea fácil y eficiente para las personas; ya sea, caminando, usando bicicletas públicas o propias. Aunque no se pueda imitar exactamente una cultura, se puede adaptar aquellas que permitan mejorar nuestra cultura. Todas las ciudades tienen el potencial de crear lugares donde se pueda vivir de una mejor manera.

Además el ciclista debe sentirse protegido por lo que es necesario una separación física con la vereda y con la autopista, es decir una estructura diseñada especialmente para este tipo de transporte. Por lo tanto para que las ciclovías funcionen como un modo de transporte eficiente, esta debe conectar con los lugares más transitados por las personas como por ejemplo los trabajos, escuelas, casas, terminales y estaciones de transporte público.

1.2.1. Tipos de Infraestructura para bicicleta

Existen diferentes tipos de infraestructura para las ciclovías. 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:

- a) **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.

Figura 4: Ejemplo de vía segregada bidireccional, Chile

Fuente: Manual de Criterios de Diseño de Infraestructura Ciclo-inclusiva 2017

- b) **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.

Figura 5: Ejemplo de vía compartida, Barcelona

Fuente: Manual de Criterios de Diseño de Infraestructura Ciclo-inclusiva 2017

- c) **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.

Figura 6: Ejemplo de ciclovía verde, Lima

Fuente: Manual de Criterios de Diseño de Infraestructura Ciclo-inclusiva 2017

Cabe resaltar que en cada país el diseño, la tipología y la geometría de las ciclovías son distintas, pues cada ciudad aplica medidas que se adapten a sus propias condiciones, como la topografía, el espacio disponible en sus vías, así como otros factores que son particulares a cada ciudad.

1.3. Demanda del Metro de Lima

La demanda es la cantidad de personas que utilizan el servicio del Metro de Lima, puede medirse en diferentes unidades de tiempo, en horas, días, meses, etc. El Metro de Lima actualmente cuenta con una demanda mayor a la planificada. Los concesionarios encargados de la administración del Metro de Lima habían planificado una demanda aproximada de 250,000 personas por día, sin embargo, actualmente este gran transporte público moviliza a más de 325,000 personas al día. Sin embargo, para nuestra investigación es necesario presentar datos actualizados de la misma, la cual se obtendrá mediante el concesionario o mediante un conteo en algunas estaciones del Metro para poder obtener un aproximado de la demanda que tiene actualmente.

1.4. Demanda del Metropolitano

En el caso del Metropolitano existe una mayor demanda, esto se debe a que es un transporte igual de eficaz y presenta mayores rutas, además de los alimentadores y los corredores. En cuanto a este transporte público, se aproxima que su demanda puede llegar al millón de personas en el año 2018 si se realiza la ampliación planificada para este año. De igual manera las demandas deben ser corroboradas con la concesionaria en cuestión o realizando un conteo de las estaciones donde se realizará el proyecto.

1.5. Tránsito Vehicular

El tránsito, tráfico o flujo vehicular es el fenómeno causado por el flujo de vehículos de todo tipo por una pista, camino, calle, avenida, autopista, entre otros. Para realizar cualquier vía, antes es necesario conocer la demanda vehicular que se tiene en ese sector, por esto se entiende la cantidad de vehículos que transitan o transitarán por la vía, también es necesario conocer sus características y comportamiento del flujo. Únicamente así se podrá realizar un correcto diseño geométrico de la vía.

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 N°5 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.

Figura 7: Distancia Recorrida en hora punta con diferentes sistemas de transportes en Lima

Fuente: Cicloviasdelima.org

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).

1.6. Aforos

Los aforos son la cantidad de personas o vehículos que transitan por una zona o por un punto de partida especificado. Esto es utilizado para registrar la cantidad de vehículos particulares, vehículos pesados o vehículos de transporte que pasan por los puntos de control. Para hallar el aforo únicamente es necesario contar y clasificar cada unidad que pasa por el punto de conteo y si es necesario también analizar sus características y comportamiento del mismo.

Para realizar este conteo y clasificación se puede realizar de algunas maneras, la primera son los conteos manuales o aforos manuales, son realizados exclusivamente por personas y son el método más eficaz, debido a que se pueden hallar datos que con otros métodos no se pueden como son las características y comportamiento de los vehículos. El punto negativo de este método es que

el observador que realiza el conteo debe estar presente y atento todo el tiempo. Este método se vuelve un poco tedioso para la persona encargada debido a que se realiza durante varias horas seguidas las cuales se pueden dividir de diferentes tiempos de 1 hora, 30 minutos e incluso 15 minutos. Esto dependerá de la cantidad de vehículos que transiten por las vías.

Otro método utilizado son los contadores mecánicos, el cual es mucho más sencillo, pero mucho menos eficaz, esto se debe a que solo considera los vehículos que transitan por los sensores, planchas de presión o detectores que son colocados. Tienen la ventaja de que no es necesario que una persona este permanentemente en el lugar.

1.6.1. Muestra

Una muestra es un subconjunto de casos o individuos de una población. En diversas aplicaciones interesa que una muestra sea una muestra representativa y para ello debe escogerse una técnica de muestra adecuada que produzca una muestra aleatoria adecuada. La muestra debe poseer toda la información deseada para tener la posibilidad de extraerla, esto solo se puede lograr con una buena selección de la muestra y un trabajo muy cuidadoso y de alta calidad en la recogida de datos.

$$n = \frac{N * z^2 * p * q}{E^2 * (N - 1) + z^2 * p * q} \quad (1.6.1-1)$$

Dónde:

- N= Total de la población
- z= Nivel de confianza deseado
- p= Proporción esperada
- q= 1-p
- E= Margen de error que el estudio puede tolerar

1.7. Estaciones

Las estaciones de las cuales se hará la interconexión que se van a estudiar es quizás uno de los puntos más importantes de la tesis, esto se debe a que es necesario analizar varios escenarios donde se pueda realizar la interconexión, no solo la planteada principalmente, el cual cumple con los requisitos de demanda, problema, volúmenes, etc. Sino también a que otras estaciones se podrían ampliar el proyecto. Para ello es necesario un estudio de la estructura, diseños viales, demandas, aforos, trafico, entre otros factores.

Figura 8: Estación Angamos Metropolitano de Lima

Fuente: El Comercio

Figura 9: Estación Angamos Metro de Lima

Fuente: Perú.com

1.8. Método de conexiones existentes

Actualmente los métodos de interconexión entre estaciones es muy cotidiano, es decir, hay un uso excesivo uso del transporte público; 73.4% para ser más exacto; como buses, combi, colectivos y corredores complementarios. Según el transporte individual se usa un 16.3% como auto propio, mototaxis, taxis. Finalmente el transporte no motorizados que es el 8.9% en el cual están la caminata y la bicicleta.

Figura 10: limeños usan transporte público para moverse de estación a estación

Fuente: Andina 2016

A continuación en la Figura 4 se observan los datos estadísticos de la revista Lima Como Vamos del 2017 sobre los transportes que usa las personas.

Figura 11: Porcentaje de la población en Lima que usa diferentes transportes

	Transporte colectivo		Transporte individual		Transporte no motorizado	
LIMA	73.4%		16.3%		8.9%	
	Bus	37.4%	Automóvil propio	10.4%	Caminata	8.1%
	Combi o cúster	28.3%	Mototaxi	2.8%	Bicicleta	0.8%
	Metropolitano	2.6%	Motocicleta	1.7%		
	Colectivo	2.2%	Taxi	1.4%		
	Corredores Complementarios	1.6%				
	Metro de Lima	1.5%				

Fuente: Revista Lima Como Vamos 2017

1.9. Diseño Geométrico de ciclovía

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 12: Clasificación territorial de ciclovías

Fuente: Recomendaciones de diseño para las vías ciclistas en Andalucía

La bicicleta es un vehículo liviano, versátil y que no demanda mucho espacio para la circulación. Sus dimensiones y características pueden variar, sus dimensiones se deben considerar en la definición de las secciones o franjas de circulación.

Las dimensiones de las bicicletas urbanas convencionales pueden variar su longitud entre 1,80 m de alto, 1,90 m de largo y 0,60 m de ancho, como se puede apreciar en la Fig.14, según el ministerio de transporte de Colombia 2016.

Figura 13: Dimensiones básicas Estándar por tipo de bicicleta

TIPO DE BICICLETA	ALTO	LARGO	ANCHO
Urbana	1,80 m	1,90 m	0,60 m
De carga	1,80 m	2,45 m	1,00 m
Triciclo	1,80 m	2,10 m	1,20 m

Fuente: Manual de Criterios de Diseño de
Infraestructura Ciclo-inclusiva 2017

1.9.1. Principios básicos en el diseño de 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.

1.9.2. 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 de la anchura de la ciclovía.
- **Intensidad de tráfico de peatones en la 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.

1.9.3. 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:

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

1.9.4. Criterios Geométricos

1.9.4.1. Ancho de 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 14: Espacio de operación de una bicicleta

Fuente: Ciclovías y bicicendas UNC, 2014

De acuerdo al análisis realizado de los Manuales de Diseño Geométrico de los países de España, Chile, 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 15: Ancho de ciclovía unidireccional

Fuente: Manual de Criterios de Diseño de Infraestructura Ciclo-inclusiva 2017

▪ 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 16: 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 17: Ancho de ciclovía bidireccional con sardinel de $H > 10$ cm

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.

1.9.4.2. 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°2

Tabla 2: Velocidad de Diseño en función de la pendiente

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.			

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

Así mismo el Manual de diseño de infraestructura ciclo-inclusiva de Lima define los tipos de infraestructura a implementar según las condiciones del entorno vial (velocidad y volumen de motorizados) como se muestra en la Tabla N°03

Tabla 3: Tipo de infraestructura según condiciones de velocidad y volumen de motorizados

TIPO DE VÍA	TIPO DE INFRAESTRUCTURA RECOMENDADA	VELOCIDAD (MÁXIMA PERMITIDA) KM/H	VOLUMEN VEHICULAR/DÍA
Vía local o de acceso	Vía compartida	Hasta 30	Hasta 10.000
Vía local o de acceso	Carril compartido	Hasta 30	Hasta 10.000
Vía colectora	Ciclocarril	Hasta 40	Hasta 18.000
Vía arterial	Ciclovia unidireccional	Hasta 60	Mayores a 18.000
Vía arterial	Ciclovia bidireccional (en ambos costados de la vía)	Hasta 60	Mayores a 18.000

Fuente: Manual de Criterios de Diseño de Infraestructura Ciclo-inclusiva 2017

1.9.4.3. Radio 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°4 se muestra el radio de giro en función de la velocidad de diseño como referencia.

Tabla 4: Relación velocidad-radio

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

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 el Gráfico N°03

Gráfico 3: 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_i) es 0.25 para vías pavimentadas como será en este caso. En la siguiente Gráfico N°04 se analiza el valor de la distancia de parada en función de la pendiente.

Gráfico 4: Distancia de visibilidad en curvas horizontales

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

1.9.4.4. 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.

Tabla 5: Sobreancho de acuerdo a la pendiente y longitud

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

Adaptado de: Vélo Quebec, 2003.

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

1.9.4.5. 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.

1.9.5. Aspectos de Seguridad

1.9.5.1. 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 discontinua 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.19.

Figura 18: 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.20.

Figura 19: 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.Nº21, la aplicación de la pintura descrita líneas anteriores en el distrito de San Isidro.

Figura 20: 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 reflectoras de color blancas. Las tachas reflectoras tienen una superficie reflectora 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.22.

Figura 21: Tachas Blancas

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

1.9.5.2. 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°7.

Tabla 6: Distancia de riesgo para la colocación de señales

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

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 22: Detalle de las señalizaciones verticales

Fuente: Proyecto de Reglamento Técnico Ecuatoriano

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

Gráfico 5: Señales verticales utilizadas en 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”.</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>
<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>

CURVA PRONUNCIADA A LA DERECHA (P-1A)

“Esta señal advierte al conductor la proximidad de una curva horizontal pronunciada hacia la derecha”

**SEÑALES INFORMATIVAS
ESTACIONAMIENTO DE
BICICLETAS**

“Se utiliza para indicar el servicio de estacionamiento de bicicletas”

Fuente: Manual de Dispositivos de Control de Tránsito, Lima 2016.

1.9.6. 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 23: Bicicleta Parqueada en estacionamiento

Fuente: Publímetro

Figura 24: Estacionamientos con protección, San Borja

Fuente: El Comercio

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Gráfico 6: Flujograma de la Metodología

2.1. NIVEL DE INVESTIGACIÓN

El nivel de investigación principal que se ocupará para poder realizar la tesis será un modelo exploratorio. Esto se debe a que el Perú es un país con muy pocos kilómetros de ciclovías. Esto se debe a que no existe inversión en este tema porque no es considerado un tema de importancia. Debido a esto no se tiene data histórica, modelos diferentes ni trabajos realizados anteriores. Los datos pueden ser obtenidos por municipalidades, concesionarias o calculados. Sin embargo, no existe ninguna conexión entre estaciones por ciclovías realizado anteriormente, por ello todos los resultados serán nuevos y los comparativos serán mínimos.

2.2. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

El diseño de la investigación es más complicado, debido a que es necesario utilizar varios métodos de obtención de datos. Primero, documentar debido a que es necesaria la obtención y análisis de datos provenientes de todo tipo de documentos como los que serán solicitados a los encargados de los dos grandes transportes públicos (Metro de Lima y Metropolitano). Luego datos de campo que consiste en la recolección de datos directamente de la realidad donde ocurren los hechos, sin manipular o controlar variable alguna. Esto se debe a que será necesaria la obtención de datos como demanda, datos estructurales entre otros. Finalmente se debe realizar un análisis experimental que se basa en someter a un objeto o grupo de individuos a determinadas condiciones o estímulos, para observarlos efectos que se producen. Esto será medido principalmente mediante encuestas, dándoles diferentes escenarios a los usuarios.

Variable	Dimensiones	Indicadores	Unidad de Medida	Instrumento de Investigación
Transito Normal (V.I.)	Cantidad de vehículos	Porcentaje de vehículos en la zona	Vehículos	Observación directa (Conteo)
Velocidades (V.I.)	Velocidad	Tiempo transcurrido en cierta distancia	km/h	Observación directa (Medida de tiempo y calculo)
Personas que usan bicicletas (V.I.)	Cantidad de personas	Porcentaje de personas que usan bicicletas	Número de personas	Encuestas
Demanda del Metro de Lima (V.I.)	Cantidad de personas	Porcentaje de personas que utilizan el transporte	Número de personas	Data existente o conteo
Demanda del Metropolitano (V.I.)	Cantidad de personas	Porcentaje de personas que utilizan el transporte	Número de personas	Data existente o conteo
Demanda que utiliza ambos transportes (V.I.)	Cantidad de personas	Porcentaje de personas que utilizan ambos transportes	Número de personas	Encuestas
Tiempo de viaje (V.I.)	Tiempo transcurrido en el recorrido	Tiempo en llegar de una estación a otra	Minutos / Segundos	Cronometrar, calculo
Distancia recorrida (V.I.)	Distancia entre las estaciones	Distancia entre cada una de las estaciones en Angamos	Metros / Kilómetros	Data, planos y referencia GPS

Tabla 7: Variables Independientes

- Tránsito Normal (TE): Tránsito existente, el volumen de vehículos que circulan por la vía destinada en cierta cantidad de tiempo.
- Velocidad (V): Relación que se establece entre el espacio o la distancia que recorre un objeto y el tiempo que invierte en ello, en este caso es el tiempo que se demora en llegar una persona de la estación del Metro de Lima a la estación del Metropolitano en la avenida Angamos.

$$V = \frac{D}{T}$$

V= Velocidad (km/h)

D = Distancia (km)

T = Tiempo (h)

- Personas que usan bicicletas (PUB): Es la cantidad de personas que utilizan uno de los dos transportes públicos que actualmente utilizan las bicicletas como medio de transporte ya sea para cortas o largas distancias, cerca o lejos de la zona de estudio.
- Demanda que utilizan ambos transportes (DUAT): Es la cantidad de personas que utilizan ambos medios de transporte; el metropolitano y el Metro de Lima, este número de personas se obtendrá mediante encuestas, debido a que no existe una data actual.
- Tiempo de viaje (TV): Es el tiempo que transcurre en llegar de una estación a la otra mediante la avenida Angamos, esto se comprobara caminando, en bicicleta (Sin ciclovía) y transporte personal.
- Distancia (D): La distancia es la medida entre un punto y otro. En este caso es la medida en metros o kilómetros desde la estación del Metro de Lima y la estación del Metropolitano.

- Cantidad y Ancho de Carriles (CC) (AC): Es el número de carriles por donde transitan los vehículos entre las estaciones y el ancho de cada uno de ellos.

Figura 25: Tipos de carriles y sus respectivos anchos (referencial)

Fuente: Google imágenes

- Tiempo de semáforos (TS): Es la cantidad de segundos que transcurre mientras el semáforo está en sus tres etapas (rojo, ámbar y verde).

Figura 26: Tiempo en semáforos (referencial)

Fuente: Propia

- Ancho de ciclovías (ACV): Es el ancho correspondiente a cada ciclovía, sea de uno o dos carriles, analizando el ancho de las bicicletas, disponibilidad de lugar, norma, etc.

Figura 27: Ancho de ciclovía (Referencial)

Fuente: Manual de Criterios de Diseño de Infraestructura Ciclo-inclusiva 2017

- Velocidad de diseño de las ciclovías (VDC): Es la velocidad correspondiente o aproximada con el que se diseñaran las ciclovías. La velocidad de diseño con la cual la ciclovía será diseñada determinará el radio y el peralte de las curvas, mínimas distancias de señalización y el sobreancho de la ciclovía.

2.3 MATERIAL

2.3.1 Población

Es el conjunto de unidades o elementos claramente definido, en el espacio y el tiempo, donde los elementos pueden ser personas, animales, casas, rocas, etc. La población que se utilizara es la cantidad de personas que utilizan los grandes transportes públicos de la ciudad de Lima durante el día, que en este caso son el Metropolitano y el Metro de Lima en el año 2014. Esto dependerá de la última data o conteo que se encuentre registrado por las concesiones de dichos transportes.

2.3.2 Muestreo

Se debe escoger una muestra representativa que refleje la opinión de todos los ciudadanos. En este caso de estudio se ha decidido ocupar la siguiente fórmula probabilística, teniendo en cuenta que se conoce la población para determinar el número de encuestas que se debe realizar. Las variables que intervienen en la fórmula serán: N, Total de la población y se obtendrá de la

recopilación de datos tanto del Metro de Lima y Metropolitano ; p, Proporción esperada; q, proporción de fracaso; E= Margen de error que el estudio puede tolerar; z, Nivel de confianza deseado; donde estas dos últimas variables cambiarán de ser necesario si el número de muestra obtenido es muy alto se disminuirá el nivel de confianza, por lo general se usan los valores resaltados de amarillo en la tabla.

Tabla 2: Algunos Niveles de confianza para márgenes de error tolerables

Nivel de Confianza	z	E (%)
99%	2.58	5
99%	2.58	4.5
99%	2.58	4
99%	2.58	3.5
99%	2.58	3
95%	1.96	5

Fuente: Artículo Distribución Normal

2.4 METODOLOGÍA

2.4.1 Ventajas de implementar ciclovía como medio de conexión

La implementación de las ciclovías como medio alternativo de transporte se debería realizar, debido a la necesidad de proporcionar espacios seguros para la circulación en bicicleta, mitigar la contaminación del aire y generar una atmósfera de convivencia vial fundamentada en el respeto y la consideración por los distintos modos de transporte, con el fin de integrar a la bicicleta dentro de las mejores opciones por sus seguridad y eficacia.

Se investigará en fuentes confiables como artículos y tesis anteriores sobre la implementación de ciclovía como alternativa al tránsito o como medio de transporte urbano en otras ciudades o países, donde el índice de uso de la bicicleta sea representativo, caso de Ecuador, Colombia, Argentina, Chile.

En este estudio mediante papers o investigaciones antes realizadas se analizarán ventajas del uso de bicicletas.

2.4.2 Recopilación de Demanda actual

Primero se realizará una visita al PROTRANSPORTE, para la obtención de datos del Metropolitano de Lima; y AATE, para la obtención de datos del Metro de Lima. Se obtendrán todos los datos posibles, sin embargo, los que no se tengan registrados se evaluarán en campo, mediante mediciones, conteos, entrevistas, entre otros métodos mencionados a continuación.

2.4.3. Recopilación de datos de tiempo, accesibilidad, infraestructura

El tiempo de una estación a otra se medirá en campo a través de una velocidad promedio de bicicleta, en diferentes horas del día para luego obtener un tiempo promedio. Este dato inicial es referencial, debido a que actualmente no existe ningún carril exclusivo para bicicletas en todo el tramo. Se evaluará y calculará una velocidad aproximada con un carril exclusivo.

A través de la determinación de la zona se recopilará datos de accesibilidad de rutas directas, menos influencia de tráfico, o ciclovías existentes que se puedan retomar para el fin determinado. Se realizará una recopilación de datos de la infraestructura de los carriles existentes mediante mediciones, fotos, planos, entre otros. Además de ciclovías existentes en la ciudad para referencias y diseño de la conexión de las estaciones.

Se evaluará las rutas posibles de acuerdo a los factores propuestos, ciclovías existentes, facilidades de diseño y se determinará la ruta más adecuada y se le adjuntará todos los datos recopilados para determinada ruta.

2.4.4. Ejecución de encuestas y recopilación de datos

Estudio de Origen/Destino y data de la demanda de personas

La primera encuesta que se realizara tiene como objetivos conocer el motivo de viaje de los pasajeros del Metropolitano y Metro de Lima, el lugar de origen y su lugar de destino. Sin embargo, el objetivo principal es averiguar cuantas personas utilizan ambos medios de transporte masivo, la cantidad de viajes que realizan diariamente y como hacen para conectarse del Metro de Lima y el Metropolitano. La encuesta se realizará en dos puntos, siendo estos las estaciones de los dos medios de transporte; las preguntas son las siguientes:

- ✓ ¿Cuál es el motivo principal de viaje?
- ✓ ¿Cuál es el origen de su viaje?
- ✓ ¿Cuál es el destino de su viaje?
- ✓ ¿Cuántas veces al día realiza este viaje?
- ✓ ¿Utiliza usted los dos medios de transporte masivo existentes (Metropolitano y Metro de Lima)?
- ✓ Si la respuesta anterior fue si, ¿Cómo hace para llegar de la estación del Metro de Lima a la estación del Metropolitano?

Realizada la primera encuesta se obtendrá un porcentaje aproximado de personas que utilizan ambos medios de transporte masivos, los cuales son nuestro público objetivo, de este dato se obtendrá una demanda aproximada de personas que necesitan utilizar una conexión entre el Metropolitano y el Metro de Lima. También se podrá aproximar el número de viajes entre las estaciones y como hacen los usuarios para movilizarse entre las estaciones de la Avenida Angamos.

Se realizará una segunda encuesta a las personas que utilizan ambos medios de transporte, este dato es obtenido de la encuesta anterior. Esta encuesta tiene como objetivo conocer cuánto tiempo aproximado tardan, si utiliza métodos alternos como ir a pie o utilizando bicicletas, conocer si utilizarían una ciclovía que conecte ambas estaciones, si estarían dispuestos a pagar por este servicio y cuanto sería recomendable cobrar por el servicio prestado; las preguntas serán las siguientes:

- ✓ Al movilizarse entre las estaciones ¿Cuánto tiempo aproximado se tarda?
- ✓ ¿Qué método utiliza para llegar a la otra estación?
- ✓ ¿Utiliza usted métodos no motorizados para movilizarse entre las estaciones (caminar, bicicletas, skate, etc.)?
- ✓ Si existiera una ciclovía que presente las facilidades para llegar a la estación del otro medio de transporte ¿Usted la utilizaría?
- ✓ ¿Pagaría usted por este servicio? ¿Qué facilidades le gustaría tener?
- ✓ Si la respuesta anterior fue si, ¿Cuánto pagaría?

Ambas encuestas deben realizarse en diferentes días de la semana, incluyendo sábados o domingos y días feriados y en 2 horarios diferentes. Esto es necesario para saber los motivos de viaje de las personas, debido a que esto cambia dependiendo del día.

2.4.5. Calculo de demanda a corto y largo plazo

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:

$$TF = TA + IT$$

$$TA = TE + Tat$$

$$IT = CNT + TG + TD$$

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), para niveles de confiabilidad del 90% y 95% los valores de “k” son 1.64 y 1.96 respectivamente, de la siguiente manera:

$$TPDA = TPDS \pm KE$$

Se determinará el tránsito generado 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. Se tiene como referencia la proporción del área de influencia de la ciclovía respecto al área de los distritos.

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.

La ecuación de crecimiento normal de tránsito se determinará de acuerdo a la tasa de crecimiento anual del parque automotor. Para el caso de estudio se analizará desde 2012 hasta 2018.

Finalmente se calcula el TPDA para el año en el que se inaugura la ciclovía (2018 al 2023) para poder hallar el TF.

Del 2018 al 2023: $TPDA(2023) = TPDA(2018) (1 + \text{tasa crecimiento anual})^5$

$$CNT = TPDA(2023) - TPDA(2018)$$

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

2.4.6. Evaluación de Rutas y Diseño Geométrico

Se evaluarán 3 alternativas de rutas para los cuales se analizará los parámetros de tiempo, accesibilidad, seguridad e infraestructura existente.

- El tiempo se evaluará en función a la velocidad de diseño y semáforos que influyen en las intersecciones, la distancia recorrida.
- La accesibilidad evaluará al nivel de tránsito existente en la ruta escogida.
- La seguridad se enfocará en el número de accidentes que han ocurrido en las zonas por donde cruza la ruta analizada.
- La infraestructura será evaluada en función si existen ciclovías, y en caso de que no existan cuanto trabajo costaría hacerla en dicha ruta.

Finalmente se evaluarán las 3 rutas de acuerdo a los parámetros explicados anteriormente y se decidirá por una ruta que presente mejores beneficios para los futuros usuarios

2.4.7. Verificación de funcionalidad de la ciclovía

Para la verificación de funcionalidad de la ciclovía se han realizado dos evaluaciones principales, la primera es en base al tiempo de transporte entre las estaciones del Metro y Metropolitano de Lima y la segunda es en base al gasto económico que se genera por el uso de la ciclovía en comparación con el gasto de otros tipos de transporte.

2.4.7.1 Evaluación de tiempo de movilidad

Para la evaluación por tiempo se evaluará el tiempo que demora un usuario en movilizarse desde la estación del Metropolitano de Lima a la estación del Metro de Lima, ubicados en la Avenida Angamos, analizando dos casos:

En el primer caso se evaluará la situación actual de las rutas propuestas realizando una toma de tiempos (cronometraje) de demora en recorrer las rutas completas, este análisis se desarrollará basándonos en 3 medios de transporte, los micros o combis, la bicicleta (sin ciclovías) y caminando. En base a esos medios de transporte que son los más utilizados se realizara una comparación de tiempos para analizar cual ruta y medio de transporte es más conveniente. Sin embargo, la toma de tiempos en micros o combis solo se desarrollará con las unidades de transporte que transitan por la Avenida Angamos y con este valor se evaluara para todas las rutas propuestas.

En el segundo caso se realizará un cálculo del tiempo que tomaría movilizarse por las rutas mediante la ciclovía propuesta. Este cálculo analiza los tiempos si la ciclovía estuviera en funcionamiento, se hallará mediante 2 factores. El primero es la distancia, la cual dependerá de la ruta, pero no es variable y el segundo factor es la velocidad (m/s) promedio del uso de una bicicleta. Este segundo factor se obtiene basándonos en velocidades promedio de diferentes países con ciclovías existentes, debido a que en Perú no se tiene un dato exacto de dicha velocidad. En base a países y ciudades europeas como Dinamarca, por ejemplo, las personas que se desplazan en bicicleta están cerca a los 20 km/h, y su velocidad “comercial” promedio, es de unos 16 km/h incluyendo las detenciones en semáforos o para permitir el paso de peatones. En otros países como Ámsterdam y Países Bajos, los usuarios de bicicleta circulan a una menor velocidad, un promedio de entre 14,9 y 15,8 km/h, según la ciudad. En caso de países de Latinoamérica como, México la velocidad promedio de una bicicleta en transporte urbano es de aproximadamente 16.4 km/h y en Chile en un estudio de tiempos llamado “7ª Medición de Tiempos de Viaje en Santiago” se obtuvo que la velocidad promedio es de 17 km/h. En el caso de Perú, según un artículo de proexpansion del 2013 esta velocidad podría estar entre los 16 y 20 km/h. En otro caso, un experimento realizado por el comercio en el 2016 evaluó tiempos en diferentes tramos de avenidas de la ciudad de Lima como 28 de julio, la vía expresa, la costa verde, entre otras, dando como resultado una velocidad promedio de 13.7 km/h. Finalmente, basándonos en todos los datos anteriores se optó por utilizar una velocidad de 15 km/h, debido a la infraestructura que se iría a implementar, pero considerando también la cultura vial de las personas de la ciudad de Lima, además de considerar 45 segundos por cada semáforo. Resultando la fórmula del cálculo de la siguiente manera:

$$Tiempo (h) = \frac{Distancia (km)}{Velocidad (\frac{km}{h})} + (N^{\circ} de semaforos \times 0.75 \frac{min}{semaforo})$$

Con estos datos obtenidos, el análisis 1 y 2, se verificarán mediante los tiempos promedios cual es la ruta más viable o si ninguna ruta es viable y movilizarse en micro es la mejor opción. Basándonos en la comparación de los tiempos obtenidos en ambos análisis.

2.4.7.1 Evaluación económica

Para la evaluación económica se evaluará el gasto económico que se genera por el uso de la bicicleta en comparación con el gasto de otros tipos de transporte, se calculará la pérdida económica de los usuarios por el tiempo en el transporte actual, calculado mediante el salario promedio de los trabajadores y las horas hombre perdidas en el transporte público en comparación a otros medios de movilidad como lo es la ciclovía. Este cálculo se halla con la siguiente formula:

$$\text{Pérdida económica anual} = \Delta \text{Tiempo} \times \text{salario horario} \times 2 \text{ (veces al día)} \times 365 \text{ días}$$

En el Perú la Remuneración Mínima Vital es de S/.930, la cual es el salario mínimo mensual que recibe un trabajador. Sin embargo, no se considerará el sueldo mínimo para la verificación por pérdida económica anual, esto se debe a que en la ciudad de Lima un gran porcentaje de la población tiene un salario mensual mayor. Según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), a febrero del 2018 el sueldo promedio de las personas en Lima Metropolitana es de S/.1674.4 mensual. El cálculo horario es variable, debido a que los días laborables cambian dependiendo de las semanas y los meses. Por lo tanto se han considerado 200 horas mensuales, teniendo un valor horario de S/.8.37.

3. DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL

3.1 Delimitación del área de estudio

Para la realización del proyecto de ciclovías, se analizó un área de estudios donde existan posibilidades de implementar una ciclovía, dependiendo del ancho y cantidad de carriles. Además de tener en cuenta que es necesaria la presencia de las dos estaciones y una vía de conexión directa. Debido a ello se seleccionó la Avenida Angamos, desde la estación del Metro de Lima ubicado en la Avenida Aviación hasta la estación del Metropolitano, ubicado en la vía expresa.

Tabla 8: Localización del Proyecto

Departamento	Lima.
Provincia	Lima.
Distritos	San Borja y Surquillo
Localización	Av. Angamos – Av. Aviación y Av. Angamos – Vía Expresa

Fuente: Elaboración propia

Figura 28: Zona de estudio

Fuente: Google maps

3.2. Zonificación

La zona de estudio de investigación está limitada entre la intersección de la Av. Via Expresa Paseo de la República con la Av. Angamos hasta la Av. Aviación con la Av. Angamos en la Zona Sur de Lima. El tramo directo que une ambas estaciones por la Av. Angamos, mostrada en la Figura N° 6, tiene una longitud de 2.9 km. Presenta puntos de atracción principales tales como lo son la estación Angamos del Metropolitano de Lima y la estación Angamos del Metro de Lima; los puntos de atracción secundarios son Sedapal, Banco Interbank, Banco BBVA, Banco BCP, Open Plaza Angamos, Plaza Vea, Real plaza Angamos, Coliseo Divos, entre otros.

Figura 29: Zonificación

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N° En la Tabla N°9 se visualiza las distancias entre ellos y al punto más cercano de la ciclovía

Tabla 9: Distancias desde los puntos de atracción a las Estaciones del Metro y Metropolitano

		Distancia a estación del Metropolitano (m)	Distancia a Estación del Metro (m)
PUNTOS DE ATRACCIÓN	Interbank	600	2400
	BBVA	800	2200
	Scotiabank	900	2200
	Sedapal	1100	1900
	La Bombonera	1200	1700
	BCP	1500	1600
	Open Plaza	1500	1500
	Plaza Vea	2100	950
	Real Plaza	2600	400

Fuente: Elaboración propia

3.2.1. Ciclovía existente en la zona

Actualmente existen un conjunto de ciclovías próximas a la avenida Angamos, que conectan desde avenida principal hasta la vía expresa, en la estación de Angamos del metropolitano, con una ruta de aproximadamente 3.6 km.

Tabla 10: Ciclovías existentes en la zona

Nombre de Ciclovía	Desde	Hasta	Longitud
Av. Principal	Av. Angamos Este	La Calera	0.19 km
La Calera	Av. Principal	Av. Tomás Marsano	0.37 km
Av. Tomás Marsano	La Calera	Ca. República del Salvador	0.13 km
Rizo Patron	Ca. República del Salvador	Julián Sandoval	0.11 km
Julian Sandoval	Rizo Patron	Victor Alzamora	0.10 km
Victor Alzamora	Ca. Julian Sandoval	Av. Sergio Bernales	0.23 km
Av. Sergio Bernarles	Ca. Victor Alzamora	Av. República de Panamá	0.66 km
Av. República de Panamá	Av. Sergio Bernales	Av. Andres Avelino Cáceres	0.08 km
Av. Andres Avelino Cáceres	Av. República de Panamá	Av. Ricardo Palma	0.56 km
Sta. Rosa	Av. Andres Avelindo Cáceres	San Diego	0.10 km
San Diego	Sta. Rosa	Varela Orbegoso	0.11 km

Varela Orbegoso	San Diego	Av. Paseo de la República	0.56 km
Av. Paseo de la República	Varela Orbegoso	Av. Angamos Este	0.40 km

Fuente: Diario Correo (2018)

En la figura se muestran las ciclovías existentes al 2018 y que pueden tomarse en cuenta para la investigación dentro de la zona de estudio, donde A y B son las estaciones del Metro y el Metropolitano de Lima, en los distritos San Borja y Surquillo

Figura 30: Rutas de las ciclovías existentes en surquillo

Fuente: Diario Correo (2018)

Figura 31: Ciclovías existentes en San Borja

Fuente: Ciclovíasdelima.org

3.2.2. Estacionamientos de ciclovías existentes

Actualmente existen un conjunto de estacionamientos próximos a la avenida Angamos las cuales se presentan en la Tabla N°

Tabla 11: Lista de estacionamientos cercanos a la Av. Angamos

Estacionamiento	Ubicación	Capacidad
1	En la Av. Angamos al costado de Plaza Vea	18 bicicletas
2	Cruce entre la Av. Angamos y la Av. Tomás Marzano	18 bicicletas

Fuente: Propia

Figura 32: Estacionamientos cercanos a la Av. Angamos

Fuente: Ciclovíasdelima.org

3.2.3. Propuesta de Rutas de Rutas

Primera alternativa:

Se trata de la ruta más directa y se partiría desde la estación del Metropolitano que comprende toda la Avenida Angamos hasta llegar a la estación hasta llegar a la estación del Metro en Aviación, como se muestra a continuación en la Fig. 27

Figura 33: Primera alternativa de ruta de conexión

Fuente: Google Maps

Segunda Alternativa:

Esta alternativa se basa en restringir toda la calle Domingo Elías, paralela a la Avenida Angamos, al tránsito exclusivo de personas y ciclistas para luego ingresar a la Avenida Angamos en el cruce con el Jr. Domingo Martínez Luján, finalmente salir de la avenida en la calle Hemilio Harth Terre

e ingresar a la ciclovía existente (San Borja) mencionada en la Fig. 25 que conecta con La estación Angamos del Metro de Lima. A continuación se muestra la ruta la Fig.28

Figura 34: Segunda alternativa de ruta de conexión

Fuente: Google Maps

Tercera Alternativa:

Partiendo de la estación del Metropolitano se ingresa a la ruta de ciclovías existentes Mencionada en la Fig. 24, en el Jr. Varela Orbegoso, Jr. San Diego, Jr. Sta Rosa, Av. Andrés Avelino Cáceres Marical, Av. República de Panamá, Av. Sergio Bernal, Jr. Víctor Alzamora, Jr. Julián Sandoval, etc hasta salir a la Avenida Angamos por la Av. Principal, cruzar y entrar a la otra ciclovía mencionada en la Fig. 24 que finalmente conecta con la estación Angamos del Metro de Lima. A continuación se muestra la ruta la Fig.29

Figura 35: Tercera alternativa de ruta de conexión

Fuente: Google Maps

3.2.4. Características de avenidas principales

Tabla 12: Características de avenidas de la ruta directa

Cruce	Avenida que cruza la Av. Angamos	Semaforizado	Longitud de cruce a cruce	Nº Carriles	Vehículos
Cruce 1	Av. Paseo de la Republica	Semaforizado	0 m	6 carriles -3 este a oeste -3 oeste a este	-Autos y taxis -Buses y micros -Camiones
Cruce 2	Jirón Dante	Semaforizado	400 m	6 carriles -3 este a oeste -3 oeste a este	-Autos y taxis -Buses y micros -Camiones
Cruce 3	Av. Manuel Irribarren	No semaforizado	120 m	6 carriles -3 este a oeste -3 oeste a este	-Autos y taxis -Buses y micros -Camiones
Cruce 4	Av. San Pedro	No semaforizado	230 m	6 carriles -3 este a oeste -3 oeste a este	-Autos y taxis -Buses y micros -Camiones
Cruce 5	Av. República de Panamá	Semaforizado	190 m	6 carriles -3 este a oeste -3 oeste a este	-Autos y taxis -Buses y micros -Camiones
Cruce 6	Jirón Domingo Martínez Lujan	Semaforizado	230 m	6 carriles -3 este a oeste -3 oeste a este	-Autos y taxis -Buses y micros -Camiones
Cruce 7	Av. Tomas Marzano	Semaforizado	450 m	6 carriles -este a oeste -3 oeste a este	-Autos y taxis -Buses y micros -Camiones
Cruce 8	Av. Principal	Semaforizado	550 m	8 carriles -5 este a oeste (3 principales y 2 auxiliares) -3 oeste a este	-Autos y taxis -Buses y micros -Camiones
Cruce 9	Av. Malachowski	Semaforizado	400 m	8 carriles -5 este a oeste (3 principales y 2 auxiliares) -3 oeste a este	-Autos y taxis -Buses y micros -Camiones
Cruce 10	Av. Aviación	Semaforizado	350 m	10 carriles -5 este a oeste (3 principales y 2 auxiliares) -5 oeste a este (3 principales y 2 auxiliares)	-Autos y taxis -Buses y micros -Camiones

Fuente: Propia

4. RECOPIACIÓN DE DATA E INFORMACIÓN

4.1 Demanda Actual del Metro de Lima

La demanda del Metro de Lima es cuantas personas utilizan este transporte masivo en un cierto intervalo de tiempo (horas, días, meses, etc.), en nuestro caso para hallar este valor se optó por realizar un pedido formal mediante una carta firmada por el director de la carrera solicitando a la Autoridad Autónoma del Tren Eléctrico (AATE) brindarnos dicha información. Se conoce que la demanda diaria del Metro de Lima era aproximadamente 320,000 personas mensual, según información brindada por Gonzalo Ferraro, presidente del Directorio del Concesionario GyM Ferrovías al diario Gestión en el 2016. Sin embargo, para tener un mejor análisis del proyecto de tesis es necesario contar con la información más actualizada posible.

Tabla 13: Demanda de usuarios en la estación Angamos

Año	Mes	Promedio diario			Total Mensual
		Lunes a Viernes	Sábados	Domingos	
2017	Ene	15,557	13,663	6,637	427,635
	Feb	16,416	14,366	7,051	413,992
	Mar	16,073	14,145	6,968	454,135
	Abr	16,242	14,413	7,196	415,367
	May	15,631	14,490	7,217	437,680
	Jun	15,246	14,298	7,338	413,480
	Jul	14,886	13,890	7,100	401,260
	Ago	15,294	13,917	6,988	428,395
	Sep	15,421	13,978	7,141	422,288
	Oct	15,220	13,892	7,110	420,687
	Nov	15,290	14,273	7,252	413,136
	Dic	15,348	13,948	8,003	415,223
2018	Ene	15,013	13,381	6,836	403,568
	Feb	16,214	14,095	7,288	409,811
	Mar	16,961	14,171	7,266	453,487
	Abr	17,357	15,446	7,333	451,850
	May	16,966	14,502	7,592	468,808
	Jun	17,806	14,848	6,823	467,702
	Jul	17,919	16,065	8,210	491,203

Fuente: Autoridad Autónoma del Sistema Eléctrico de Transporte (AATE)

Gráfico 7: Demanda mensual de usuarios del Metro de Lima 2018

Fuente: Autoridad Autónoma del Sistema Eléctrico de Transporte (AATE)

Gráfico 8: Dispersión de datos de demanda diaria del Metro de Lima en el 2018

Fuente: Autoridad Autónoma del Sistema Eléctrico de Transporte (AATE)

Según se remarcó en la tabla N° 13 se tomará como dato para evaluación de la muestra para las encuestas la demanda diaria de 17919 usuarios del mes de julio del 2018 ya que es la más actual y según los gráficos N°7 y N°8 se observa que está dentro de la línea de tendencia que tiene la demanda en el último año.

4.2 Demanda Actual del Metropolitano de Lima

La demanda del Metropolitano es el número de personas utilizan este transporte masivo en un cierto intervalo de tiempo (horas, días, meses, etc.). Para hallar este valor existen diferentes métodos, uno de ellos es el conteo de personas que suben al metropolitano por estación, debido a que es un medio de transporte masivo, es necesario realizar un conteo diferentes días de la semana, así como en diferentes horarios. Sin embargo, a pesar de realizarlo correctamente siempre existirá un error, que puede variar dependiendo de la efectividad de las personas que cuenten.

Por otro lado, una mejor manera y más eficiente es solicitar dicha información a Protransporte, debido a que ellos cuentan con dicha información que es más exacta, debido a que contabilizan las personas que ingresan al medio de transporte en las estaciones mediante las tarjetas. Por ello se realizó una carta firmada por el director de la carrera Ingeniería Civil, la cual fue entregada a la central de Protransporte para que nos brinde dicha información.

El diario El Comercio reporto el 24 de abril del 2018 que el Metropolitano que según Luis Quispe, de la ONG Luz Ámbar, entre 650 mil y 700 mil personas usan a diario este servicio. Este puede ser un dato aproximado de la demanda, pero debido a que el rango del intervalo es de 50,000 personas, se debe obtener un dato más exacto para poder utilizarlo como información valida.

Tabla 14: Demanda de usuarios en la estación Angamos del Metropolitano

Año	Mes	Promedio Diario			TOTAL MENSUAL
		Lunes A Viernes	Sábado	Domingo	
2018	Enero	24270	17665	6263	653901
	Febrero	25399	17807	6050	603395
	Marzo	24450	18460	6184	649998
	Abril	25856	18040	6121	645739
	Mayo	25018	19132	6156	676553
	Junio	25097	17785	6024	640037
	Julio	25522	16348	6216	657768
	Agosto	25185	21107	6493	652470

Fuente: Municipalidad Metropolitana de Lima - PROTRANSPORTE

Gráfico 9: Histograma de Demanda Mensual del Metropolitano del 2018

Fuente: Municipalidad Metropolitana de Lima - PROTRANSPORTE

Gráfico 10: Dispersión de Demanda Diaria de usuarios del Metropolitano del 2018

Fuente: Municipalidad Metropolitana de Lima - PROTRANSPORTE

Según se remarcó en la tabla N° 14 se tomará como dato para evaluación de la muestra para las encuestas la demanda diaria de 25856 usuarios del mes de abril del 2018 ya que es la más actual y según los gráficos N°9 y N°10 se observa que está dentro de la línea de tendencia que tiene la demanda diaria en el último año, aunque la mayor demanda de usuarios se dio en el mes de mayo.

4.3 Demanda de personas que utilizan ambos transportes

Se realizaron encuestas de origen-destino agregando preguntas sobre la integración de una supuesta ciclovía y preferencias del usuario sobre ella, de manera que se pueda conocer y definir al público que nos estamos enfocando, cual es la ruta habitual de estas personas, como se moviliza para llegar de la estación del Metro a la estación del Metropolitano de la Av. Angamos, en caso de usar ambas en su viaje. Así mismo en la Figura N°37 se muestra el formato utilizado para ambas estaciones que prácticamente son lo mismo con la diferencia de que una pregunta cambia dependiendo de en qué estación se realice la encuesta.

Figura 36: Formato de encuesta utilizado en las estaciones del Metro y Metropolitano de Lima

N° Encuesta:				
Fecha:			Hora	
1. Punto muestra				
	Metropolitano		Angamos	
	Metro		Angamos	
2. Datos Encuestado(a)				
Sexo	Masculino		Femenino	
Situación laboral	Trabaja			
	Jubilado			
	Estudiante			
	Ama de casa			
Nivel Educación	Primaria		Secundaria	
			Pregrado	
3. Motivo de viaje				
	Casa		Trabajo	
	Salud		A. personales	
			Estudios	
			Diversión	
			Compras	
			Otros	
4. Origen y destino viaje				
Origen:				
Destino:				
5. ¿Utilizará para su viaje el Metro de Lima?				
	Si		(pasar a pregunta 7)	
	No			
6. ¿Utiliza los dos medios de transporte masivo (Metropolitano y Metro de Lima)?				
	Si			
	No			
7. ¿Qué transporte utiliza(ría) para llegar a la estación del Metro de Lima en horas punta?				
	A pie		Combi	
	Bicicleta		Micro	
	Motocicleta		Taxi	
8. ¿Si la Municipalidad de Lima implementa una ciclovía que conecta ambas estaciones la usaría?				
	Si		No	
9. Estaría dispuesto a llevar su propia bicicleta para movilizarse entre las estaciones?				
	Si		No	
10. Estaría dispuesto a alquilar las bicicletas y usar los parqueaderos propuestos por la municipalidad?				
	Si		No	

Fuente: Propia

4.3.1 Metro de Lima:

En la estación Angamos del Metro se obtuvo los siguientes resultados para una muestra representativa de 337 personas según la demanda diaria proporcionada por la AATE. En el Gráfico N° 11 se observa la cantidad de personas que usará el Metropolitano de Lima en el transcurso de su viaje para llegar a su destino, el cual indica que el 37% (140 personas) si lo utilizará, en cambio el 63% (237 personas) no tiene necesidad o no lo usará.

Gráfico 11: Personas que al salir de la estación del Metro utilizarían el Metropolitano

Fuente: Propia

Sin embargo, también se analizó con un enfoque más global si las personas han utilizado los dos medios de transporte masivo ya sea en un mismo viaje ocasionalmente o cada transporte en diferentes viajes. En el Gráfico N°12 se puede observar un gran aumento en el porcentaje de personas que si utilizan, siendo este de un 76% (286 personas) y por ende una disminución en el porcentaje de personas que solo utilizan el metro, siendo este de un 24% (91 personas)

Gráfico 12: Personas que han utilizado el Metro y Metropolitano para un mismo viaje o en diferentes viajes

Fuente: Propia

Por otro lado se recopilaban datos sobre origen y destino de las personas del Metro de Lima para de manera que se conozcan cual o cuales son las tendencias del origen de los viajes así como los destinos más frecuentados, de manera que se verifiquen las respuestas dadas por las personas que si usarán el Metropolitano en la Gráfica N°11.

En la Gráfica N°13 se observa que la mayoría de viajes tiene como origen San Juan de Miraflores con un porcentaje de 29% (110 personas), seguidamente está el distrito de Villa el Salvador con 18% (66 personas), en tercer lugar está Cercado con 17% (65 personas) y finalmente vienen otros distritos con porcentajes menores como se aprecia en el gráfico.

Gráfico 13: Distritos de origen de los usuarios del Metro de Lima

Fuente: Propia

De la misma forma, en la Gráfica N°14 se observa que la mayoría de viajes tiene como destino Cercado con un porcentaje de 23% (87 personas), seguidamente está el distrito de Surquillo con 16% (61 personas), en tercer lugar está Surco y Miraflores con 12% (45 personas) y finalmente vienen otros distritos con porcentajes menores como se aprecia en el gráfico.

Gráfico 14: Distritos de destino de los usuarios del Metro de Lima

Fuente: Propia

Por último se obtuvieron los modos de transporte que utilizan o utilizarían, los usuarios del Metro, al salir de la estación y movilizarse a la estación del Metropolitano, como se observa en el Gráfico N°15. Solo el 0.53% lo harían en bicicleta.

Gráfico 15: Modos de transporte de los usuarios al salir del Metro

Fuente: Propia

4.3.2 Metropolitano de Lima:

En la estación Angamos del Metropolitano se obtuvo los siguientes resultados para una muestra representativa de 400 personas según la demanda diaria proporcionada por PROTRANSPORTE. En el Gráfico N° 16 se observa la cantidad de personas que al salir de la estación de Angamos del Metropolitano usará el Metro de Lima para continuar su viaje hasta llegar a su destino, el cual indica que el 17.75% (71 personas) si lo utilizará, por otro lado, el 82.25% (329 personas) no utilizaran el Metro, debido que no es necesario o utilizaran otro medio de transporte.

Gráfico 16: Personas que al salir de la estación del Metropolitano utilizaran el Metro de Lima

Fuente: Propia

Por otro lado, también se encuesta la utilización de ambos medios de transporte. Para poder analizar si las personas utilizan ambos medios de transporte, sea en un solo viaje o para distintos viajes En el Gráfico N°17 se puede observar un gran aumento en el porcentaje de personas que, si utilizan, siendo este de un 67% (268 personas) y por ende una disminución en el porcentaje de personas que solo utilizan el metro, siendo este de un 33% (132 personas).

Gráfico 17: Personas que han utilizado el Metro y Metropolitano para un mismo viaje o en diferentes viajes

Fuente: Propia

También se recopilaban datos sobre origen-destino de las personas del Metropolitano para de manera que se conozcan cual o cuales son las tendencias del origen de los viajes, así como los destinos más frecuentados, esta puede ser otra manera de hallar la demanda de personas que utilizan ambos medios de transporte masivo para realizar su viaje, dato que fue hallado anteriormente con las encuestas, por lo tanto no es necesario este análisis

En la Gráfica N°18 se observa que la mayoría de los viajes tiene como origen Rímac con un porcentaje de 15.75% (63 personas), seguidamente está el distrito de Breña con 13% (52 personas), en tercer lugar está Chorrillos con 12.75% (51 personas), después vienen otros distritos como Independencia San Martín de Porres y Lince que tienen porcentajes muy considerables mayores al 10% con porcentajes y finalmente otros distritos con menor porcentaje como se aprecia en el gráfico.

Gráfico 18: Distritos de origen de los usuarios del Metro de Lima

Fuente: Propia

De la misma forma, en la Gráfica N°19 se observa que la mayoría de los viajes tiene como destino Santiago de Surco con un porcentaje de 17.75% (70 personas), seguidamente está el distrito de Surquillo con 13.75% (55 personas), en tercer lugar está Villa el Salvador con 13.25% (53 personas), seguido vienen distritos como Villa María del Triunfo y San Juan de Miraflores que forman parte de más del 10% de los encuestados y finalmente vienen otros distritos con porcentajes menores como se aprecia en el siguiente gráfico.

Gráfico 19: Distritos de destino de los usuarios del Metro de Lima

Fuente: Propia

Por último, se obtuvieron los modos de transporte que utilizan o utilizarían, los usuarios del Metropolitano, al salir de la estación y movilizarse a la estación del Metro, como se observa en el Gráfico N°20. Solo el 0.75% lo harían en bicicleta.

Gráfico 20: Modos de transporte de los usuarios al salir del Metropolitano

Fuente: Propia

4.4 Demanda de Personas que utilizarían la ciclovía en Horas Punta

De acuerdo a las encuestas realizadas se obtuvo data en ambas estaciones sobre que piensan las personas sobre la supuesta ciclovía que se quiere integrar como medio de conexión entre las estaciones del Metro y Metropolitano de la Av. Angamos, así como si preferirían usar su propia bicicleta o usar una que proporcione las municipalidades de San Borja y Surquillo, dependiendo del distrito en que se encuentren

4.4.1 Metro de Lima:

De todas las personas encuestadas se obtuvo información sobre quienes estarían dispuestos a usar la ciclovía en horas punta para así evitar el tráfico. En el Gráfico N°21 se muestran de manera global y general el interés que tendría la gente de usar la ciclovía en caso de que se implementara, siendo el 64% (242 personas) quienes si la usarían y el 36% (135 personas) quienes dicen que no.

Gráfico 21: Usuarios del Metro de Lima que usarían la ciclovía que conecte con el Metropolitano (Global)

Fuente: Propia

Sin embargo esto no es un número representativo ya que no todos usan el Metro y el Metropolitano juntos en un mismo viaje por lo que esto nos daría un punto de vista erróneo de la demanda en el cual nos queremos enfocar. Debido a esto se han analizado con mayor detalle solo a las personas que SI usarán el Metropolitano para llegar a su destino, luego de salir del Metro de Lima, que es donde se realizaron las encuestas en este caso, como se observó en el Gráfico N°11 anteriormente. Por lo tanto la nueva muestra analizada es de 98 personas, por lo que los resultados varían y se observan en el Gráfico N°22 lo cual nos indica que el 74% (73 personas) dijeron que si y el 26% (25 personas) dijo que no.

Gráfico 22: Usuarios del Metro de Lima que usarían la ciclo vía que conecte con el Metropolitano (Específico)

Fuente: Propia

Esto a comparación del Gráfico N°21, nos da una mejor idea de la demanda para la ciclo vía propuesta que es de 98 personas, por lo tanto se tomará este número de personas como otra nueva muestra para analizar las últimas dos preguntas de la encuesta.

En el Gráfico N°23 se muestra que de las personas que dijeron que sí usarían la ciclo vía, el 5% (4 personas) sí llevarían su propia bicicleta para la ciclo vía y el 95% (69 personas) no tiene esa preferencia.

Gráfico 23: Personas que estarían dispuestas a llevar su propia bicicleta en la ciclo vía propuesta

Fuente: Propia

Por último en el Gráfico N°24 también se analiza para el grupo de personas que dijeron que si usarían la ciclo vía y se observa que el 97% (71 personas) prefieren que las Municipalidades involucradas brinden el alquiler de bicicletas con sus respectivos parqueaderos, lo cual involucra a la gran mayoría; por otro lado, solo el 3% (2 personas) no prefieren este servicio.

Gráfico 24: Personas que prefieren que Municipalidades brinden el servicio de alquiler

Fuente: Propia

4.4.2 Metropolitano de Lima:

De todas las personas encuestadas se obtuvo información sobre quienes estarían dispuestos a usar la ciclovía en horas punta para así evitar el tráfico. En el Gráfico N°25 se muestran de manera global y general el interés que tendría la gente de usar la ciclovía en caso de que se implementara, siendo el 59.25% (237 personas) quienes si la usarían y el 40.75% (163 personas) quienes dicen que no.

Gráfico 25: Usuarios del Metropolitano que usarían la ciclovía que conecte con el Metro de Lima (Global)

Fuente: Propia

Sin embargo, debido a que no todos los encuestados utilizan ambos medios de transporte para realizar sus viajes no es un número representativo esto genera un valor alterado en la información, que podría cambiar considerablemente la demanda en el cual nos queremos enfocar. Debido a esto se han analizado con mayor detalle solo a las personas que SI usarán el Metro de Lima para llegar a su destino, luego de salir del Metropolitano, que es donde se realizaron las encuestas en este caso. Por lo tanto, la nueva muestra analizada es de 71 personas, por lo que los resultados varían y se observan en el Gráfico N°26 lo cual nos indica que el 61.97% (44 personas) dijeron que si y el 38.03% (27 personas) dijo que no.

Gráfico 26: Usuarios del Metropolitano que usarían la ciclovía que conecte con el Metro de Lima (Específico)

Fuente: Propia

Esto a comparación del Gráfico N°25, nos da una mejor idea de la demanda para la ciclovía propuesta que es de 71 personas, por lo tanto, se tomará este número de personas como otra nueva muestra para analizar las últimas dos preguntas de la encuesta.

En el Gráfico N°27 se muestra que de las personas que dijeron que sí usarían la ciclovía, el 25.35% (18 personas) sí llevarían su propia bicicleta para la ciclovía y el 74.65% (53 personas) no tiene esa preferencia.

Gráfico 27: Personas que estarían dispuestas a llevar su propia bicicleta en la ciclovía propuesta

Fuente: Propia

Por último, en el Gráfico N°28 también se analiza para el grupo de personas que dijeron que si usarían la ciclovía y se observa que el 90.14% (94 personas) prefieren que las Municipalidades involucradas brinden el alquiler de bicicletas con sus respectivos parqueaderos; por otro lado, 9.86% (7 personas) no prefieren este servicio.

Gráfico 28: Personas que prefieren que Municipalidades brinden el servicio de alquiler de bicicletas

Fuente: Propia

4.5 Estudio del Tráfico Vehicular

Para la toma de datos de tráfico vehicular se ha estudiado las intersecciones más importantes que existen entre las dos estaciones de la investigación, las cuales son cuatros. La primera es Av. Aviación y Av. Angamos, la segunda es Av. Angamos y Av. Tomás Marsano, la tercera es Av. Angamos y Av. República de Panamá y la última es la Av. Angamos y Av. Paseo de la República.

Tabla 15: Aforo vehicular de la intersección Angamos con Aviación de las 7am – 8pm

Aforo Vehicular			
Av. Angamos - Av. Aviación			
Hora	Vehículos	Hora	Vehículos
07:00 - 07:15	1,063	13:30 - 13:45	1,196
07:15 - 07:30	1,085	13:45 - 14:00	1,177
07:30 - 07:45	1,185	14:00 - 14:15	1,052
07:45 - 08:00	1,207	14:15 - 14:30	1,074
08:00 - 08:15	1,323	14:30 - 14:45	1,173
08:15 - 08:30	1,290	14:45 - 15:00	1,195
08:30 - 08:45	1,278	15:00 - 15:15	1,310
08:45 - 09:00	1,247	15:15 - 15:30	1,277
09:00 - 09:15	1,210	15:30 - 15:45	1,265
09:15 - 09:30	1,159	15:45 - 16:00	1,235
09:30 - 09:45	1,091	16:00 - 16:15	1,198
09:45 - 10:00	1,127	16:15 - 16:30	1,147
10:00 - 10:15	1,081	16:30 - 16:45	1,080
10:15 - 10:30	1,137	16:45 - 17:00	1,116
10:30 - 10:45	1,120	17:00 - 17:15	1,070
10:45 - 11:00	1,156	17:15 - 17:30	1,126
11:00 - 11:15	1,299	17:30 - 17:45	1,109
11:15 - 11:30	1,349	17:45 - 18:00	1,144
11:30 - 11:45	1,334	18:00 - 18:15	1,286
11:45 - 12:00	1,352	18:15 - 18:30	1,336
12:00 - 12:15	1,352	18:30 - 18:45	1,321
12:15 - 12:30	1,325	18:45 - 19:00	1,338
12:30 - 12:45	1,338	19:00 - 19:15	1,338
12:45 - 13:00	1,278	19:15 - 19:30	1,312
13:00 - 13:15	1,190	19:30 - 19:45	1,325
13:15 - 13:30	1,209	19:45 - 20:00	1,265

Fuente: Proyecto de Gestión del tránsito (PROTRANSITO)

Tabla 16: Aforo vehicular de la intersección Angamos con Tomás Marsano de las 7am - 8pm

Aforo Vehicular			
Av. Angamos - Av. Tomas Marsano			
Hora	Vehículos	Hora	Vehículos
07:00 - 07:15	1112	13:30 - 13:45	832
07:15 - 07:30	1230	13:45 - 14:00	1,347
07:30 - 07:45	1342	14:00 - 14:15	1,381
07:45 - 08:00	1407	14:15 - 14:30	1,474
08:00 - 08:15	1265	14:30 - 14:45	976
08:15 - 08:30	1240	14:45 - 15:00	1,408
08:30 - 08:45	817	15:00 - 15:15	1,342
08:45 - 09:00	1189	15:15 - 15:30	1,377
09:00 - 09:15	1196	15:30 - 15:45	1,410
09:15 - 09:30	1415	15:45 - 16:00	1,620
09:30 - 09:45	1367	16:00 - 16:15	1,506
09:45 - 10:00	1371	16:15 - 16:30	1,504
10:00 - 10:15	1557	16:30 - 16:45	1,495
10:15 - 10:30	1186	16:45 - 17:00	1,304
10:30 - 10:45	1358	17:00 - 17:15	1,558
10:45 - 11:00	1461	17:15 - 17:30	1,334
11:00 - 11:15	1120	17:30 - 17:45	1,289
11:15 - 11:30	1467	17:45 - 18:00	1,351
11:30 - 11:45	1382	18:00 - 18:15	1,656
11:45 - 12:00	589	18:15 - 18:30	1,399
12:00 - 12:15	1101	18:30 - 18:45	1,403
12:15 - 12:30	1190	18:45 - 19:00	1,251
12:30 - 12:45	1209	19:00 - 19:15	1,417
12:45 - 13:00	747	19:15 - 19:30	1,500
13:00 - 13:15	600	19:30 - 19:45	1,355
13:15 - 13:30	979	19:45 - 20:00	1,511

Fuente: Proyecto de Gestión del tránsito (PROTRANSITO)

Tabla 17: Aforo vehicular de la intersección Angamos con República de Panamá de las 7am - 8pm

Aforo Vehicular			
Av. Angamos - Av. República de Panamá			
Hora	Vehículos	Hora	Vehículos
07:00 - 07:15	810	13:30 - 13:45	846
07:15 - 07:30	818	13:45 - 14:00	874
07:30 - 07:45	912	14:00 - 14:15	890
07:45 - 08:00	767	14:15 - 14:30	853
08:00 - 08:15	902	14:30 - 14:45	891
08:15 - 08:30	889	14:45 - 15:00	894
08:30 - 08:45	924	15:00 - 15:15	898
08:45 - 09:00	849	15:15 - 15:30	891
09:00 - 09:15	864	15:30 - 15:45	892
09:15 - 09:30	884	15:45 - 16:00	929
09:30 - 09:45	846	16:00 - 16:15	939
09:45 - 10:00	922	16:15 - 16:30	954
10:00 - 10:15	915	16:30 - 16:45	951
10:15 - 10:30	874	16:45 - 17:00	946
10:30 - 10:45	887	17:00 - 17:15	911
10:45 - 11:00	884	17:15 - 17:30	895
11:00 - 11:15	904	17:30 - 17:45	894
11:15 - 11:30	919	17:45 - 18:00	891
11:30 - 11:45	916	18:00 - 18:15	1,043
11:45 - 12:00	875	18:15 - 18:30	918
12:00 - 12:15	903	18:30 - 18:45	866
12:15 - 12:30	869	18:45 - 19:00	900
12:30 - 12:45	897	19:00 - 19:15	982
12:45 - 13:00	876	19:15 - 19:30	1,053
13:00 - 13:15	872	19:30 - 19:45	762
13:15 - 13:30	876	19:45 - 20:00	988

Fuente: Proyecto de Gestión del tránsito (PROTRANSITO)

Tabla 18: Aforo vehicular de la intersección Angamos con Paso de la República de las 7am - 8pm

Aforo Vehicular			
Av. Angamos - Av. Paso de la República			
Hora	Vehículos	Hora	Vehículos
07:00 - 07:15	977	13:30 - 13:45	844
07:15 - 07:30	1076	13:45 - 14:00	896
07:30 - 07:45	1197	14:00 - 14:15	979
07:45 - 08:00	1133	14:15 - 14:30	963
08:00 - 08:15	1230	14:30 - 14:45	1,125
08:15 - 08:30	1248	14:45 - 15:00	999
08:30 - 08:45	1139	15:00 - 15:15	1,318
08:45 - 09:00	1334	15:15 - 15:30	1,178
09:00 - 09:15	1099	15:30 - 15:45	1,366
09:15 - 09:30	1075	15:45 - 16:00	1,181
09:30 - 09:45	1240	16:00 - 16:15	872
09:45 - 10:00	1173	16:15 - 16:30	891
10:00 - 10:15	1336	16:30 - 16:45	884
10:15 - 10:30	1117	16:45 - 17:00	865
10:30 - 10:45	1120	17:00 - 17:15	871
10:45 - 11:00	1094	17:15 - 17:30	867
11:00 - 11:15	1190	17:30 - 17:45	869
11:15 - 11:30	1182	17:45 - 18:00	850
11:30 - 11:45	1113	18:00 - 18:15	828
11:45 - 12:00	1172	18:15 - 18:30	859
12:00 - 12:15	1130	18:30 - 18:45	821
12:15 - 12:30	1073	18:45 - 19:00	839
12:30 - 12:45	1156	19:00 - 19:15	846
12:45 - 13:00	1092	19:15 - 19:30	892
13:00 - 13:15	1053	19:30 - 19:45	671
13:15 - 13:30	912	19:45 - 20:00	887

Fuente: Proyecto de Gestión del tránsito (PROTRANSITO)

De las intersecciones anteriores se tomará como las horas punta a partir de las 11 am, aunque exista también alto tráfico a primeras horas de la mañana, se ha tomado en cuenta que en este lapso de tiempo las personas andan muy apuradas y preocupadas para llegar a su trabajo o centro de estudio por lo que esto no resultaría beneficioso para la toma de encuestas debido al poco interés que mostrarían los encuestados.

Gráfico 29: Histograma del Flujo Vehicular de la intersección Angamos con Aviación de las 7am - 8pm

Fuente: Proyecto de Gestión del tránsito (PROTRANSITO)

Gráfico 30: Histograma del Flujo Vehicular de la intersección Angamos con Tomás Marsano de las 7am - 8pm

Fuente: Proyecto de Gestión del tránsito (PROTRANSITO)

Gráfico 31: Histograma del Flujo Vehicular de la intersección Angamos con República de Panamá de las 7am - 8pm

Fuente: Proyecto de Gestión del tránsito (PROTRANSITO)

Tabla 19: Histograma del Flujo Vehicular de la intersección Angamos con Paseo de la República de las 7am - 8pm

Fuente: Proyecto de Gestión del tránsito (PROTRANSITO)

4.6 Estudio del Tráfico Peatonal

Para la toma de datos de tráfico peatonal se ha estudiado las intersecciones más importantes que existen entre las dos estaciones de la investigación, las cuales son cuatros. La primera es Av. Aviación y Av. Angamos, la segunda es Av. Angamos y Av. Tomás Marsano, la tercera es Av. Angamos y Av. República de Panamá y la última es la Av. Angamos y Av. Paseo de la República.

Figura 37: Conteo de Peatones por hora de intersecciones más influyentes en la Av. Angamos

Aforo Peatonal				
Hora	Av. Aviación	Av. Tomas Marsano	Av. República de Panamá	Av. Paseo de la República
	Peatones			
07:00 - 08:00	6117	4158	4793	5315
08:00 - 09:00	6881	4383	5424	5979
09:00 - 10:00	5933	4260	5631	5155
10:00 - 11:00	4911	3380	5588	5157
11:00 - 12:00	4840	3289	5038	5082
12:00 - 13:00	4601	3867	4842	4832
13:00 - 14:00	4655	3686	4744	4888
14:00 - 15:00	5012	3920	4745	5262
15:00 - 16:00	5637	4339	5370	5919
16:00 - 17:00	5873	4217	5575	5104
17:00 - 18:00	5875	4134	5532	5105
18:00 - 19:00	5789	4022	4794	5031
19:00 - 20:00	4555	4020	4697	4783

Fuente: Propia

Las intersecciones con un mayor tránsito de personas a comparación de las otras son la Av. Angamos con la Av. Aviación y con la Av. Paseo de la república, esto se debe a que en ambas avenidas se encuentran las estaciones del Metro y Metropolitano respectivamente, sin embargo en la Av. Aviación se observa un mayor flujo debido a la amplitud de las avenidas y de las veredas para transitar, centros comerciales y restaurants.

4.7 Estudio del Tráfico No Motorizado

Para la toma de datos de tráfico no motorizado se ha estudiado las intersecciones más importantes que existen entre las dos estaciones de la investigación, las cuales son cuatros. La primera es Av. Aviación y Av. Angamos, la segunda es Av. Angamos y Av. Tomás Marsano, la tercera es Av. Angamos y Av. República de Panamá y la última es la Av. Angamos y Av. Paseo de la República.

Se tomó como horas prioritarias las horas de mayor tránsito de personas y de vehículos, con lo que obtenemos 3 intervalos de tiempos de 2 horas analizados cada 15 minutos. Las Tablas N°20, N°21 y N°22 muestran en resumen la cantidad de bicicletas de la intersección en total, pues para la toma de datos, este número fue obtenido por acceso.

Tabla 20: Aforo de bicicletas entre las 7am - 9am

Aforo				
Hora	Av. Angamos - Av. Aviación	Av. Angamos - Av. Tomás Marsano	Av. Angamos - Av. República de Panamá	Av. Angamos - Av. Paseo de la República
	N° Bicicletas	N° Bicicletas	N° Bicicletas	N° Bicicletas
07:00 - 07:15	0	0	3	1
07:15 - 07:30	0	1	5	2
07:30 - 07:45	3	2	6	4
07:45 - 08:00	4	3	1	1
08:00 - 08:15	0	4	5	4
08:15 - 08:30	7	4	5	3
08:30 - 08:45	8	1	2	3
08:45 - 09:00	6	1	0	2

Fuente: Propia

Tabla 21: Aforo de bicicletas entre las 11am - 1pm

Aforo				
Hora	Av. Angamos - Av. Aviación	Av. Angamos - Av. Tomás Marsano	Av. Angamos - Av. República de Panamá	Av. Angamos - Av. Paseo de la República
	N° Bicicletas	N° Bicicletas	N° Bicicletas	N° Bicicletas
11:00 - 11:15	0	0	1	2
11:15 - 11:30	1	4	2	1
11:30 - 11:45	0	2	3	3
11:45 - 12:00	0	0	1	0
12:00 - 12:15	0	1	2	1
12:15 - 12:30	0	3	4	4
12:30 - 12:45	0	3	1	1
12:45 - 13:00	2	1	0	1

Fuente: Propia

Tabla 22: Aforo de bicicletas entre las 5pm -- 7pm

Aforo				
Hora	Av. Angamos - Av. Aviación	Av. Angamos - Av. Tomás Marsano	Av. Angamos - Av. República de Panamá	Av. Angamos - Av. Paseo de la República
	N° Bicicletas	N° Bicicletas	N° Bicicletas	N° Bicicletas
18:00 - 18:15	6	2	1	1
18:15 - 18:30	2	4	3	3
18:30 - 18:45	1	2	0	0
18:45 - 19:00	2	1	3	3
19:00 - 19:15	3	1	4	4
19:15 - 19:30	0	2	4	0
19:30 - 19:45	0	0	1	0
19:45 - 20:00	0	0	2	0

Fuente: Propia

4.8 Distancias y Tiempos entre Estaciones

A continuación se describirá la longitud, en unidades métricas, y sus tiempos, en minutos, correspondientes desde la estación Angamos del Metro hasta la estación Angamos del Metropolitano para las tres diferentes alternativas planteadas

4.8.1 Primera alternativa:

Figura 38: Primera Alternativa de ruta de conexión

Fuente: Google maps

Con una distancia de 3.1 km aproximadamente y la posibilidad de hacer el recorrido en microbús, bicicleta y caminando.

A través de un estudio de campo se ha cronometrado los tiempos que toma ir de una estación a otra en las horas de alto tránsito

- **Microbús:** Aproximadamente el tiempo de recorrido está entre 30 – 40 minutos. En el siguiente cuadro se muestra los recorridos hechos y los tiempos en los que se realizaron.

Tabla 23: Tiempos por recorrido en microbús en la Ruta 1

	Recorrido	Microbús (min)
Ruta 1	1	32.50
	2	31.25
	3	34.75
	4	33.75
	5	33.25
	6	32.25
	7	33.00
	8	34.25
	9	33.75
	10	35.00
	11	33.75
	12	32.50
	13	34.50
	14	31.25
	15	33.00
	Promedio	33.25

Mínimo	31.25
Máximo	35
Dispersión	11.28%

Fuente: Propia

Debido a que la dispersión es de 11.28%, fue necesario tomar 15. Debido a que según la teoría de errores si la dispersión esta entre 8% y 12% se deben tomar 15 datos. Para el cálculo se eliminaron el valor más alto y el más bajo, por lo cual debieron tomarse 17 datos. Asimismo, en la Tabla N°23 se presentan los datos tomados en campo verificando que la dispersión entre ellos no es significativa y está dentro del rango de 31 a 35 minutos

Gráfico 32: Dispersión de tiempos por recorrido en microbús en la Ruta 1

Fuente: Propia

Figura 39: Vista del tráfico en la Av. Angamos

Fuente: Propia

- **Bicicleta:** El tiempo aproximado está entre 20 - 25 minutos. En el siguiente cuadro se muestra los recorridos hechos y los tiempos en los que se realizaron.

Tabla 24: Tiempos por recorrido en bicicleta en la Ruta 1

	Recorrido	Bicicleta (min)
Ruta 1	1	20.75
	2	22.25
	3	21.00
	4	21.50
	5	22.00
	6	21.75
	Promedio	21.54

Mínimo	20.75
Máximo	22.25
Dispersión	6.96%

Fuente: Propia

Se observa que los datos tomados no muestran una dispersión significativa (6.96%), sin embargo, se debió tomar 8 datos, de los cuales se eliminaron el mayor y el menor, para utilizar únicamente 6 datos, lo cual cumple con la teoría de errores. Asimismo, se observará de manera más clara que la dispersión está dentro del rango de 20 a 23 minutos aproximadamente.

Gráfico 33: Dispersión de tiempos por recorrido en bicicleta en la Ruta 1

Fuente: Propia

Figura 40: Ciclista en el cruce Av. Angamos y Av. Tomás Marzano

Fuente: Propia

- **Caminata:** El tiempo aproximado está entre 35 – 45 minutos. En el siguiente cuadro se muestra los recorridos hechos y los tiempos en los que se realizaron.

Tabla 25: Tiempos por recorrido caminando en la Ruta 1

	Recorrido	Caminata (min)
Ruta 1	1	38.25
	2	40.00
	3	39.50
	4	38.75
	5	40.25
	6	39.25
	Promedio	39.33

Minimo	38.25
Maximo	40.25
Dispersión	5.08%

Fuente: Propia

Se observa que los datos tomados no muestran una dispersión significativa (5.08%), sin embargo, se debió tomar 8 datos, de los cuales se eliminaron el mayor y el menor, para utilizar únicamente 6 datos, lo cual cumple con la teoría de errores. Asimismo, se observará de manera más clara que la dispersión está dentro del rango de 38 a 41 minutos aproximadamente.

Gráfico 34: Dispersión de tiempos por recorrido caminando en la Ruta 1

Fuente: Propia

Figura 41: Personas usando crucero peatonal para cruzar avenidas principales

Fuente: Propia

4.8.2 Segunda Alternativa:

Figura 42: Segunda alternativa de ruta para ciclovía

Fuente: Google Maps

Con una distancia de 4.2 km aproximadamente y la posibilidad de hacer el recorrido en bicicleta y caminando.

A través de un estudio de campo se ha cronometrado los tiempos que toma ir de una estación a otra en las horas de alto tránsito

- **Bicicleta:** Aproximadamente el tiempo de recorrido está entre 20 – 30 minutos. En el siguiente cuadro se muestra los recorridos hechos y los tiempos en los que se realizaron.

Tabla 26: Tiempos por recorrido en bicicleta en la Ruta 2

	Recorrido	Bicicleta (min)
Ruta 2	1	24.75
	2	25.00
	3	26.00
	4	26.25
	5	26.75
	6	25.00
	Promedio	25.63

Mínimo	24.75
Máximo	26.75
Dispersión	7.80%

Fuente: Propia

Se observa que los datos tomados no muestran una dispersión significativa (7.80%), sin embargo, se debió tomar 8 datos, de los cuales se eliminaron el mayor y el menor, para utilizar únicamente 6 datos, lo cual cumple con la teoría de errores. Asimismo, se observará de manera más clara que la dispersión está dentro del rango de 24 a 27 minutos aproximadamente.

Gráfico 35: Dispersión de tiempos por recorrido en bicicleta en la Ruta 2

Fuente: Propia

Figura 43: Ciclista transitando por la Calle Domingo Elías con el Jirón Dante

Fuente: Propia

- **Caminata:** Aproximadamente el tiempo de recorrido está entre 52 – 57 minutos. En el siguiente cuadro se muestra los recorridos hechos y los tiempos en los que se realizaron.

Tabla 27: Tiempos de recorrido caminando en la Ruta 2

	Recorrido	Caminata (min)
Ruta 2	1	55.00
	2	52.75
	3	53.00
	4	56.50
	5	54.25
	6	53.75
	Promedio	54.21

Minimo	52.75
Maximo	56.5
Dispersión	6.92%

Fuente: Propia

Se observa que los datos tomados no muestran una dispersión significativa (6.92%), sin embargo, se debió tomar 8 datos, de los cuales se eliminaron el mayor y el menor, para utilizar únicamente 6 datos, lo cual cumple con la teoría de errores. Asimismo, se observará de manera más clara que la dispersión está dentro del rango de 52 a 57 minutos aproximadamente.

Gráfico 36: Dispersión de tiempos de recorrido caminando en la Ruta 2

Fuente: Propia

4.8.3 Tercera Alternativa:

Fuente: Google Maps

Con una distancia de 5.9 km aproximadamente y la posibilidad de hacer el recorrido en bicicleta y caminando.

A través de un estudio de campo se ha cronometrado los tiempos que toma ir de una estación a otra en las horas de alto tránsito

- **Bicicleta:** Aproximadamente el tiempo de recorrido está entre 30 -40 minutos. En el siguiente cuadro se muestra los recorridos hechos y los tiempos en los que se realizaron.

Tabla 28: Tiempos de recorridos en bicicleta en la Ruta 3

	Recorrido	Bicicleta (min)
Ruta 3	1	37.00
	2	38.50
	3	38.75
	4	36.00
	5	36.75
	6	36.50
	Promedio	37.25

Minimo	36
Maximo	38.75
Dispersión	7.38%

Se observa que los datos tomados no muestran una dispersión significativa (7.38%), sin embargo, se debió tomar 8 datos, de los cuales se eliminaron el mayor y el menor, para utilizar únicamente 6 datos, lo cual cumple con la teoría de errores. Asimismo, se observará de manera más clara que la dispersión está dentro del rango de 35 a 40 minutos aproximadamente.

Gráfico 37: Dispersión de tiempos de recorridos en bicicleta en la Ruta 3

Fuente: Propia

- **Caminata:** Aproximadamente el tiempo de recorrido está entre 65 – 75 minutos. En el siguiente cuadro se muestra los recorridos hechos y los tiempos en los que se realizaron.

Tabla 29: Tiempos de recorridos caminando en la Ruta 3

	Recorrido	Caminata (min)
Ruta 2	1	70.00
	2	72.25
	3	73.75
	4	69.75
	5	71.75
	6	75.50
	Promedio	72.17

Minimo	69.75
Maximo	75.5
Dispersión	7.97%

Fuente: Propia

Se observa que los datos tomados no muestran una dispersión significativa (7.97%), sin embargo, se debió tomar 8 datos, de los cuales se eliminaron el mayor y el menor, para utilizar únicamente 6 datos, lo cual cumple con la teoría de errores. Asimismo, se observará de manera más clara que la dispersión está dentro del rango de 68 a 76 minutos aproximadamente. En el Gráfico N°15 se observará de manera más clara que la dispersión está dentro del rango propuesto.

Gráfico 38: Dispersión de tiempos de recorridos caminando en la Ruta 3

Fuente: Propia

4.9 Características Físicas de la Conexión

Se recorrió diferentes rutas donde podría estar ubicada la ciclovía que conecte las estaciones del Metro de Lima y el Metropolitano de la avenida Angamos, en todos los casos es necesario cruzar por la avenida Angamos. Se pudo observar que la mayoría de las intersecciones de los tramos están correctamente señalizados o semaforizados y el estado de las vías (pistas y veredas) se encuentra en un estado aceptable. Sin embargo, en el recorrido se pudo observar que existen varios cientos de metros de ciclovías que no están señalizadas. Tanto en el distrito de San Borja como en el distrito de Surquillo, existen o existieron ciclovías en varias zonas, sin embargo, la mayoría (85% aproximadamente) no se encuentran correctamente señalizadas, existen las líneas y señalizaciones poco visibles en las pistas o veredas donde se encuentran o encontraban ubicadas las ciclovías. Además, se pudo observar que gran parte de estas ciclovías estaban ubicadas entre la vereda y la pista y esto ocasionaba que los vehículos estuvieran estacionados en las ciclovías, interrumpiendo el paso de los pocos ciclistas que las utilizan. También se pudo observar en la zona de Surquillo que algunos tramos se veían interrumpidos por desmonte de construcciones, negocios de mecánica y otros aspectos. Este gran problema empieza debido a que las

líneas que indican la existencia de dichas ciclovías no se visualizan bien y existe muy pocas señalizaciones de ciclovía o de No Estacionar. El estado de las pistas o veredas donde están ubicadas las ciclovías no se encuentran en mal estado, pueden ser utilizadas con normalidad.

4.9.1 Primera Alternativa

- Según su infraestructura:

DESCRIPCIÓN	REFERENCIA
La Av. Angamos tiene veredas anchas de más de 6m desde la Av. Paseo de la República hasta Av. República de Panamá
El pavimento de la vía está deteriorado y la pintura de las cebras está desgastada

Pintura de señalización desgastada. Asimismo el pavimento posee ahuellamientos en la intersección de la Av. Principal con Av. Angamos

Señalización de ciclovía desgastada y mala ubicación ya que cruza por estacionamientos y entre la vereda y el pavimento. Asimismo en el pavimento hay agrietamientos y fallas de piel de cocodrilo.

- Según la accesibilidad:

DESCRIPCIÓN	IIIMAGEN
<p>El tráfico es demasiado congestionado en horas punta por lo que reducir ese espacio para la ciclovía aumentaría ese flujo por lo que no es conveniente.</p>
<p>Los autos usan el espacio pegado a la vereda como estacionamientos y la demanda para eso es alta por lo que es zona comercial</p>

Los transportes públicos como microbuses combis y taxis se rigen bajo la ley de la jungla (“el más vivo”) por lo que no respetarían ese espacio designado para la ciclovía, lo cual es perjudicial y peligroso.

La ciclovía que se encuentra a partir de la Av. Principal tiene en el mismo tramo postes de luz que dificultan el paso, y más adelante es usado como estacionamiento

4.9.2 Segunda Alternativa

- Según su infraestructura:

DESCRIPCIÓN	IMAGEN
<p>La señalización de las cebras en las intersecciones está desgastada. Además el pavimento posee grietas en diferentes partes y corrugaciones leves.</p>
<p>En las zonas laterales de las calzadas el pavimento agrietamientos y la señalizaciones tanto de la ciclovía como la que delimita los carriles están desgastadas.</p>

Al inicio de la ruta desde la Av. Paseo de la República las señalización de carriles y la direccionalidad es muy notoria y bien resaltada asimismo para la delimitación de la ciclovía. Sin embargo el pavimento presenta agrietamiento en los bordes.

El pavimento presenta desgaste en los bordes consecuente de los residuos de los talleres mecánicos, zapaterías y centros de reparación que se desechan en la calle. Asimismo se aprecia agrietamiento en los bordes

- Según su accesibilidad:

DESCRIPCIÓN	IMAGEN
<p>Al comenzar la ruta desde Av. Paseo de la República existe una ciclovía a la derecha de la calzada sin embargo está obstaculizada con bloques amarillos como se aprecia en la imagen. De lo contrario este espacio sería utilizado como estacionamiento informalmente.</p>
<p>La obstaculización de la ciclovía continúa hasta la Calle Manuel Iribarren. Además este espacio es utilizado por personas con Quiscos Comerciales que también obstruyen el paso.</p>

En todo lo largo de la Calle Domingo Elías, por ser una zona comercial para talleres mecánicos, tiendas de abarrotes, entre otros, los extremos de los carriles son usados como estacionamientos por lo que hay menos espacio para el flujo de tránsito y el paso de bicicletas.

Entre las horas 11 am a 1pm y 5pm a 7pm las intersecciones en la mayoría del tramo de la Calle Domingo Elías se saturan, por lo que el paso del tránsito es lento.

4.9.3 Tercera Alternativa

- Según su infraestructura:

DESCRIPCIÓN	IMAGEN
<p>Al iniciar el tramo en la Av. Aviación por la torres de Limatambo se observa un pavimento de concreto un poco desgastado, un espacio para estacionamiento y señalización para la ciclo vía</p>
<p>En ciertos tramos de la ruta se puede observar agrietamientos centrales como laterales, en toda la zona de Limatambo el pavimento es de concreto.</p>

Continuado el tramo antes de llegar a la Av. Angamos el pavimento muestra fallas leves de piel de cocodrilo. La señalización de la ciclovía es menos notoria y una parte es usada como estacionamiento de vehículos.

En la Av. Principal cruzando la Av. Angamos se muestra la continuación de la ciclovía igualmente con señalización desgastada. A partir de aquí el pavimento que encontramos es flexible con agrietamientos y ahuellamientos leves.

- Según su accesibilidad:

DESCRIPCIÓN	IMAGEN
<p>El tráfico en la zona de Limatambo es intermedio en horas punta y escaso en horas normales lo cual permite la libre circulación de peatones y vehículos no motorizados.</p>
<p>La continuación de la ciclovía es compartida en la vereda de algunos tramos en la zona de Limatambo, las intersecciones son poco frecuentadas de vehículos por lo que permite su paso.</p>

La calle aledaña a Plaza Vea de Angamos continua con la ciclovía con un libre paso ya que el estacionamiento de vehículos no obstaculiza su paso, pero si obliga un poco a los ciclistas a ir por el carril de los autos.

En el tramo de la Av. Angamos la ciclovía es exclusiva sin embargo esta interrumpida por postes de luz y quiosco de abarrotes

5. PROYECCIÓN Y PRONÓSTICO DEL TRÁNSITO

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 conceptos explicados previamente en la sección 2.4.5.

$$TF = TA + IT$$

$$TA = TE + Tat$$

$$IT = CNT + TG + TD$$

5.1 Cálculo del tráfico actual

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. Sin embargo, se calculará el tránsito atraído referente al año de inauguración de la ciclovía que en este caso será prevista para Setiembre del 2019 (MunLima, 2015). La proyección de tránsito se hará a partir de la cantidad de usuarios que se tiene respecto al aforo realizado en una semana (Setiembre 2018). En la Tabla N°30 se observa el conteo de bicicletas realizado en las 4 avenidas influentes.

Tabla 30: Conteo de bicicletas 7 días

Días	Av. Angamos - Av. Aviación	Av. Angamos - Av. Tomás Marsano	Av. Angamos - Av. República de Panamá	Av. Angamos - Av. Paseo de la República	Total
	N° Bicicletas	N° Bicicletas	N° Bicicletas	N° Bicicletas	
Lunes	127	103	109	110	449
Martes	133	129	115	114	491
Miércoles	138	114	117	121	490
Jueves	125	109	110	116	460
Viernes	140	116	119	125	500
Sábado	55	36	30	41	162
Domingo	61	40	33	38	172
Total	779	647	633	665	2724

Fuente: Propia

Gráfico 39: Diagrama de Barras de cantidad de bicicletas en una 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:

$$TPDS = \frac{2724}{7} = 389 \text{ bicicletas/día}$$

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

$$S = \sqrt{\frac{(449 - 389)^2 + (491 - 389)^2 + (490 - 389)^2 + (460 - 389)^2 + \dots}{7 - 1}}$$

$$S = 153 \text{ bicicletas/día}$$

Por último, hallaremos el estimador de desviación estándar:

$$\sigma = \frac{145}{\sqrt{7}} \times \left(\sqrt{\frac{365 - 7}{365 - 1}} \right) = 58 \text{ bicicletas/día}$$

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.

$$TPDA = TPDS \pm KE$$

$$TPDA = 389 \pm 1.64(55)$$

$$295 \text{ bicicleta/día} < TPDA < 486 \text{ bicicleta/día}$$

$$TPDA = 389 \pm 1.96(55)$$

$$277 \text{ bicicleta/día} < TPDA < 504 \text{ bicicleta/día}$$

El tránsito promedio diario anual se encuentra en el rango de 277 y 504 bicicletas/día.

En el pronóstico del volumen de tránsito futuro se procederá calcular el tránsito actual sumando el tránsito existente (TE), que en este caso es igual a cero debido a que la ruta no existe, con el tránsito atraído (Tat) que es igual al máximo valor del rango del tránsito promedio diario anual hallado anteriormente.

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

$$TA (2019) = Tat(2019) = 504$$

5.2 Cálculo del tráfico generado

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 Surquillo y San Borja. Asimismo en la Tabla N° 31 se observa la población en el año 2025 y área de los distritos (INEI, 2017). 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 1.0 km de ancho respecto a la proyección de la ciclovía.

En la siguiente Figura N°:45 se visualiza lo explicado.

Figura 44: Imagen de área de influencia de la ciclovía

Fuente: Propia

Tabla 31: Cálculo de habitantes por zona de influencia

Distrito	Población 2025 (hab)	Área (km2)	Proporción	Habitantes
San Borja	112,888	9.96	0.27831325	31,418
Surquillo	88,805	3.46	0.80115607	71,146
Área de influencia		2.772		102,564

Fuente: Propia

Según la encuesta (realizada en el año 2018) a 777 personas en total en ambas estaciones del Metro y Metropolitano, se tiene que 169 personas (Gráfico N°22 y N°26) pasan por la ruta propuesta, pero se consideró solo a 117 personas que vendría a ser el 69.2%, que es porcentaje del total de las personas que sí están dispuestos a usar la ciclovía como medio de transporte (mayor detalle en la sección 4.4.1 y 4.4.2).

De acuerdo a la Tabla N°31 se tiene una población de 102564 para el año 2025. Teniendo en cuenta que sólo el 0.5% se movilizan con bicicleta se tiene que 513 habitantes utilizan la bicicleta como medio de transporte.

$$0.5\% \times 102\,564 = 513 \text{ habitantes}$$

En éste caso, para el año 2025 se tiene 112 pasan por la ruta propuesta (23 personas al día aprox.) y se considera el 69.2% de las personas que aceptaron utilizar la ciclovía.

$$112 \div 5 = 23 \frac{\text{personas}}{\text{día}}$$

$$69.2 \% \times 23 = 16 \frac{\text{personas}}{\text{día}}$$

Resulta que el tránsito generado es de 16 personas al día

5.3 Cálculo del tránsito desarrollado y crecimiento normal del tránsito

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. Por lo tanto el incremento del tránsito sería igual a la suma del crecimiento normal del tránsito (CNT) y el tránsito generado (TG)

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

Por lo tanto:

$$IT = CNT + TG$$

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

En la Tabla N°31 se observa la población que se moviliza en bicicleta, no ha aumentado en Lima Metropolitana, mientras que ciudades como Bogotá en el mismo tiempo (han tenido un crecimiento del 800%).

Tabla 32: Población que se moviliza en bicicleta en Lima del 2008 al 2013

	2008	2013	Variación
Lima	0.5% se moviliza en Bicicleta	0.5% se moviliza en Bicicleta	0 %
Bogotá	0.5 % se moviliza en Bicicleta	4 % se moviliza en Bicicleta	800%

Fuente: FONAM

De acuerdo a la tabla previa asumiremos que el porcentaje de personas que usan bicicleta en Lima sigue constante por lo que el porcentaje de variación tiene relación proporcional con el aumento de la población en los distritos analizados. En los siguientes gráficos se muestran el aumento de la población hasta la

actualidad según las estimaciones de la INEI del 2007 al 2015, ya que es la única información disponible y completa hasta el momento.

Por un lado, en el Gráfico N°40 se observa la tendencia del crecimiento de la población del distrito de San Borja, la cual está representada por una regresión lineal.

Gráfico 40: Estimación y proyección de la población de San Borja del 2007 -2018

En el gráfico la regresión lineal presenta una pendiente positiva igual a 120 la cual tomará como la variación entre cada año y que se obtiene de la ecuación presentada. Sin embargo para la obtención del porcentaje de variación se procede a la siguiente operación tomando como base el año actual.

$$\% \Delta = \frac{120 \times 100\%}{112168} = 0.11\%$$

Por lo tanto el porcentaje de variación de ciclistas en San Borja es de 0.11%.

Por otro lado, en el Gráfico N°41 se observa la tendencia del crecimiento de la población del distrito de Surquillo, la cual está representada por una regresión lineal.

Gráfico 41: Estimación y proyección de la población de Surquillo del 2007 -2018

En el gráfico la regresión lineal presenta una pendiente negativa igual a 320 (aproximado ya que son habitantes) la cual tomará como la variación entre cada año y que se obtiene de la ecuación presentada. Sin embargo para la obtención del porcentaje de variación se procede a la siguiente operación tomando como base el año actual.

$$\% \Delta = \frac{-320 \times 100\%}{90722} = -0.35\%$$

Por lo tanto el porcentaje de variación de ciclistas en Surquillo es de -0.35%. No obstante no se tomará en cuenta este valor ya que la línea de tendencia de la población de Surquillo, si bien en los años que se realizó esta estimación había un decremento en la población, en los últimos años no representa la realidad ya que ha ido en aumento nuevamente ya sea por diversos factores y se ve reflejado en el último Compendio Estadístico (INEI, 2017).

Entonces, la tasa de crecimiento anual del parque de bicicletas es 0.11 %, porcentaje que se empleará. A continuación, se calculará el tránsito promedio diario anual al año 2025.

Del 2018 al 2025 $\rightarrow TPDA(2025) = 486 (1 + 0.0011)^7 = 490 \text{ bicicleta/día}$

$$CNT = 490 - 486 = 4 \text{ bicicleta/día}$$

5.4 Pronóstico del tránsito futuro

Por último, ya que se han calculado todas las variables que intervienen en el tránsito futuro, se procedió a sumarlas y como resultado obtenemos el tránsito futuro, es decir, el tránsito promedio diario anual para el 2025 es de 553 bicicletas/día.

$$TF = TE + Tat + CNT + TG + TD; \quad \text{donde: } TE = 0, TD = 0$$

$$IT = CNT + TG$$

$$IT = 4 + 16 = 20 \text{ bicicleta/día}$$

$$TF = 20 + 504 = 524 \text{ bicicleta/día}$$

En resumen el tránsito futuro es 524 bicicleta/día, esto vendría a ser el TPDA. Sin embargo este no es el que determina las características que deben otorgarse al proyecto para prevenir problemas de congestión y ofrecer al usuario condiciones de servicio aceptables. El volumen horario de diseño (VHD) es usado en estos casos.

Usando $k = 0.08$ como el mínimo para zona urbana

$$VHD = 0.08 (524) = 42 \text{ bicicleta/hora}$$

Por lo tanto el Volumen horario de diseño es de 42 bicicletas por hora proyectado al año 2025.

6. DISEÑO DE LA CONEXIÓN

6.1 Tipología ciclovial

Para la elección del tipo de ciclovía es necesario conocer la cantidad de vehículos por día en las calles principales donde pasa la ruta y la velocidad a la que pasan. En avenidas grandes donde las velocidades son muy altas los más afectados son los actores más vulnerables de la vía: peatones y ciclistas. En este sentido, las probabilidades de muerte por atropello son más altas al sobrepasar los 30 km/h.

Según el volumen de tráfico estudiado en las principales intersecciones (4.5) de la Ruta 1 y una velocidades entre el 30 y 40 km/h en las horas de mayor tráfico se necesita una ciclovía tipo segregada física. Sin embargo para el caso de la Ruta 2 que pasa por calles alternas donde el flujo de vehículos diarios es menor se puede usar una ciclovía segregada visual en dichos tramos, pero para los tramos en las avenidas se utilizaría la segregada física. Asimismo cabe resaltar que existen tramos donde se reutilizarán las ciclovías que habían sido abandonas y no se modificará encaso sean compartidas con los peatones o con los vehículos motorizados.

6.2 Ancho de 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°46.

Figura 45: Espacio de Operación de una bicicleta

Fuente: Manual de Criterios de Diseño de Infraestructura Ciclo-inclusiva y Guía de Circulación del Ciclista, 2017

El ancho de los carriles es de 3 m de ancho; en la calle Domingo Elías 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, la sección recomendada para los ciclocarriles está entre de 1,40m y 1,80m además del espacio de delimitación de 0,60 m. El carril adyacente al ciclocarril deberá garantizar una velocidad no mayor a 40Km/h y por tanto el ancho de este carril se prefiere de 3,00m. Asimismo Cuando se trata de vías con más de un carril de circulación y uno de ellos es compartido con ciclistas, el ancho mínimo recomendado para este carril es entre 2,70m y 3,00m, de manera que los automotores necesitan cambiar de carril para que puedan rebasar a los ciclistas. El perfil longitudinal de la ciclovía se muestra en el Anexo N° 03

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

Para la ruta final:

- ❖ Anexo 04: Detalle Intersección Av. Angamos con Av. Paseo de la República
- ❖ Anexo 05: Detalle Intersección Av. Angamos con Av. Tomás Marsano
- ❖ Anexo 06: Detalle Intersección Av. Angamos con Av. Principal

❖ Anexo 07: Detalle Intersección Av. Angamos con Av. Malachowski

6.3 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 ciclovía será diseñada determinará el radio y el peralte de las curvas, mínimas distancias de señalización y el sobreancho de la ciclovía. 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.

6.4 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°33:

Tabla 33: Radios de Giro de acuerdo a Velocidad de Diseño

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

Fuente: REDEVU

De acuerdo al Manual de Andalucía presentado anteriormente en la teoría, el radio de curvatura se encuentra en el rango de 5 y 17 m, tomando en cuenta velocidades entre 15 y 30 km/h. Sin embargo, 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°34 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 34: Distancia de visibilidad en curvas horizontales

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

6.5 Sobreancho de ciclovía

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

1. 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.

2. 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°35.

Tabla 35: Sobreanchos de ciclovías por radio de curvatura

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

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

En la Tabla N°36 se visualiza el radio de giro para la Ruta 1 y el sobreancho calculado y en el Anexo N°08 el detallado de las Curvas.

Tabla 36: Radios de Giro y Sobreanchos para Ruta 1

Distritos	Curva	Radio de Giro (m)	Sobreancho (m)
Surquillo	C1	3	1.00
	C2	3	1.00
	C3	3	1.00
San Borja	C4	5	1.00
	C5	3	1.00
	C6	50	-
	C7	50	-
	C8	40	-
	C9	5	1.00

Fuente: Propia

En la Tabla N°37 se visualiza el radio de giro para la Ruta 1 y el sobreancho calculado y en el Anexo N° el detallado de las Curvas.

Tabla 37: Radios de Giro y Sobreanchos para Ruta 2

Distritos	Curva	Radio de Giro (m)	Sobreancho (m)
Surquillo	C1	3	1.00
	C2	3	1.00
	C3	6	1.00
	C4	5	1.00
	C5	2	1.00
	C6	2	-
	C7	2	-
	C8	2.82	-
	C9	2	1.00
	C10	40	-
San Borja	C11	2	1
	C12	10	0.75
	C13	4	1
	C14	4	1
	C15	10	0.75
	C16	6	1
	C17	6	1
	C18	6	1
	C19	5	1
	C20	4	1
	C21	12	0.75
	C22	10	0.75
	C23	2	1
	C24	14	0.75
	C25	12	0.75
	C26	3	1

6.6 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 Surquillo y San Borja 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.

6.7 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:

- a) Reducir la distancia del cruce peatonal y ciclista.
- b) Reducir la velocidad de los vehículos.
- c) Mejoramiento de las condiciones de visibilidad.
- d) Creación de trayectorias de circulación predecibles.

Esto se puede observar mejor en el Anexo N° 04, Anexo N° 05, Anexo N° 06 y el Anexo N° 07 donde se detalla el cruce de la ciclovía para cada intersección, no se consideró la Av. Aviación ya que la el paradero de bicicletas se encuentra antes de cruzar la avenida

6.8 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° 08 la lámina detalles señalizaciones horizontales y dentro de las verticales se incorporarán dos señales nuevas, a las ya vigentes, indicadas en el Manual de Criterios de Diseño de Infraestructura Ciclo-inclusiva y Guía de Circulación del Ciclista del 2017, las cuales son “Vía compartida con prioridad al ciclista” y “Circulación Compartida”.

Figura 46: Señal vertical incluida "Vía compartida con prioridad al ciclista"

Fuente: Manual de Criterios de Diseño de Infraestructura Ciclo-inclusiva y
Guía de Circulación del Ciclista

Figura 47: Señal vertical incluida "Circulación compartida"

Fuente: Manual de Criterios de Diseño de Infraestructura Ciclo-inclusiva y
Guía de Circulación del Ciclista

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.

6.9 Estacionamiento de bicicletas

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 espaciamentos nos hemos basado la Tabla N°36 tomando en cuenta los criterios de instalación, máximo número de usuarios y localización de la instalación:

Tabla 38: Número de espaciamentos para estaciones

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	

Fuente: Technical Handbook of Bikeway Design

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.

Figura 48: Tipo de instalación para las intersecciones más concurridas

UBICACIÓN	TIPO DE INSTALACIÓN
Av. Aviación con Av. Angamos (Estación del Metro)	Calles Comerciales
Av. Angamos con Av. Tomás Marsano	Calles Comerciales
Av. Angamos con Av. República de Panamá	Calles Comerciales
Av. Angamos con Av. Paseo de la República (Estación del Metropolitano)	Calles Comerciales

Fuente: Propia

Para la primera intersección es importante implementar al proyecto presentado, ya que en este punto no existen parqueaderos y esta instalación complementará al estacionamiento ya existente que se encuentra a cruzar la Av. Aviación pero que su posicionamiento no es beneficioso ni como para los usuarios de la ciclovía

En las intersecciones intermedias de la ruta se procederá a tomar los estacionamientos existentes, sin embargo en donde haga falta se propone utilizar estacionamientos de corta duración así como los en forma de U invertida como se muestra en la Figura N°47

Figura 49: Cicloparqueaderos en espacio público tipo U Invertida

Fuente: Manual de Criterios de Diseño de Infraestructura Ciclo-inclusiva y Guía de Circulación del Ciclista

Figura 50: Cicloparqueadero mobiliario descubierto

Fuente: Manual de Criterios de Diseño de Infraestructura Ciclo-inclusiva y
Guía de Circulación del Ciclista

Así que tomando como criterio la opción 2, el número de espacios sugeridos para estacionamiento serán de 10, de los cuales los 8 ubicados en puntos intermedios serán de corta duración como se mencionó anteriormente y los principales que son cercanos al Metro y Metropolitano deben ser cubiertos para ser protegido contra la intemperie y mobiliario. En la siguiente Figura N°49 se visualiza las 5 estaciones recomendadas y las estaciones a implementarse y consideradas en la tesis señala de color rojo, por otro lado las ya existentes están señaladas de color azul.

Figura 51: Ubicación de estaciones recomendadas y estación implementada

Fuente: Propia

6.10 Semaforización

En todos los cruces semaforizados que incluyan infraestructura ciclo-inclusiva, se deben incluir semáforos para ciclistas. Estos deberán tener la fase verde de avance y la roja de detención. El proyecto se sitúa en los distritos de Surquillo y Surco en Lima, por lo que Las estructuras y su instalación se realizará conforme a lo dispuesto en el Decreto de Alcaldía 017-MML. Sin embargo para la presente propuesta y según el Manual de Criterios de Diseño de Infraestructura Ciclo-inclusiva y Guía de Circulación del Ciclista Pueden ser instalados de manera independiente o tomar como referencia los semáforos peatonales. Por lo que se ha optado por la segunda opción hasta que la demanda incremente en unos años.

7. VALIDACIÓN DE CICLOVÍA COMO MEDIO DE CONEXIÓN

Para la verificación de funcionalidad de la ciclovía se han realizado dos evaluaciones principales, la primera es en base al tiempo de transporte entre las estaciones del Metro y Metropolitano de Lima y la segunda es en base al gasto económico que se genera por el uso de la ciclovía en comparación con el gasto de otros tipos de transporte.

7.1 Escenario 1: Ruta 1

La ruta 1 cuenta con 2.9 km, por esta ruta transitan micros, combis, autos, taxis, bicicletas, personas, etc. Como se ha mostrado antes se tienen los tiempos del recorrido en micros, bicicletas y caminando.

7.1.1 Evaluación de tiempo de movilidad

Para la evaluación de tiempo por movilidad primero se ha realizado el segundo análisis mencionado anteriormente, para ver la variación de la bicicleta con la existencia de la ciclovía, se obtuvo lo siguiente:

Tabla 39: Evaluación de tiempo para ciclovía Ruta 1

Ruta 1	
Distancia (km)	2.90
Tiempo promedio de viaje sin ciclovía (min)	21.54
Velocidad en bicicleta sin ciclovía (km/h)	8.08
Velocidad promedio del transporte en bicicleta con ciclovía (km/h)	15.00
Tiempo promedio de viaje con ciclovía sin semaforos (min)	11.60
N° de semaforos	5.00
Tiempo promedio de viaje con ciclovía (min)	15.35
Variación de tiempo por implementación de ciclovía (min)	-6.19
Porcentaje de variación	-29%

Fuente: Propia

Seguido se realizó la validación por tiempo obteniendo como resultado que realizar la ciclovía en la ruta 1 reduciría el tiempo de movilización comparándola con el micro, que es el transporte mas utilizado, mientras que utilizando un micro para transportarte del Metro de Lima al Metropolitano tarda 33.25 minutos, mientras que por la ciclovía tardaría 15.35 minutos. La reducción de tiempo es de 17.90 minutos, que equivale al 53.8% menos tiempo.

Tabla 40: Evaluación de tiempo para el transporte público Ruta 1

Ruta 1	
Distancia (km)	2.90
Tiempo promedio en micro (min)	33.25
Tiempo promedio de viaje con ciclovía (min)	15.35
Tiempo promedio caminando	39.33
Variación de tiempo de viaje entre micro y bicicleta	-17.90
Variación porcentual	-53.8%

Fuente: Propia

Con los datos obtenidos podemos validar que la ciclovía de la ruta 1 generaría una mejora muy considerable en cuanto al tiempo de transporte de la conexión de las estaciones del Metropolitano y el Metro de Lima.

7.1.2 Evaluación económica

Para la evaluación económica se considerará dos recorridos diarios, uno de ida y uno de vuelta, además de considerar los 365 días del año, la variación del tiempo calculado en la validación anterior y el salario horario promedio mencionado anteriormente (S/.8.37)

$$\text{Pérdida económica anual} = \Delta \text{Tiempo} \times \text{salario horario} \times 2 \text{ veces al día} \times 365 \text{ días}$$

Tabla 41: Evaluación económica para ciclovía Ruta 1

Ruta 1	
Distancia (km)	2.90
Tiempo promedio en micro (min)	33.25
Tiempo promedio anual por viaje en micro (horas)	404.54
Gasto económico anual por viaje en micro (S/.)	3,386.01
Tiempo promedio de viaje con ciclovía (min)	15.35
Tiempo promedio anual de viaje en bicicleta (horas)	186.76
Gasto económico anual por viaje en bicicleta (S/.)	1,563.17
Variación de tiempo de viaje anual entre micro y bicicleta (horas)	-217.78
Variación de gasto económico anual (S/.)	-1,822.85

Fuente: Propia

Como se puede observar en la tabla anterior el gasto económico de utilizar micro asciende a S/3,386.01 que es equivalente a 2.02 sueldos mensuales promedio de las personas de Lima Metropolitano. Por otro lado, el uso de bicicletas tiene un gasto promedio anual de S/1,563.17, equivalente 0.93 sueldos mensuales. Finalmente se puede apreciar que implementar la ciclovía tiene un beneficio de S/1,822.85 para los usuarios de Lima, lo cual es equivalente a 1.09 sueldos anuales. Por lo tanto, podemos validar que implementar la vía tiene un beneficio considerable.

7.2 Escenario 2: Ruta 2

La ruta 2 cuenta con 4.2 km, por esta ruta transitan autos, taxis, bicicletas, personas, etc., pero no transitan micros ni combis. Como se ha mostrado antes se tienen los tiempos del recorrido en micros, bicicletas y caminando.

7.2.1 Evaluación de tiempo de movilidad

Para la evaluación de tiempo por movilidad primero se ha realizado el segundo análisis mencionado anteriormente, para ver la variación de la bicicleta con la existencia de la ciclovía, se obtuvo lo siguiente:

Tabla 42: Evaluación de tiempo para ciclovía Ruta 2

Ruta 2	
Distancia (km)	4.20
Tiempo promedio de viaje sin ciclovía (min)	25.63
Velocidad en bicicleta sin ciclovía (km/h)	9.83
Velocidad promedio del transporte en bicicleta con ciclovía (km/h)	15.00
Tiempo promedio de viaje con ciclovía sin semáforos (min)	16.80
N° de semáforos	4.00
Tiempo promedio de viaje con ciclovía (min)	19.80
Variación de tiempo por implementación de ciclovía (min)	-5.83
Porcentaje de variación	-23%

Fuente: Propia

Seguido se realizó la validación por tiempo obteniendo como resultado que realizar la ciclovía en la ruta 2 reduciría el tiempo de movilización comparándola con el micro, que es el transporte más utilizado, mientras que utilizando un micro para transportarte del Metro de Lima al Metropolitano tarda 33.25 minutos, mientras que por la ciclovía tardaría 19.80 minutos. La reducción de tiempo es de 13.45 minutos, que equivale al 40.5% menos tiempo.

Tabla 43: Evaluación de tiempo para transporte público Ruta 2

Ruta 2	
Distancia (km)	3.10
Tiempo promedio en micro ruta 1 (min)	33.25
Tiempo promedio de viaje con ciclovía (min)	19.80
Tiempo promedio caminando	54.21
Variación de tiempo de viaje entre micro y bicicleta	-13.45
Variación porcentual	-40.5%

Fuente: Propia

Con los datos obtenidos podemos validar que la ciclovía de la ruta 2 generaría una mejora muy considerable en cuanto al tiempo de transporte de la conexión de las estaciones del Metropolitano y el Metro de Lima.

7.2.2 Evaluación económica

Para la evaluación económica se considerará dos recorridos diarios, uno de ida y uno de vuelta, además de considerar los 365 días del año, la variación del tiempo calculado en la validación anterior y el salario horario promedio mencionado anteriormente (S/8.37)

$$\text{Pérdida económica anual} = \Delta \text{Tiempo} \times \text{salario horario} \times 2 \text{ veces al día} \times 365 \text{ días}$$

Tabla 44: Evaluación económica para ciclovía Ruta 2

Ruta 2	
Distancia (km)	4.20
Tiempo promedio en micro (min)	33.25
Tiempo promedio anual por viaje en micro (horas)	404.54
Gasto económico anual por viaje en micro (S/.)	3,386.01
Tiempo promedio de viaje con ciclovía (min)	19.80
Tiempo promedio anual de viaje en bicicleta (horas)	240.90
Gasto económico anual por viaje en bicicleta (S/.)	2,016.33
Variación de tiempo de viaje anual entre micro y bicicleta (hora)	-163.64
Variación de gasto económico anual (S/.)	-1,369.68

Fuente: Propia

Como se puede observar en la tabla anterior el gasto económico de utilizar micro asciende a S/3,386.01, que es equivalente a 2.02 sueldos mensuales promedio de las personas de Lima Metropolitano. Por otro lado, el uso de bicicletas tiene un gasto promedio anual de S/2,016.33, equivalente 1.20 sueldos mensuales. Finalmente se puede apreciar que implementar la ciclovía tiene un beneficio de S/1,369.68 para los usuarios de Lima, lo cual es equivalente a 0.82 sueldos anuales. Por lo tanto, podemos validar que implementar la vía tiene un beneficio casi equivalente a lo que sería el sueldo anual, sin embargo en la Ruta 1 se obtiene un beneficio mucho mayor.

7.3 Escenario Final

Para el escenario final se decidió unir la ruta 1 y 2, debido a que el primer tramo de la ruta 2 por Domingo Elías y el segundo tramo por la ruta 1, que es por la Avenida Angamos, esto se debe a que el primer tramo consta de una ciclovía abandonada que se repararía, lo cual tiene un costo menor a crear una nueva y el segundo tramo es directo por la Avenida Angamos porque en la ruta 2 es demasiada distancia.

Figura 52: Trazado de Ruta Final

Fuente: Google Maps

La ruta final cuenta con 3.1 km, por esta ruta transitan autos, taxis, bicicletas, personas, etc., pero no transitan microbuses ni combis. Como se ha mostrado antes se tienen los tiempos del recorrido en micros, bicicletas y caminando.

7.3.1 Evaluación de tiempo de movilidad

Para la evaluación de tiempo por movilidad primero se ha realizado el segundo análisis mencionado anteriormente, para ver la variación de la bicicleta con la existencia de la ciclovía, se obtuvo lo siguiente:

Tabla 45: Evaluación de tiempo para ciclovía Ruta Final

Ruta Final	
Distancia (km)	3.10
Velocidad promedio del transporte en bicicleta con ciclovía (km/h)	15.00
Tiempo promedio de viaje con ciclovía sin semáforos (min)	12.40
N° de semáforos	4.00
Tiempo promedio de viaje con ciclovía (min)	15.40

Fuente: Propia

Seguido se realizó la validación por tiempo obteniendo como resultado que realizar la ciclovía en la ruta final reduciría el tiempo de movilización comparándola con el micro, que es el transporte más utilizado, mientras que utilizando un micro para transportarte del Metro de Lima al Metropolitano tarda 33.25 minutos, mientras que por la ciclovía tardaría 15.40 minutos. La reducción de tiempo es de 17.85 minutos, que equivale al 53.7% menos tiempo.

Tabla 46: Evaluación de tiempo para transporte público Ruta Final

Ruta Final	
Distancia (km)	3.10
Tiempo promedio en micro ruta 1 (min)	33.25
Tiempo promedio de viaje con ciclovía (min)	15.40
Variación de tiempo de viaje entre micro y bicicleta	-17.85
Variación porcentual	-53.7%

Fuente: Propia

Con los datos obtenidos podemos validar que la ciclovía de la ruta final generaría una mejora muy considerable en cuanto al tiempo de transporte de la conexión de las estaciones del Metropolitano y el Metro de Lima.

7.3.2 Evaluación económica

Para la evaluación económica se considerará dos recorridos diarios, uno de ida y uno de vuelta, además de considerar los 365 días del año, la variación del tiempo calculado en la validación anterior y el salario horario promedio mencionado anteriormente (S/8.37)

$$\text{Pérdida económica anual} = \Delta \text{Tiempo} \times \text{salario horario} \times 2 \text{ veces al día} \times 365 \text{ días}$$

Tabla 47: Evaluación Económica para ciclovía Ruta Final

Ruta Final	
Distancia (km)	3.10
Tiempo promedio en micro (min)	33.25
Tiempo promedio anual por viaje en micro (horas)	404.54
Gasto económico anual por viaje en micro (S/.)	3,386.01
Tiempo promedio de viaje con ciclovía (min)	15.40
Tiempo promedio anual de viaje en bicicleta (horas)	187.37
Gasto económico anual por viaje en bicicleta (S/.)	1,568.26
Variación de tiempo de viaje anual entre micro y bicicleta (horas)	-217.18
Variación de gasto económico anual (S/.)	-1,817.75

Fuente: Propia

Como se puede observar en la tabla anterior el gasto económico de utilizar micro asciende a S/.3,386.01, que es equivalente a 2.02 sueldos mensuales promedio de las personas de Lima Metropolitano. Por otro lado, el uso de bicicletas tiene un gasto promedio anual de S/.1,568.26, equivalente 0.94 sueldos mensuales. Finalmente se puede apreciar que implementar la ciclovía tiene un beneficio de S/.1,817.75 para los usuarios de Lima, lo cual es equivalente a 1.08 sueldos anuales. Por lo tanto, podemos validar que implementar la vía tiene un beneficio considerable. Además, es la que tendría un menor costo de construcción, debido a que tiene un tramo de ciclovía abandonado que se puede reconstruir y es el segundo que tiene menor distancia, 3.1km, 0.2km mas que el menor que es la ruta 1.

8. 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. En relación al conteo de 777 usuarios potenciales en la zona de estudio, el 50% del total trabaja y el 39% son estudiantes universitarios. El 0.64% de los encuestados usan la bicicleta como medio de transporte en la actualidad y el 62% de las personas encuestadas usarían la ciclovía en propuesta, sin embargo, solo el 15% tendrían la necesidad de usar la ciclovía.
3. En relación al pronóstico de tránsito futuro en la ciclovía proyectada se evidencia que el tránsito promedio diario anual se encuentra en el rango de 277 y 504 bicicletas por día. Si se considerara inaugurar la ciclovía en el año 2019 con un incremento de tránsito no motorizado proporcional al aumento de la población dentro de la zona de influencia durante 6 años el incremento en porcentaje anual es de 0.11% a 0.35% al 2025. Por lo que la demanda futura resulta 524 bicicletas por día y el volumen horario de diseño es de 42 bicicletas por hora.
4. De acuerdo al análisis de la demanda y el estudio que se enfoca principalmente en la movilización de las personas que usan ambos medios de transportes masivos, es necesario la implementación de un nuevo punto de abastecimiento de bicicletas en el punto del Metro de Lima donde iniciaría o terminaría el recorrido. La ubicación exacta sería entre la Av. Angamos y la Av. Aviación, al frente del coliseo Dibós. De igual forma se debe dar importancia a las personas que prefieran llevar sus bicicletas por lo que se debe implementar estacionamientos minimalistas pero igualmente efectivos en cuanto a capacidad, seguridad y ergonomía los cuales vendrían a ser los estacionamientos verticales o postes de estacionamiento.

5. Según el análisis realizado para las 3 rutas propuestas en un principio, se optó por descartar la ruta 3, ya que los tiempos eran mucho mayores en comparación de otros modos de transporte que se analizaban. Las dos rutas restantes cumplían con tiempos menores; sin embargo; la ruta 1, aunque es la más directa, en el tramo desde la Av. Paseo de la República hasta la Av. Tomás Marsano es muy poco accesible para la ciclovía debido al poco espacio que existe debido al comercio, estacionamientos, paraderos y abundante tránsito de personas y transporte público; por otro lado; la ruta 2 toma la Calle Domingo Elías como alternativa hasta reingresar a la Av. Angamos dos cuadras antes de la Av. Tomás Marsano, pero esta ruta toma un poco más de tiempo ya que entra en las ciclovías de las torres de Limatambo en San Borja, lo cual puede ser poco atractivo y conveniente por temas de tiempos para los usuarios. Finalmente se propuso una ruta final que consta de la combinación entre la ruta 1 y 2 para satisfacer los objetivos de tiempo y accesibilidad de la ciclovía. Esta ruta toma la calle alterna Domingo Elías entre la Av. Paseo de la República y la Av. Tomás Marsano, para luego reingresar a la Av. Angamos e ir directo hasta llegar a la Av. Aviación.
6. Como se puede observar en la tabla anterior el gasto económico de utilizar micro asciende a S/3,386.01, que es equivalente a 2.02 sueldos mensuales promedio de las personas de Lima Metropolitano. Por otro lado, el uso de bicicletas tiene un gasto promedio anual de S/1,568.26, equivalente 0.94 sueldos mensuales. Finalmente se puede apreciar que implementar la ciclovía tiene un beneficio de S/1,817.75 para los usuarios de Lima, lo cual es equivalente a 1.08 sueldos anuales. Por lo tanto, podemos validar que implementar la vía tiene un beneficio considerable. Además, es la que tendría un menor costo de construcción, debido a que tiene un tramo de ciclovía abandonado que se puede reconstruir y es el segundo que tiene menor distancia, 3.1km, 0.2km más que el menor que es la ruta 1.

9. 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 debe exhortar a las autoridades municipales de los distritos de Surquillo y San Borja para el mantenimiento continuo de las ciclovías existentes, por ejemplo, eliminación de desmontes, pintado de las señalizaciones y mantenimiento de las superficies de rodadura. Se especifica las ciclovías en Surquillo y San Borja; para la mejor funcionalidad de este y la conexión de ellas con la ciclovía recomendada en la presente investigación.
3. La ciclovía presentada en esta tesis está cerca de la ciclovía de Miraflores, por lo que podría darse a unirse a ella, así como también a la red de ciclovías que posee el distrito de San Borja y Surco, para dar continuidad con el diseño geométrico de ciclovía y ampliar la interconectividad de las redes cicloviales.
4. 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.
5. Se recomienda la existencia de semáforos exclusivos para ciclistas en los cruces de avenidas grandes como Av. Angamos con Av. Tomás Marsano y Av. Angamos con Av. República de Panamá, para reforzar la seguridad de los ciclistas y peatones que cruzan la intersección. Además, como medida complementaria se sugiere la instalación de un semáforo ubicado en la Av. Angamos con Av. Paseo de la República a la altura del parqueadero de bicicletas en esa intersección lo cual ayudará al desplazamiento de salida o llegada del ciclista y el peatón en dirección hacia la Av. Paseo de la República.
6. El desarrollo de la ciclovía para la conexión de las estaciones no solo sería utilizado por ciclistas, sino también por usuarios que utilicen otros medios de transporte como scooters, patines, skates, entre otros. Actualmente existen empresas como Grin, Movo y Citybike Lima las cuales prestan servicio de alquiler de vehículos eléctricos y bicicletas. La implementación de estos sería un incentivo para hacer mayor uso de la ciclovía apoyaría indirectamente las municipalidades en el servicio de prestación de vehículos.

10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA

CONTRERAS, Carlos (2017) Parque automotor se duplicó en 7 años con mototaxis y minivanes. (<http://larepublica.pe/sociedad/1096114-parque-automotor-se-duplico-en-7-anos-con-mototaxis-y-minivanes>)

GESTIÓN (2016) Metro de Lima: Línea 1 tiene una demanda de pasajeros que se esperaba para el 2035. (<https://gestion.pe/economia/empresas/metro-lima-linea-1-demanda-pasajeros-esperaba-2035-146816>)

Kaplan, S., Manca, F., Nielsen, T. A. S., & Prato, C. G. (2015). Intentions to use bike-sharing for holiday cycling: An application of the Theory of Planned Behavior. *Tourism Management*, 47, 34-46.

LAGOS, H; QUESADA, B; RAMÍREZ, A (2013) El problema Vial en el Perú. (<https://cuestionessociales.wordpress.com/2013/06/09/el-problema-vial-en-el-peru/>)

Mateo-Babiano, I., Bean, R., Corcoran, J., & Pojani, D. (2016). How does our natural and built environment affect the use of bicycle sharing? *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 94, 295-307.

Wang, X., Lindsey, G., Schoner, J. E., & Harrison, A. (2015). Modeling bike share station activity: Effects of nearby businesses and jobs on trips to and from stations. *Journal of Urban Planning and Development*, 142(1), 04015001.

Facultad de Arquitectura y Urbanismo y Dirección Académica de Responsabilidad Social (2017). ENCUESTA LIMA COMO VAMOS. Octavo Informe.

Mesías Quinteros, J. F. (2015). Análisis de la implantación de las ciclovía en el sistema BICIQ en la movilidad de Quito (Bachelor's thesis, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. Carrera de Ingeniería Civil.).

Sotomayor, V. A. M., Betancourt, D., & Sangurima, W. J. (2016). Diseño de Ciclovías para Ciudades Intermedias, una propuesta para la Ciudad de Loja. *INNOVA Research Journal*, 1(12), 11-22.

Bussière, Y. D., Torres, A. I. E., Collomb, J. L., SETEC, P., Ravalet, E., & CERTU, L. TRANSPORTE NO-MOTORIZADO, REDUCCIÓN DE GASES DE EFECTO INVERNADERO E IMPACTO ECONÓMICO SOBRE EL TURISMO: EL CASO DE PUEBLA, MÉXICO1.

Haro Espinel, X. A. (2015). Propuesta de un diseño de ciclovía en la ciudad de Latacunga (Bachelor's thesis, PUCE).

Miranda Caycho, V. A. (2017). Sistema público de bicicletas en Lima metropolitana: una alternativa de movilidad sostenible para la ciudad (Master's thesis, Universitat Politècnica de Catalunya).

- Nair, R., & Miller-Hooks, E. (2016). Equilibrium design of bicycle sharing systems: the case of Washington DC. *EURO Journal on Transportation and Logistics*, 5(3), 321-344.
- Kaplan, S., Manca, F., Nielsen, T. A. S., & Prato, C. G. (2015). Intentions to use bike-sharing for holiday cycling: An application of the Theory of Planned Behavior. *Tourism Management*, 47, 34-46.
- Mateo-Babiano, I., Bean, R., Corcoran, J., & Pojani, D. (2016). How does our natural and built environment affect the use of bicycle sharing? *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 94, 295-307.
- Van der Horst, A. R. A., de Goede, M., de Hair-Buijssen, S., & Methorst, R. (2014). Traffic conflicts on bicycle paths: A systematic observation of behaviour from video. *Accident Analysis & Prevention*, 62, 358-368.
- Park, J., Abdel-Aty, M., Lee, J., & Lee, C. (2015). Developing crash modification functions to assess safety effects of adding bike lanes for urban arterials with different roadway and socio-economic characteristics. *Accident Analysis & Prevention*, 74, 179-191.
- MUNICIPALIDAD METROPOLITANA DE LIMA (2017) Manual de Criterios de Diseño de Infraestructura Ciclo-inclusiva y Guía de Circulación del Ciclista, Lima: MML
- MINISTERIO DE PLANIFICACIÓN Y COOPERACIÓN DE CHILE (1998) Recomendaciones para el diseño del espacio vial urbano REDEVU. Santiago: MPCCH
- Maigua, S., & Daniel, S. (2016). Mejoramiento de la vía Santa Rosa-Culaguango alto y diseño de la ciclovía de la parroquia Belisario Quevedo cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi (Bachelor's thesis, Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica. Carrera de Ingeniería Civil).
- Villa Uvidia, R. (2014). Guía técnica para el diseño y construcción de Ciclovías para zonas de ampliación futura de la ciudades medianas del Ecuador (Bachelor's thesis, Pontificia Universidad Católica del Ecuador).
- INSTITUTO PARA POLÍTICAS DE TRANSPORTE Y DESARROLLO, MÉXICO (2011) Manual Integral de movilidad ciclista para ciudades mexicanas.
- Johnson, R. (1996): "Elementary Statistics". Ed. Duxbury.
- Gómez, M. M., & Benlloch, M. M. (2010). La distribución normal.
- INEI. (2017). Compendio Estadístico Provincia de Lima. Lima: INEI.
- INEI&MTC. (2018). Informe Técnico del flujo vehicular de Setiembre. Lima: INEI.
- MunLima, M. M. (19 de Agosto de 2015). Municipalidad de Lima. Obtenido de Municipalidad de Lima: <http://www.munlima.gob.pe/noticias/item/33165-se-implementar%C3%A1-200-nuevos-kil%C3%B3metros-de-ciclov%C3%ADas-de-cara-a-panamericanos-2019>

ANEXOS

Anexo 1: Resultados encuestas en el Metro de Lima

RESULTADOS ENCUESTA EN EL METRO DE LIMA

Situación Laboral	#	%
Trabaja	145	38.46%
Jubilado	18	4.77%
Estudiante	193	51.19%
Ama de casa	21	5.57%
Total	377	100.00%

Nivel Educación	#	%
Secundaria	0	0.00%
Universitario	207	54.91%
Titulado	170	45.09%
Total	377	100.00%

Motivo de Viaje	#	%
Casa	87	23.08%
Salud	21	5.57%
Trabajo	68	18.04%
A. Personales	63	16.71%
Estudios	54	14.32%
Diversión	8	2.12%
Compras	25	6.63%
Otros	51	13.53%
Total	377	100.00%

Origen	#	%
S.J. Miraflores	110	29.18%
Cercado	65	17.24%
Villa el Salvador	66	17.51%
El Agustino	44	11.67%
Villa María del Triunfo	22	5.84%
La Victoria	39	10.34%
S.J. de Lurigancho	31	8.22%
Total	377	100.00%

Destino	#	%
Surco	44	11.67%
San borja	38	10.08%
Miraflores	45	11.94%
Surquillo	61	16.18%
San Isidro	15	3.98%
La Victoria	10	2.65%
Cercado	87	23.08%
Chorillos	21	5.57%
Barranco	42	11.14%
San Martín	14	3.71%
Total	377	100.00%

¿Qué transporte utilizaría para llegar a la otra estación?	#	%
A pie	14	3.71%
Bicicleta	2	0.53%
Motocicleta	0	0.00%
Combi	185	49.07%
Micro	176	46.68%
Taxi	0	0.00%
Total	377	100.00%

Anexo 2: Resultados encuestas en el Metropolitano de Lima

RESULTADOS ENCUESTA EN METROPOLITANO DE LIMA

Situación Laboral	#	%
Trabaja	159	39.75%
Jubilado	21	5.25%
Estudiante	201	50.25%
Ama de casa	19	4.75%

Nivel Educación	#	%
Secundaria	66	16.50%
Universitario	212	53.00%
Titulado	122	30.50%

Motivo de Viaje	#	%
Casa	148	37.00%
Salud	14	3.50%
Trabajo	90	22.50%
A. Personales	12	3.00%
Estudios	88	22.00%
Diversión	26	6.50%
Compras	22	5.50%
Otros	0	0.00%

Origen	#	%
Barranco	15	3.75%
Breña	52	13.00%
Cercado de Lima	31	7.75%
Chorrillos	51	12.75%
Independencia	50	12.50%
La Victoria	24	6.00%
Lince	44	11.00%
Miraflores	14	3.50%
Rimac	63	15.75%
San Isidro	3	0.75%
San Martín de Porres	43	10.75%
Surquillo	10	2.50%

Destino	#	%
Barranco	10	2.50%
El Agustino	8	2.00%
La Molina	27	6.75%
Miraflores	37	9.25%
San Borja	26	6.50%
San Isidro	15	3.75%
San Juan de Miraflores	49	12.25%
San Juan de Lurigancho	9	2.25%
Santiago de Surco	70	17.50%
Surquillo	55	13.75%
Villa el Salvador	53	13.25%
Villa María del Triunfo	41	10.25%

¿Qué transporte utilizaría para llegar a la otra estación?	#	%
A pie	18	4.50%
Bicicleta	3	0.75%
Motocicleta	6	1.50%
Combi	138	34.50%
Micro	205	51.25%
Taxi	30	7.50%

Anexo 3: Perfil longitudinal de propuesta final

**Anexo 4: Plano de intersección Av. Angamos con Av.
República de Panamá y detalle.**

**Anexo 5: Plano de intersección Av. Angamos con Av.
Tomás Marsano y detalle.**

**Anexo 6: Plano de intersección Av. Angamos con Av.
Principal y detalle.**

**Anexo 7: Plano de intersección Av. Angamos con Jr.
Malachowski y detalle.**

Anexo 8: Plano de señalizaciones horizontales.

Anexo 9: Cuadro de detalle de curvas de la ciclovía.

Cuadro detalle curva de ciclovía

Distritos	Número	Tipo	Restricción Paramétrica	Longitud (m)	Radio (m)	PI	PT
Surquillo	1	Línea	Dos puntos	64.37		0+00.00m	0+064.37m
	2	Curva	Curva	11.78	48.9	0+064.37m	0+076.15m
	3	Línea	Dos puntos	87.38		0+076.15m	0+163.53m
	4	Curva	Curva	8.74	6.94	0+163.53m	0+172.27m
	5	Línea	Dos puntos	964.4		0+172.27m	1+136.67m
	6	Curva	Curva	6.62	4.14	1+136.67m	1+143.29m
	7	Línea	Dos puntos	100.5		1+143.29m	1+243.79m
	8	Curva	Curva	5.38	3.35	1+243.79m	1+249.17m
	9	Línea	Dos puntos	379.9		1+249.17m	1+626.07m
	10	Curva	Curva	6.94	12.13	1+626.07m	1+636.01m
	11	Línea	Dos puntos	10.89		1+636.01m	1+646.90m
	12	Curva	Curva	3.53	4.18	1+646.90m	1+650.43m
	13	Línea	Dos puntos	193.11		1+650.43m	1+843.54m
	14	Curva	Curva	7.65	9.51	1+843.54m	1+851.19m
	15	Línea	Dos puntos	1.41		1+851.19m	1+852.60m
	16	Curva	Curva	4.54	5.42	1+852.60m	1+857.14m
	17	Línea	Dos puntos	372.79		1+857.14m	2+229.93m
	18	Curva	Curva	3.4	7.74	2+229.93m	2+233.33m
San Borja	19	Línea	Dos puntos	5.36		2+233.33m	2+238.69m
	20	Curva	Curva	12.44	29.41	2+238.69m	2+251.13m
	21	Línea	Dos puntos	88.23		2+251.13m	2+339.36m
	22	Curva	Curva	4.93	10.48	2+339.36m	2+344.29m
	23	Línea	Dos puntos	4.22		2+344.29m	2+348.51m
	24	Curva	Curva	4.93	102.54	2+348.51m	2+353.44m
	25	Línea	Dos puntos	5.63		2+353.44m	2+359.07m
	26	Curva	Curva	3.13	8.04	2+359.07m	2+362.20m
	27	Línea	Dos puntos	297.14		2+362.20m	2+659.34m
	28	Curva	Curva	12.21	14.09	2+659.34m	2+671.55m
	29	Línea	Dos puntos	21.52		2+671.55m	2+693.07m
	30	Curva	Curva	5.35	6.14	2+693.07m	2+698.42m
	31	Línea	Dos puntos	76.53		2+698.42m	2+774.95m
	32	Curva	Curva	13.93	14.76	2+774.95m	2+788.88m
	33	Línea	Dos puntos	13.31		2+788.88m	2+802.19m
	34	Curva	Curva	4.01	4.16	2+802.19m	2+806.20m
	35	Línea	Dos puntos	139.79		2+806.20m	2+945.99m
	36	Curva	Curva	13.57	19.35	2+945.99m	2+959.56m
	37	Línea	Dos puntos	19.77		2+959.56m	2+979.33m
	38	Curva	Curva	14.86	9.3	2+979.33m	2+994.19m
	39	Línea	Dos puntos	13.71		2+994.19m	3+007.90m

Anexo 10: Encuestas realizadas en Metro de Lima Estación Angamos.

Anexo 10: Encuestas realizadas en el Metropolitano de Lima Estación Angamos.