



UNIVERSIDAD
DE PIURA

FACULTAD DE INGENIERÍA

**Diseño geométrico de ciclovía en avenida Las Palmeras en
la ciudad de Piura, Perú**

Trabajo de Investigación para optar el Grado de
Bachiller en Ingeniería Civil

**Adriana Alicia García Franco
Eduard Aníbal Pedraza Altamirano
Jamershon Pérez Heredia
Valeria Ximena Yrigoyen Bustamante**

Asesor:
Mgtr. Ing. Francisco Benjamín Chávez More

Piura, diciembre de 2020



Este trabajo de investigación está dedicado a nuestros padres, los cuales nos han apoyado en nuestro desarrollo incondicionalmente. Agradecemos su esfuerzo y dedicación en estos 5 años, y sus constantes palabras de aliento.







Nuestro agradecimiento a los docentes de la Universidad de Piura, por estar siempre dispuestos a ayudarnos con sus experiencias y conocimientos en el desarrollo de este trabajo. Una mención especial y fraterna a nuestro asesor Francisco Chávez More el cual nos acompañó, a lo largo de todo el semestre con su valioso aporte a este trabajo de investigación.



Resumen

Como parte del plan de desarrollo de la Municipalidad de Piura, se tiene la migración a una movilidad sostenible en las distintas vías del distrito. Siguiendo esta idea sumada a la crisis sanitaria actual a causa de la COVID-19, se contempla como uno de los principales criterios el distanciamiento social. Por tanto, el siguiente trabajo de investigación examina la posible inclusión de una ciclovía en la provincia de Piura, específicamente en la Avenida Las Palmeras ubicada en la urbanización Santa María del Pinar con el objetivo de reducir la congestión reemplazando el transporte privado y facilitando la movilidad de los residentes de la zona y los estudiantes de la Universidad de Piura. Para esto se desarrolló una propuesta integral de diseño geométrico, la cual se empezó por una investigación bibliográfica para la elaboración de un marco normativo, seguida de un levantamiento topográfico mediante el uso de *Google Earth*, debido a las dificultades causadas por coyuntura actual. Luego, se realizaron estudios hidrológicos e hidráulicos, donde se identificó un punto crítico que generaría problemas de drenaje en la ciclovía. Por último, se realizó un estudio de impacto ambiental que permitió evaluar los factores ecológicos, sociales, económicos y fisicoquímicos que influirían en la elección. A partir de lo explicado anteriormente, se prosiguió con la realización de dos propuestas de diseño geométrico, mediante la elaboración de planos topográficos y arquitectónicos del proyecto. Seguidamente, se optó por la propuesta que tiene como principal criterio de elección la optimización de recursos y el cumplimiento de la normativa para la sección transversal de la calzada existente. Dicha propuesta hace referencia a una ciclovía bidireccional ubicada en el sardinel central de la Avenida donde, en caso de interferencias, se contempló la replantación de árboles o reubicación de postes. Por otro lado, se descartó toda posibilidad de un ciclocarril, debido a que las dimensiones de la calzada son las mínimas para el cumplimiento de la normativa según el tipo de vía. Para la intersección crítica de la Av. Las Palmeras con el Jr. Las Chavelas se analizaron 2 opciones con diferentes rutas, priorizándose la seguridad de los ciclistas y peatones para cruzar con un tiempo óptimo de espera para los vehículos; para lo cual se realizó una simulación del tráfico evaluado mediante el software Vissim 11.



Tabla de contenido

Introducción	19
Capítulo 1 Descripción general	21
1.1 Justificación	21
1.2 Antecedentes	22
1.3 Objetivos	22
1.3.1 Objetivo general	22
1.3.2 Objetivos específicos.....	22
1.4 Metodología	23
1.4.1 Metodología del trabajo.....	23
Capítulo 2 Marco teórico.....	25
2.1 La bicicleta como medio de transporte.....	25
2.2 La cicloavía	26
2.2.1 Características y funciones de la movilidad ciclista	26
2.2.2 Tipos de cicloavía	27
Capítulo 3 Diagnóstico general	29
3.1 Ubicación geográfica y descripción de la zona del proyecto	29
3.1.1 Clima y relieve	32
3.1.2 Entorno social.....	33
3.1.3 Descripción de la red vial	33
3.1.4 Señalización y seguridad	33
3.2 Revisión de literatura	34
3.2.1 Las cicloavía según las normas y especificaciones peruanas	34
3.2.2 Las cicloavía según las normas y especificaciones internacionales	36
Capítulo 4 Levantamiento de la información.....	39
4.1 Levantamiento topográfico.....	39
4.1.1 Aspectos generales.....	39

4.1.2 Metodología del trabajo topográfico.....	39
4.2 Estudio hidrológico e hidráulico.....	42
4.2.1 Estudio hidrológico.....	42
4.2.2 Estudio hidráulico.....	47
4.3 Estudio de impacto ambiental	52
4.3.1 Marco normativo aplicable	52
4.3.2 Diagnóstico ambiental.....	52
4.3.3 Etapas del proyecto.....	53
4.3.4 Identificación de impactos	53
Capítulo 5 Seguridad, señalización y elementos complementarios	57
5.1 Zonas de protección al ciclista	57
5.1.1 Elementos de segregación de ciclovía	57
5.1.2 Elementos de intersecciones viales	60
5.2 Infraestructura complementaria.....	61
5.2.1 Estacionamiento de bicicletas.....	61
5.2.2 Rampas	62
5.3 Dispositivos de control del tránsito	62
5.3.1 Señalización.....	62
5.3.2 Semáforos.....	69
Capítulo 6 Diseño del ciclo para semáforos de tiempo fijo	73
6.1 Tránsito.....	75
6.1.1 Caracterización del tránsito	75
6.1.2 Volumen de tránsito.....	76
6.1.3 Año horizonte de diseño	76
6.2 Ciclo óptimo y flujo de saturación.....	77
6.3 Semáforos peatonales.....	81
6.4 Niveles de servicio	81
6.4.1 Nivel A	82
6.4.2 Nivel B.....	82
6.4.3 Nivel C.....	82
6.4.4 Nivel D	82
6.4.5 Nivel E.....	82
6.4.6 Nivel F.....	82

Capítulo 7 Desarrollo de propuestas.....	85
7.1 Planteamiento de la propuesta 1.....	85
7.1.1 Descripción de la propuesta.....	85
7.2 Planteamiento de la propuesta 2.....	89
7.2.1 Descripción de la propuesta.....	89
7.3 Elección de la propuesta	90
Capítulo 8 Diseño de intersección Av. Las Palmeras con Jr. Las Chavelas.....	93
8.1 Volumen horario de diseño.....	94
8.2 Propuestas de semáforo	96
8.2.1 Ciclo óptimo y flujos de saturación	97
8.3 PTV Vissim	103
8.3.1 Análisis de propuestas de intersección controlada por semáforos.....	103
8.3.2 Metodología de simulación.....	104
8.3.3 Resultados de la simulación	106
Conclusiones.....	109
Recomendaciones	111
Referencias bibliográficas	113
Apéndices	117
Apéndice 1: Coordenadas UTM de alineamiento de ciclovía.....	119
Apéndice 2: Panel fotográfico	121
Apéndice 3: Diseño de ciclo semafórico de propuesta 2	124
Anexos	127
Anexo 1: Tasa de crecimiento anual de vehículos.....	129
Anexo 2: Volumen horario de máxima demanda.....	130
Anexo 3: Planos topográficos de la Av. Las Palmeras.....	131
Anexo 4: Planos arquitectónicos de la Av. Las Palmeras.....	143
Anexo 5: Planos arquitectónicos de ciclovía, propuesta 1	151
Anexo 6: Planos arquitectónicos de ciclovía, propuesta 2	160



Lista de tablas

Tabla 1. Comparación de parámetros en normas peruanas.....	35
Tabla 2. Comparación de parámetros de diseño internacionales	36
Tabla 3. Puntos de referencia	40
Tabla 4. Matriz de precipitaciones e intensidad máximas anuales (mm/h	45
Tabla 5. Coeficientes de escorrentía según la superficie del suelo y el Periodo de retorno... 46	
Tabla 6. Diámetro necesario de alcantarilla con periodo de retorno de 25 y 50 años.....	49
Tabla 7. Análisis hidráulico de canal rectangular, periodo de retorno de 25 y 50 años.....	52
Tabla 8. Matriz de factores ambientales según las actividades.....	53
Tabla 9. Volúmenes vehiculares mínimos.....	70
Tabla 10. Volúmenes vehiculares mínimos.....	71
Tabla 11. Coeficientes de fricción.	74
Tabla 12. Valores de UVE - Piura	74
Tabla 13. Factores de ajuste del flujo de saturación.	78
Tabla 14. Número equivalente de giros izquierda EL 1/2.....	80
Tabla 15. Número equivalente de giros izquierda EL 2/2.....	80
Tabla 16. Factor de ajuste de giros a la derecha.....	80
Tabla 17. Velocidad de Diseño en función de la pendiente y longitud del tramo.....	87
Tabla 18. Cálculo de velocidades de diseño para los tramos propuestos.	88
Tabla 19. Sobreanchos de ciclovías por Pendiente.....	89
Tabla 20. Ancho de carriles según la clasificación de vías.	91
Tabla 21. VHD para el 2019.....	94
Tabla 22. VHD para el año horizonte.	94
Tabla 23. VHMD para el año horizonte.....	95
Tabla 24. Distribución de flujos de peatones y ciclistas.....	96
Tabla 25. Vehículos equivalentes.....	97
Tabla 26. Distribución 1/3 y relaciones Yi.	97

Tabla 27. Intervalo de entre verdes.	98
Tabla 28. Distribución del ciclo vehicular.....	98
Tabla 29. Semáforo peatonal.	99
Tabla 30. Flujo de saturación para propuesta 1 de semáforo de intersección 1/3.	99
Tabla 31. Flujo de saturación para propuesta 1 de semáforo de intersección 2/3.	100
Tabla 32. Flujo de saturación para propuesta 1 de semáforo de intersección 2/3.	101
Tabla 33. Distribución de ciclo vehicular para propuesta 1 de semáforo de intersección....	102
Tabla 34. Resultados del desempeño de la intersección.	106
Tabla 35. Resultados de desempeño de la red vehicular.	107
Tabla 36. Tiempos de viaje – Alternativa 1.	107
Tabla 37. Tiempos de viaje – Alternativa 2.....	108



Lista de figuras

Figura 1. Evolución de bicicleta.....	26
Figura 2. Ejemplo de ciclovia bidireccional.	27
Figura 3. Ejemplo de ciclovia unidireccional.	27
Figura 4. Localización de la nación peruana.....	29
Figura 5. Localización del departamento de Piura.....	30
Figura 6. Localización del distrito de Piura.....	30
Figura 7. Localización de la provincia de Piura.....	31
Figura 8. Localización de la Av. Las Palmeras.....	31
Figura 9. Parchado de Av. Las Palmeras.....	32
Figura 10. Imagen satelital de avenida Las Palmeras.....	40
Figura 11. Curvas de nivel en AutoCAD Civil 3D.....	41
Figura 12. Trazo de la cuenca de la Av. Las Palmeras.....	42
Figura 13. Identificación de las principales rutas del recorrido del agua en la cuenca.	43
Figura 14. Nivel de Riesgo según el Periodo de Retorno y la vida útil.....	44
Figura 15. Curvas IDF para la ciudad de Piura (1983-2017).....	45
Figura 16. Área de cuenca Av. Las Palmeras.....	47
Figura 17. Obras de drenaje, ubicación de alcantarilla.....	48
Figura 18. Sección transversal de Av. Las Palmeras en el Pje. Los Tulipanes.	48
Figura 19. Canaleta en la Ciudad de Colombia.	49
Figura 20. Cálculo del tirante normal.....	50
Figura 21. Detalle del separador central.....	50
Figura 22. Obras de drenaje, ubicación de alcantarilla.....	51
Figura 23. Resultado de análisis hidráulico para un canal rectangular abierto.....	51
Figura 24. Ejemplo de ciclovia con estacionamiento paralelo.....	58
Figura 25. Distancia de obstáculos laterales a ciclovia	58
Figura 26. Ciclovia bidireccional con poste delimitador en intersección.....	59

Figura 27. Elemento de segregación.	60
Figura 28. Especificaciones de estacionamiento de bicicletas de tipo U invertida.	61
Figura 29. Intersección de ciclovía en avenida Salaverry de la ciudad de Lima, Perú.	62
Figura 30. Intersección de ciclovía bidireccional.	63
Figura 31. Dimensiones señal de bicicleta.	63
Figura 32. Señal de bicicleta acompañado con flecha que indica sentido de circulación.	64
Figura 33. Dimensiones de flechas.	64
Figura 34. Línea continua de eje central para carril bidireccional.	65
Figura 35. Línea discontinua de eje central para carril bidireccional.	65
Figura 36. Intersección vía bidireccional.	66
Figura 37. Intersección pintada y con líneas segmentadas.	66
Figura 38. Señalización vertical en una intersección.	67
Figura 39. Señal de PARE.	67
Figura 40. Señal velocidad máxima permitida.	67
Figura 41. Señal ciclovía.	68
Figura 42. Señal cruce de ciclovía.	68
Figura 43. Señales informativas para utilizar en proyecto de ciclovía.	68
Figura 44. Puntos de conflicto.	69
Figura 45. Niveles de Servicio según demora de control.	83
Figura 46. Niveles de servicio.	83
Figura 47. Corte de sección típica de propuesta 1.	85
Figura 48. Dimensiones promedio de una bicicleta.	86
Figura 49. Ancho de ciclovía Bidireccional para un sardinel menor a 0.1 m.	87
Figura 50. Corte de sección típica de propuesta 2.	90
Figura 51. Corte transversal de la Av. Las Palmeras.	91
Figura 52. Maniobras de giro en la intersección de Av. Las Palmeras y Jr. Las Chavelas.	93
Figura 53. Diagrama de flujo de la intersección Av. Las Palmeras con Jr. Las Chavelas.	96
Figura 54. Fases vehiculares.	97
Figura 55. Diagrama de flujo de prediseño.	99
Figura 56. Diagrama de flujo de la propuesta 1.	102
Figura 57. Diagrama de flujo de la propuesta 2.	102
Figura 58. Alternativa 1 de ubicación de ciclovía.	104
Figura 59. Alternativa 2 de ubicación de ciclovía.	104

Figura 60. Diagrama de fases para grupo semafórico de alternativa 1. 105

Figura 61. Diagrama de fases para grupo semafórico de alternativa 2. 106





Introducción

Hoy en día, las ciclovías representan un factor importante e indispensable dentro del desarrollo sostenible de un país, siendo considerado sobre todo en países con transporte eco-amigable. Estos países poseen ya un régimen de normas, que resaltan a este tipo de transportes como un equivalente a los transportes motorizados, teniendo sus propios reglamentos y manuales de diseño. Dentro de la realidad peruana, este tipo de transporte ha tenido una buena acogida por parte de los ciudadanos, ya que reducen tiempos de viaje y emisiones de gases contaminantes; sin embargo, por ser una incorporación relativamente reciente, no se cuentan con manuales de diseño o normas establecidas, ni mucho menos con una red integrada de ciclovías. Su actual desarrollo se viene dando principalmente en la ciudad de Lima por lo que se busca dejar de lado este centralismo y llevar este tipo de transporte eco-amigable a las provincias del Perú.

Por otro lado, la coyuntura actual ha modificado la manera en la que interactúan las personas, con el fin de salvaguardar su vida y salud. Una de estas modificaciones es el distanciamiento social, la misma que requiere un tratamiento especial en el tránsito, por ejemplo: para reducir el uso de transportes compartidos que dificultan el distanciamiento social, se puede optar por el uso independiente de una bicicleta asegurando dicho distanciamiento.

Este trabajo de investigación se centrará en atender las necesidades mencionadas en la Av. Las Palmeras, donde el factor determinante será la inclusión de una ciclovía en el diseño geométrico de dicha vía. Mejorando así en los siguientes aspectos: cuidado de la salud de los ciudadanos, el cuidado del medio ambiente, se facilitará el desplazamiento de las personas que viven en las zonas aledañas a la vía y del gran número de estudiantes de la Universidad de Piura.

Este trabajo de investigación puede servir como un primer diseño, para la inclusión de la ciclovía en la Av. Las Palmeras, siendo de utilidad para aquellos que quieran llevar a un plano constructivo dicho proyecto o también para aquellos que requieran tener una referencia del diseño geométrico de ciclovías, con sus diferentes marcos normativos actualizados hasta la fecha.



Capítulo 1

Descripción general

1.1 Justificación

Actualmente, el rápido crecimiento de las ciudades tanto en lo económico como en lo urbano y, sobre todo, en lo poblacional, generan diferentes problemáticas; siendo una de las principales la congestión y contaminación. Dado el factor de la globalización y los cambios en el mercado, es claro que como resultado se tiene un aumento en los viajes realizados dentro de una región; por ello, es importante considerar un enfoque sostenible para el desarrollo de las ciudades pues así las generaciones futuras podrán disponer de los recursos para satisfacer sus necesidades (IDOM, 2019).

La sostenibilidad en el transporte urbano ha tomado mayor protagonismo en estas últimas décadas en diferentes ámbitos. El crecimiento activo de las ciudades trae consigo el aumento de población y con ello una creciente preocupación por la movilidad y su efecto en el medio ambiente (Macedo, 2008). Conjuntamente, el transporte no motorizado trae beneficios para la sociedad siendo un proyecto de recalificación urbana (Municipalidad de Lima, 2017b).

En el caso de la ciudad de Piura, se busca reducir la congestión en determinadas zonas reemplazando el transporte privado por uno sostenible que facilite la circulación en esas áreas. Dada la coyuntura actual, este medio de transporte permite mantener el distanciamiento social.

La avenida Las Palmeras se encuentra ubicada en una de las salidas de la Universidad de Piura, por lo que la mayor parte del flujo que la atraviesa está constituida por estudiantes. Por ello, el principal objetivo es facilitar la movilidad de los estudiantes que residen en zonas aledañas o hacen uso de esta avenida como ruta diaria. La movilidad en bicicleta, además de reducir los costos de desplazamiento, ayudará a disminuir la congestión vehicular en la zona (Muñoz, 2016).

Por lo tanto, con una futura implementación de un sistema de ciclovías, además de impulsar el transporte sostenible, se tendrá una mejor y más rápida comunicación de las diferentes zonas reduciendo los gases emitidos por el transporte motorizado.

1.2 Antecedentes

Con el fin de promover la movilidad sostenible, en distintas partes del mundo se han desarrollado proyectos de diseño de ciclovías. Las principales referencias que se tendrán en cuenta para la elaboración de este proyecto son documentos de investigación o expedientes técnicos de proyectos de diseño de ciclovías ya existentes o propuestas, que se desarrollen en lugares con características climáticas y de locación similares a la avenida Las Palmeras.

Dentro de la avenida Chulucanas se diseñó como alternativa de solución una ciclovía segregada por medio de la berma central con un ancho de 3 m. El diseño del pavimento se centra en dos únicos componentes: carpeta y base. La base es de máximo 15 cm y la carpeta asfáltica de 5 cm. Las intersecciones con avenidas poseen señalizaciones del espacio por el cual el ciclista podrá desplazarse. También considera la construcción de zonas de descanso entre los tramos de la berma central a lo largo de la ciclovía que contengan estacionamientos para bicicletas y asientos para ciclistas (Gamarra, 2018).

Se desarrolló una propuesta de ciclovía dentro de la Universidad de Piura, la cual es de tipo segregado, colindante con la vereda y separada de la vía vehicular. Para la modelación de un escenario futuro de la red utilizó los softwares *Synchro* y *Vissim PTV* (Burga, 2018).

La Municipalidad Provincial de Nazca (s.f.) propone un diseño de circuito de ciclovía compuesto por una losa de concreto ciclópeo de 2.00 m de ancho, contando con juntas cada 3 m con un jardín lateral de 0.85 m de ancho, y un sardinel peraltado de concreto armado de 0.15 m que separa la vía vehicular del jardín. Esta ciclovía se encuentra en cada carril de la vía, la cual está separada de un jardín central de 5 m ubicado en el eje de la avenida.

Otro ejemplo de diseño de ciclovía en una zona urbana es la construcción de una ciclovía de doble circulación de 2.4 m de ancho ubicada a lo largo del cantero central de una avenida de la ciudad de Córdoba en Argentina. Destaca la importancia de contemplar en el diseño la señalización vertical y horizontal de las ciclovías (García, 2014).

El proyecto de diseño de una ciclovía en la Avenida Las Palmeras de la ciudad de Piura involucra realizar un expediente técnico completo, considerando la elaboración del presupuesto y cronograma de obra. A comparación de los trabajos mencionados anteriormente que solo consideran aspectos técnicos de diseño geométrico, este proyecto analizará qué procesos constructivos emplear.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Diseñar la geometría de ciclovía en la Avenida “Las Palmeras”.

1.3.2 Objetivos específicos

- Recapitular y aplicar los conocimientos aprendidos a lo largo de la carrera universitaria para la solución de la necesidad que presenta el presente proyecto.

- Hacer un reconocimiento a las distintas fuentes de información fiables, acerca de las ciclovías.
- Desarrollar e implementar criterios técnicos para el diseño de vías con ciclovías.
- Desarrollar e implementar criterios ingenieriles que consideren necesidades sociales y ambientales, dentro del diseño vial.
- Evaluar la viabilidad de dos propuestas de diseño geométrico para la implementación de una ciclovía.
- Realizar los planos y la simulación de tránsito de las propuestas.

1.4 Metodología

1.4.1 Metodología del trabajo

El marco normativo para este trabajo de investigación abarca los siguientes puntos:

- Guía de composición y diseño operacional de ciclovías. Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, Chile.
- Manual de vialidad urbana, recomendaciones para el diseño de elementos de infraestructura vial urbana. Ministerio de Vivienda y urbanismo, Chile.
- Vialidad Ciclo-Inclusiva, Recomendaciones de Diseño. Ministerio de Vivienda y urbanismo, Chile.
- Manual de Criterios de Diseño de Infraestructura Ciclo-inclusiva y Guía de Circulación del Ciclista, Municipalidad de Lima, Perú.
- Norma CE.030, Perú.
- Plan Director de Movilidad Ciclista de Madrid, España.

Para este trabajo de investigación se seguirá el siguiente proceso:

1.4.1.1 Investigación bibliográfica. Se realiza mediante:

- Manuales y normas asociadas al estudio y diseño.
- Investigaciones similares que apunten al desarrollo de ciudades ciclo-inclusivas.
- Recopilación de antecedentes de organismo públicos y privados.

1.4.1.2 Elaboración de estudios solicitados. Se realizan los siguientes estudios:

- Levantamiento topográfico mediante Google Earth Pro y AutoCAD.
- Estudio hidrológico, hidráulico e impacto ambiental.
- Análisis de resultados.

1.4.1.3 Desarrollo del estudio. Se evaluarán 2 propuestas de diseño geométrico para la ciclovía en la Av. Las Palmeras, ambas opciones tendrán el siguiente contenido:

- Diseño geométrico y de intersecciones mediante softwares.
- Señalización y seguridad.
- Análisis de matriz de atributos.

- Elaboración de planos de proyecto en AutoCAD civil 3D.
- Simulación de la vía en software.
- Conclusiones generales.

Para la selección de la propuesta óptima se realizará un análisis bajo una matriz de atributos que contiene los siguientes parámetros: impacto ambiental, costos de implementación, factibilidad de diseño, serviciabilidad, conflictos en las intersecciones. Por último, se presentará una propuesta final basándose en la matriz de evaluación antes mencionada.



Capítulo 2

Marco teórico

2.1 La bicicleta como medio de transporte

La bicicleta moderna tuvo una secuencia evolutiva conformada por 7 etapas (Ver Figura 1), para alcanzar el modelo de bicicleta tal como hoy se percibe (Navarro et al, 2010).

- Celerífero (1790): fue desarrollado por el Conde Mede de Sivrac, esta bicicleta era de madera sin pedales, frenos y tampoco contaba con un mecanismo para cambiar de dirección al momento de moverse; esta era una especie de juguete.
- La Draisiana (1817): desarrollada por Karl Drais Von Saverbronn, este modelo agregó un mecanismo para variar la dirección y frenos con palanca.
- Velocípedo (1839): avanzada por Kirkpatrick McMillan, este agregó un mecanismo que conectaba a la rueda trasera y con pequeños balanceos permitía impulsar y/o frenar, superando el límite de la impulsión por zancadas. De esta manera se dio el inicio de la bicicleta como medio de transporte.
- La Michaulina (1861): aporte de Henry Michaux, es aquí donde se nace la propulsión por pedales y freno manual. Además, aparecen las llantas de hierro.
- Gran Bi (1870): atribuida a Jamer Starley, aquí se optimizó la bicicleta Michelenana en temas de velocidad, frenos y pedales a talla; llevando la a ser un equipo de moda de la época, usada para carreras y con ello se dan los recorridos largos, abriendo paso del turismo con bicicleta.
- Bicicleta segura (1885): desarrollada por John Kem Starley, es quién incluye la cadena de dirección y transmisión con la rueda trasera; además igualó el radio de las ruedas. Por otro lado, se dejó las ruedas de madera para pasar a acero y goma maciza. Estas bicicletas si bien no eran más rápidas a la Gran Bi, pero eran más asequibles y seguras que esta última, por ello se da lugar al uso de bicicletas de las masas.
- Bicicleta de montaña (1974): esta mejora a las anteriores en sus diversas características además cuenta con amortiguadores y ruedas de aluminio. Esta fue pensada para terrenos no pavimentados, como senderos de montaña.



Figura 1. Evolución de bicicleta.

Fuente: Infografía del Museo de Historia mexicana (2012).

2.2 La ciclo vía

La ciclo vía es una de las infraestructuras de la red ciclo vía, definida como vía destinada para la circulación de bicicletas, la cual está integrada al nivel de la calzada o al separador lateral o central (Área de Gobierno de Desarrollo Urbano Sostenible, 2016a).

2.2.1 Características y funciones de la movilidad ciclista

De acuerdo con la guía de diseño de infraestructura y equipamiento ciclista, elaborada por la Secretaría del Medio Ambiente de la ciudad de México en el año 2017; se exponen las siguientes características y funciones relacionadas con la movilidad ciclista:

Infraestructura verde: el arbolado define la estructura de la vía en su conjunto, generando beneficios ambientales, comodidad y/o sensación de paz a los distintos usuarios de la vía, mejora el paisaje, ordena y separa el flujo vehicular, peatonal y ciclista, disminuye las islas de calor, etc.

Promueve vías equitativas y asimétricas: cuando un conductor tiene una calzada sobredimensionada va a tender a romper los límites de velocidad y causar posibles accidentes, es por ello por lo que la ciclo vía busca hacer que los vehículos bajen sus velocidades ante vías en zigzag (solo da el espacio necesario para su circulación) y además busca reutilizar los espacios con usos de aparcamientos, áreas recreativas, etc. Por otro lado, deberá de tenerse en consideración los posibles usos que otros usuarios, como los comerciantes podrían dar a los nuevos espacios.

Contribuye a la colectividad: los ciclistas circulan a velocidad lenta, por lo que pueden ser vistos y con ello platicar ya sea con otros ciclistas o con el peatón, por ello se prefiere vías de uso múltiple del suelo. Sin embargo, se deberá considerar los conflictos que puedan generarse al utilizarse el separador como zona pública.

Funciona como amortiguador: las ciclo vías alejan las zonas peatonales de las zonas vehiculares, ya sea a causa del carril del ciclista o por los árboles presentes, de manera que la gente puede charlar con mayor tranquilidad, etc.

Cruces: los ciclistas tienen problemas pues podrían colisionar con vehículos, por ejemplo, si los ciclistas vienen de detrás y se pone en un ángulo ciego para los conductores de vehículos podría terminar en un accidente, ante esto se recomienda lo siguiente:

- En los cruces de calles vecinales: Poner vibradores en el pavimento junto con señalizaciones de tránsito.
- Zonas divisorias de uso exclusivo para el ciclista, las cuales deberán de tener un color distintivo (verde, rojo, etc.) Tanto para el ciclista, como para los conductores.
- Semáforos para ciclistas.
- Evitar obstáculos que dificulten la visión del ciclista: como árboles, carpas, etc.
- Detectores ciclistas: en zonas con pocos usuarios ciclistas, esto evita que los vehículos motorizados no estén esperando un posible paso de ciclistas.

2.2.2 Tipos de ciclovía

El Manual de criterios de diseño de infraestructura ciclo-inclusiva y guía de circulación del ciclista, elaborada por la Municipalidad de Lima en el 2017, clasifica a las ciclovías de la siguiente manera:

Ciclovía bidireccional: recomendado para avenidas, ya que es difícil estar pasando de un lado a otro de la vía, además de ello se prefieren en zonas donde existan pocas intersecciones y giros. En la Figura 2, se muestra un ejemplo del esquema de dicho tipo de vía.



Figura 2. Ejemplo de ciclovía bidireccional.

Fuente: Municipalidad de Lima (2017a).

Ciclovía unidireccional: suelen ir al costado derecho, para seguir el sentido del flujo vehicular motorizado. Estas son las más económicas ya que se implementan rápidamente en la calzada. En la Figura 3, se muestra un ejemplo del esquema de dicho tipo de vía.



Figura 3. Ejemplo de ciclovía unidireccional.

Fuente: Municipalidad de Lima (2017a).



Capítulo 3

Diagnóstico general

3.1 Ubicación geográfica y descripción de la zona del proyecto

La avenida Las Palmeras está ubicada al norte de la ciudad de Piura, distrito, provincia y región de Piura, la misma que empieza en la salida vehicular de la Universidad de Piura, ubicada en la urbanización Santa María del Pinar, y termina a la altura de la Av. Los Tallanes; estos puntos tienen las siguientes coordenadas geodésicas:

- Inicio: latitud de 5° 10' 18.381" S, longitud de 80° 38' 10.564" W y altitud de 42 msnm.
- Término: latitud de 5° 10' 27.756" S, longitud de 80° 37' 40.816" W y altitud de 39 msnm.

Dichas coordenadas se obtuvieron de *Google Earth*, el cual trabaja con el sistema universal WGS84. Por otro lado, para el procesamiento de información se usará sistema de coordenadas geográficas correspondiente al Universal Transversal de Mercator (UTM) de la Zona 17 sur.

Las figuras: Figura 4, Figura 5, Figura 6, Figura 7 y Figura 8; muestran la localización del proyecto en los distintos niveles políticos.



Figura 4. Localización de la nación peruana.

Fuente: *Google Earth* (2020).



Figura 5. Localización del departamento de Piura.

Fuente: INEI (s.f.).



Figura 6. Localización del distrito de Piura.

Fuente: INEI (s.f.).



Figura 9. Parchado de Av. Las Palmeras.

Fuente: Elaboración propia.

Dicha vía atraviesa las urbanizaciones Santa María del Pinar, Los Geranios, San Eduardo y Laguna del Chipeco. Con una longitud de 962 m, además está conformada por dos calzadas divididas por un separador central de 8.5 m de ancho promedio. Cada calzada cuenta con dos carriles de ancho variable entre 6.5 m y 7.5 m.

A lo largo del tramo no se encontraron obras de arte existentes, sin embargo, en tiempo de Fenómeno El Niño (FEN) la avenida es de fácil acumulación de agua, pues por su longitud pasa el agua acumulada a zonas de menor altitud.

3.1.1 Clima y relieve

La ciudad de Piura tiene un clima cálido con temperaturas entre (15 °C y 37 °C) (Gamboa, 2009). Además, presenta una humedad atmosférica seca, con deficiencia de lluvias en la mayoría de las estaciones del año, sin embargo, ostenta lluvias recurrentes en verano, las mismas que se intensifican con la ocurrencia del Fenómeno El Niño, alcanzando intensidades récords de 258.5 mm/h, tales como la mostrada en El Niño Costero 2017 (ENFEN, 2017).

De acuerdo con el mapa nacional de ecosistemas, elaborado por SINIA en el 2019, el relieve de la ciudad de Piura es del tipo llano, con suelos arenosos con sales solubles, esto debido a que está conformada por terrazas aluviales y llanuras marítimas y eólicas, lo que indica presencia de erosión y suelos sedimentables.

3.1.2 Entorno social

La avenida “Las Palmeras” se encuentra posicionada en una zona de alta afluencia de personas puesto que conecta y/o tiene zonas de generación y atracción de viajes; por ejemplo:

- Zonas generadoras de viajes: las urbanizaciones Santa María del Pinar, Los Geranios, San Eduardo y Laguna del Chipe.
- Zonas de atracción de viajes: la universidad de Piura al Oeste, el Colegio María Montessori y el Colegio de Ingenieros del Perú – Consejo Departamental Piura, ambos al Este, por otro lado, en la parte central sur se encuentran: el Templo Juan Pablo II y el supermercado Metro de Piura San Eduardo; y en la parte central Norte se tiene el Policlínico del Niño y la Iglesia Mormona; además de los mencionados se tienen restaurantes, quioscos, panaderías, etc.

3.1.3 Descripción de la red vial

Acorde a la jerarquización según funcionalidad, del SINAC (Ley Nº 27181 Reglamento de Jerarquización Vial, 2007) la avenida Las Palmeras pertenece a la red vial vecinal, esto debido a que conecta zonas de influencia local. Por otro lado, se conecta a una red de vías vecinales tales como la Av. Los Tallanes, siendo esta última la que se conecta con la Av. Andrés Avelino Cáceres, por su parte se conecta a la Av. Sánchez; para posteriormente para unirse directamente a la Panamericana Norte, es decir, se pasó de una vecinal a una nacional, sin pasar por una vía departamental.

El Instituto de la Construcción y Gerencia (2005) brinda una clasificación de vías urbanas, en dicha clasificación la Av. Las Palmeras calza como una vía colectora debido a sus características como: cuenta con áreas adyacentes a la vía para estacionamientos, cuenta con dos carriles por sentido, etc. Como en capítulos posteriores se requiere un estudio de la intersección de la Av. Las Palmeras con el Jr. Las Chavelas, se indica que esta última calza como una vía local debido a sus características como: cuenta con dos carriles, se conecta a vías colectoras, brinda servicio a principalmente al tránsito que se generan en propiedades adyacentes a ella, etc.

3.1.4 Señalización y seguridad

La señalización se encuentra directamente relacionada con la seguridad, pues una correcta señalización de la ciclovía mejora la seguridad tanto de los ciclistas como de todos los usuarios de las vías. La señalización está conformada por vertical, demarcaciones en el pavimento tanto planas como elevadas, señalización informativa y demás dispositivos de control correspondientes (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016a).

Las señales verticales son dispositivos de control de tránsito instalados a nivel de la vía o sobre ella. Se encuentran compuestas de una placa con su inscripción y un elemento de soporte. Se ubican frente al sentido de circulación de la ciclovía y al lado derecho de la vía. Su función es reglamentar, prevenir e informar mediante palabras y/o símbolos.

Se clasifican en reglamentarias, informativas y preventivas (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016a). La reglamentaria indica a los ciclistas las limitaciones, prohibiciones o restricciones, como puntos de detención, velocidades máximas, sentidos viales, giros prohibidos. Tienen forma circular en una plaza rectangular o cuadrada. La informativa indica al ciclista información sobre la proximidad a una vía utilizada como ciclo vía. Tiene forma cuadrada. La preventiva previene a los conductores de características particulares de la vía que pueda afectar la circulación, indica giros, cruces, zonas de detención, etc. Tiene forma de rombo y es de color verde o naranja.

La señalización horizontal se utiliza para indicar el sentido de circulación a los usuarios, delimitar espacios, rutas en intersecciones y espacios de detención. Para vías segregadas se utilizan pictogramas de bicicletas y flechas que indique el sentido de circulación. Además de demarcaciones con líneas continuas o segmentadas. Para ciclo vías unidireccionales la línea es de color blanco y amarilla para bidireccionales. Intersecciones se demarcan con una línea blanca transversal y la palabra pare en color blanco. Los cruces son de color rojo delimitados con dos franjas paralelas de cuadrados blancos de 50 x 50 cm, a intervalos de 50 cm (Municipalidad de Lima, 2017b).

En el diseño de ciclo vías se aplican consideraciones respecto a posibles obstáculos que signifiquen un riesgo a los usuarios. Las distancias de los obstáculos laterales discontinuos, como postes o árboles, deberán ser como mínimo de 0.75 m. Cuando la ciclo vía se ubica junto a una zona de estacionamiento vehicular, la sección debe contar con un ancho de 0.50 m. desde los laterales más próximos del ciclista y, a partir de este borde, debe reservarse una banda de 0.80 m. para permitir la apertura de las puertas de los automóviles, sin peligro para los ciclistas del lado afectado, o a ambos lados, de ser el caso (Municipalidad de Lima, 2005).

3.2 Revisión de literatura

3.2.1 Las ciclo vías según las normas y especificaciones peruanas

En abril del 2020 el gobierno de Perú aprobó el reglamento de la ley N° 30936, ley que promueve y regula el uso de la bicicleta como medio de transporte sostenible. Esta norma regula el derecho de los ciclistas, así como establece las infracciones a las que serían acreedores si violan la ley. Para promover el uso de la bicicleta, las ciclo vías deben seguir ciertos parámetros en su diseño.

El diseño geométrico de una ciclo vía contempla analizar las condiciones de ancho, tiempo de percepción entre peatones, ciclistas y automovilistas, velocidad de circulación y tiempos de espera (Municipalidad de Lima, 2005).

Para determinar el dimensionamiento básico de una ciclo vía se considera el tipo de bicicleta a utilizar y la contextura del ciclista, además de espacios adicionales para movimientos evasivos y maniobras. La distancia mínima horizontal de operación del ciclista es de 1.5 m. y la vertical de 2.50 m. (Municipalidad de Lima, 2005).

En la Tabla 1 se muestran las recomendaciones del Plan Maestro de ciclovías para Lima y Callao, y de la Norma Técnica CE.030 Obras Especiales y Complementarias sobre los parámetros de diseño de ciclovías a emplear.

Tabla 1. Comparación de parámetros en normas peruanas

Parámetros	Plan Maestro de ciclovías para Lima y Callao		Norma Técnica CE.030 Obras Especiales y Complementarias	
	Ancho de ciclovía	Bidireccional	Si en laterales no hay sardineles o escalone o son de altura menor a 0.10 m. el ancho mín. es 2.00 m. Si existen sardineles es de mín. 3.00 m.	Bidireccional
Unidireccional		Ancho recomendable de 2.00 m.	Unidireccional	Ancho mín. de 1.50 m.
Velocidad de diseño	Bajo condiciones normales (buen clima y terreno plano)	En terreno pavimentado es de 30 km/h. En terreno no pavimentado es de 24 km/h.	No especifica	
Velocidad de diseño	Bajo terreno con pendiente pronunciada	Varía con la longitud y la pendiente.	No especifica	
Radio de volteo	Se obtiene de la ecuación $R = 0.24V + 0.42$. Donde V es velocidad de diseño		Definido por el estudio técnico. Radio mín. 3.00 m.	
Sobreaancho	Por pendiente	Varía según la longitud y la pendiente.	No especifica	
	Por radio de curvatura	Varía según el radio de curvatura.		
Peralte	No debe exceder el 12%. En ciclovías bidireccionales con curvas con pendientes mayores al 4% no debe exceder el 8%.		Definido por el estudio técnico.	
Perfil longitudinal	Pendiente máx. de 4%, con excepción de 5% con longitud de hasta 90m.		No especifica	
Distancia de visibilidad	Varía dependiendo de la velocidad de diseño, coeficiente de fricción y la pendiente.		No especifica	

Fuente: Municipalidad de Lima (2005) & Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2014).

3.2.2 Las ciclovías según las normas y especificaciones internacionales

En el mundo existen países que a lo largo de los años han podido posicionarse como urbes bici-amigables. Tal es el caso de Holanda, país posicionado en el top 2 de *Copenhagenize Index 2019*, y Colombia, primer país latinoamericano en llegar al ranking que mide el desarrollo de las ciudades a favor del uso de la bicicleta en todo el mundo (La Nota Positiva, 2019).

A continuación, se realizará una comparación de los parámetros de diseño geométrico que considera el manual de diseño para el tráfico de bicicletas de Holanda, el plan director de movilidad ciclista de Madrid y la guía de ciclo-infraestructura para ciudades colombianas, ver Tabla 2.

Tabla 2. Comparación de parámetros de diseño internacionales

Parámetros	Manual de diseño para el tráfico de bicicletas de Holanda	Plan director de movilidad ciclista de Madrid	Guía de ciclo-infraestructura para ciudades colombianas
Ancho de ciclovía	Ancho de bicicleta + 0.75m.	En vías de uso preferente, el ancho mín. es 1.25 m. Recomendable 1.5 m.	Unidireccionales de 1.4 m. de ancho mín. y 2.2 m. de ancho óptimo. Bidireccionales de 2.2 m. de ancho mín. y 2.6 m. de ancho óptimo.
Velocidad de diseño	En ciclorrutas principales es de 30 km/h. En otras rutas es de 20 km/h.	No especifica	Varía dependiendo de la longitud del tramo y la pendiente.
Radio de volteo	Radio mín. de 5.00 m. Las conexiones de la red ciclovial básica deben tener un radio \geq a 10 m. y las ciclorrutas principales deben tener un radio \geq a 20 m.	No especifica	Radio mínimo depende del tipo de superficie y de la velocidad de diseño.
Sobreechancho	No especifica	No especifica	En caso de curvas de 10 metros de radio conviene ampliar la sección 1 metro, mientras que para las de 20 metros de radio este sobreechancho se puede reducir a la mitad
Peralte	No especifica	No especifica	No especifica
Perfil longitudinal	Incorporación de lugares de descanso si	En pendientes mayores a 4% es	No es recomendable pendientes mayores al 6% en gradiente ascendente.

Parámetros	Manual de diseño para el tráfico de bicicletas de Holanda	Plan director de movilidad ciclista de Madrid	Guía de ciclo-infraestructura para ciudades colombianas
	pendiente supera los 5 m.	recomendable segregar la vía.	En pendientes mayores se restringen longitudes.
Distancia de visibilidad	La visibilidad mínima es la distancia viajada entre 4 y 5 segundos. Considera visibilidad para frenar y de aproximación.	No especifica	Depende de las pendientes, la superficie del pavimento y su estado (mojado o seco), así como la velocidad del ciclista

Fuente: CROW (2006), Área de Gobierno de Desarrollo Urbano Sostenible (2016b) & Ministerio de Transporte de Colombia (2016).





Capítulo 4

Levantamiento de la información

4.1 Levantamiento topográfico

4.1.1 Aspectos generales

El presente estudio detalla información técnica del proceso que se siguió para tomar datos de la topografía, pues no se realizó un levantamiento topográfico, dado que es una vía ya construida se emplearon herramientas como *Google Earth* para un levantamiento preliminar.

Se adjuntan planos de planta-perfil, secciones transversales. En los primeros se precisa la superficie del terreno, alineamiento horizontal, la forma y dimensiones del corredor vial en planta y la infraestructura vial existente y la proyectada en dos propuestas.

El proyecto denominado “Diseño geométrico de ciclovía en Avenida “Las Palmeras” en la ciudad de Piura, Perú” fue adjudicado a la empresa consultora un 26 de agosto del 2020.

El presente estudio comprende información técnica detallada del levantamiento topográfico preliminar, clasificación de datos y procesamiento de la información obtenida del software *Google Earth Pro*, sirviendo como base para el levantamiento topográfico, la colocación de 2 BM (*Bench Mark*), el principal se encuentra ubicado en el Km. 0+000 de la Av. Las Palmeras, referenciado en la puerta de salida de la Universidad de Piura, en el distrito de Piura – provincia de Piura – departamento Piura.

4.1.1.1 Objetivos. El levantamiento topográfico determina la posición relativa entre varios puntos sobre un plano horizontal, es decir define las inclinaciones del terreno. Esto se realiza utilizando softwares especializados en obtener imágenes satelitales y georreferenciar los puntos de una determinada área. Luego de realizarse este trabajo, es posible trazar planos y mapas a partir de los resultados obtenidos consiguiendo un levantamiento topográfico.

El principal objetivo es obtener planos topográficos veraces y fidedignos, que ayuden en el diseño geométrico de la ciclovía en la avenida Las Palmeras.

4.1.2 Metodología del trabajo topográfico

La metodología para el proyecto “Diseño geométrico de ciclovía en avenida Las Palmeras en la ciudad de Piura, Perú” de longitud 962m, se basa en lo siguiente:

- Reconocimiento de la zona en estudio mediante *Google Earth*.
- Obtención de la imagen satelital de la zona en estudio.
- Análisis y procesamiento de la imagen satelital.
- Georreferenciación de la imagen.
- Monumentación de hitos digitales.
- Procesamiento de puntos.
- Exportación a *AutoCAD Civil 3D 2020*.
- Trazado del alineamiento de la ciclovía.
- Proceso de planos.

El levantamiento se inicia a partir de los datos geodésicos de los GPS diferenciales mencionados anteriormente en los antecedentes, con vértices y alineamientos concordantes con el trazo de la vía y teniendo en cuenta un ancho de plataforma a nivel de rasante existente.

4.1.2.1 Procesamiento de la imagen satelital. Mediante el programa *Google Earth Pro* se identifica la imagen satelital de la zona de estudio (ver Figura 10), para luego generar un área rectangular que encierre la avenida Las Palmeras. Esta área deberá dejar un margen de seguridad para asegurar que se importará el área deseada.



Figura 10. Imagen satelital de avenida Las Palmeras

Fuente: *Google Earth Pro* (2020).

Se identifican 2 *Bench Marks* o puntos de referencia. Sus progresivas, elevaciones y coordenadas UTM son las mostradas en la Tabla 3.

Tabla 3. Puntos de referencia

Número de BM	Progresiva	Latitud	Longitud	Elevación
1	0+000.00	9428336.66	540310.88	41.8422
2	0+790.00	9428100.14	541064.628	36.5459

Fuente: Fuente propia.

El polígono se guarda como una imagen georreferenciada en formato .kmz. Posteriormente, en la página web gpsvisualizer.com/elevation se convertirá el formato a .gpx, para finalmente en el programa *TCX Converter* convertirlo a formato .csv que mostrará la descripción del punto, la latitud, longitud y elevación en coordenadas geodésicas.

En el *software* AutoCAD se subirán los puntos en coordenadas UTM, los cuales se usarán para formar las curvas de nivel, ver Figura 11.

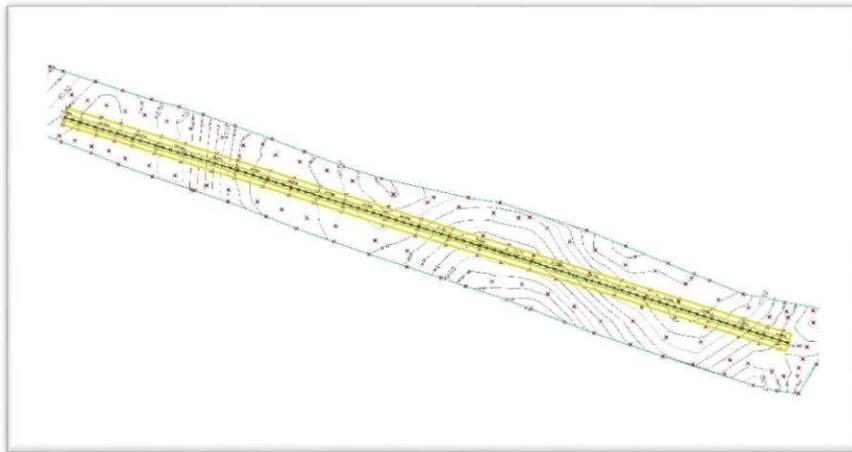


Figura 11. Curvas de nivel en AutoCAD Civil 3D

Fuente: Fuente propia - AutoCAD Civil 3D.

4.1.2.2 Obtención de planos. Después de exportadas las curvas de nivel a AutoCAD, se elaboran los planos topográficos, y se realiza el trazo respectivo del alineamiento para obtener el perfil longitudinal. Este perfil se ha ubicado en la parte media del separador central debido a que es la única zona disponible donde se construirá la ciclo vía, pues en la zona ubicada entre la vereda y la vía se encuentran los jardines de los residentes de la urbanización y la zona adyacente es utilizado como estacionamiento. Para la elección de la ubicación del alineamiento se vio necesario realizar un plano de arquitectura de la situación actual, así como secciones transversales típicas de la avenida analizada. Los planos antes mencionados se encuentran en el capítulo 10 del presente trabajo.

A su vez la topografía de la zona se encuentra detallada en los planos topográficos elaborados. Estos se encuentran en el capítulo 10 de este trabajo.

Para ello se ubicó un alineamiento en el eje de la propuesta 1 detallada en el capítulo 7, que se encuentra en toda la longitud de la avenida Las Palmeras. En el capítulo 8 denominado apéndices se observa la tabla 9, donde se detallan los valores de la latitud, longitud en coordenadas UTM, así como las elevaciones del alineamiento que representa a la ciclo vía, en progresivas ubicadas cada 10m.

4.2 Estudio hidrológico e hidráulico

4.2.1 Estudio hidrológico

Este estudio tiene como finalidad dar a conocer las zonas con mayor probabilidad de inundación. Para esto, se trazará la cuenca que alimenta a la Av. Las Palmeras para finalmente determinar el caudal de diseño con el cual se diseñarán las obras de drenaje.

4.2.1.1 Cuenca. Se procedió a hacer un estudio de la cuenca presente en la avenida Las Palmeras, ver Figura 12. Dado que en esta avenida hay puntos críticos donde se da la acumulación de agua, se analizarán las zonas problema con el fin de proponer obras hidráulicas para un mejor drenaje.



Figura 12. Trazo de la cuenca de la Av. Las Palmeras.

Fuente: Elaboración propia.

Posterior al trazo de la cuenca que influye sobre esta avenida, se identifica la ruta de mayor longitud que recorre el agua según las pendientes urbanas, ver Figura 13.

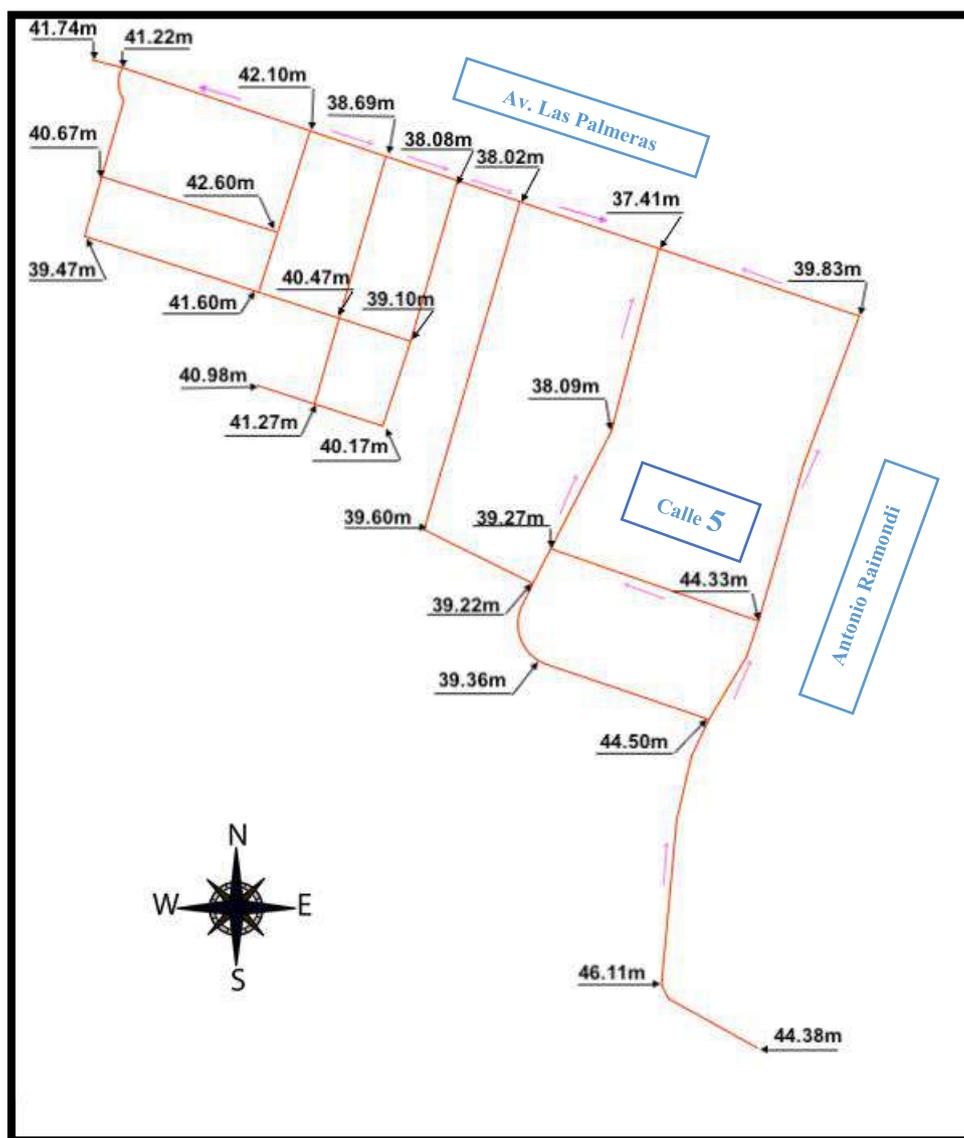


Figura 13. Identificación de las principales rutas del recorrido del agua en la cuenca.

Fuente: Elaboración Propia.

La ruta más larga empieza desde el colegio Vallesol (cota 46.11m) que se encuentra en la Av. Antonio Raimondi N° 450, desciende hacia el norte hasta ingresar a la Calle 5 y próximamente al noreste mediante una calle paralela a la Av. Antonio Raimondi que desemboca en la avenida Las Palmeras.

La longitud total del recorrido más largo es de 671.4 m con una desviación vertical de 8.7 m. Para el cálculo del tiempo de concentración en minutos, se emplea la Ec. 1 de California Culverts Practice (1942):

$$tc = 0.0195 * \left(\frac{L^3}{H}\right)^{0.385}$$

Ec. 1

Donde:

L: longitud total (m).

H: desviación vertical (m).

Por lo tanto, el tiempo de concentración para esta cuenca será de 15.6 minutos.

4.2.1.2 Período de retorno. Según Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje, para Alcantarillas de paso quebradas menores y descarga de agua de cunetas, el nivel de riesgo a considerar será de 35% con una vida útil correspondiente de 15 años. Para estos datos, es posible calcular el periodo de retorno mediante la Figura 14 o utilizando la fórmula indicada (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016b).

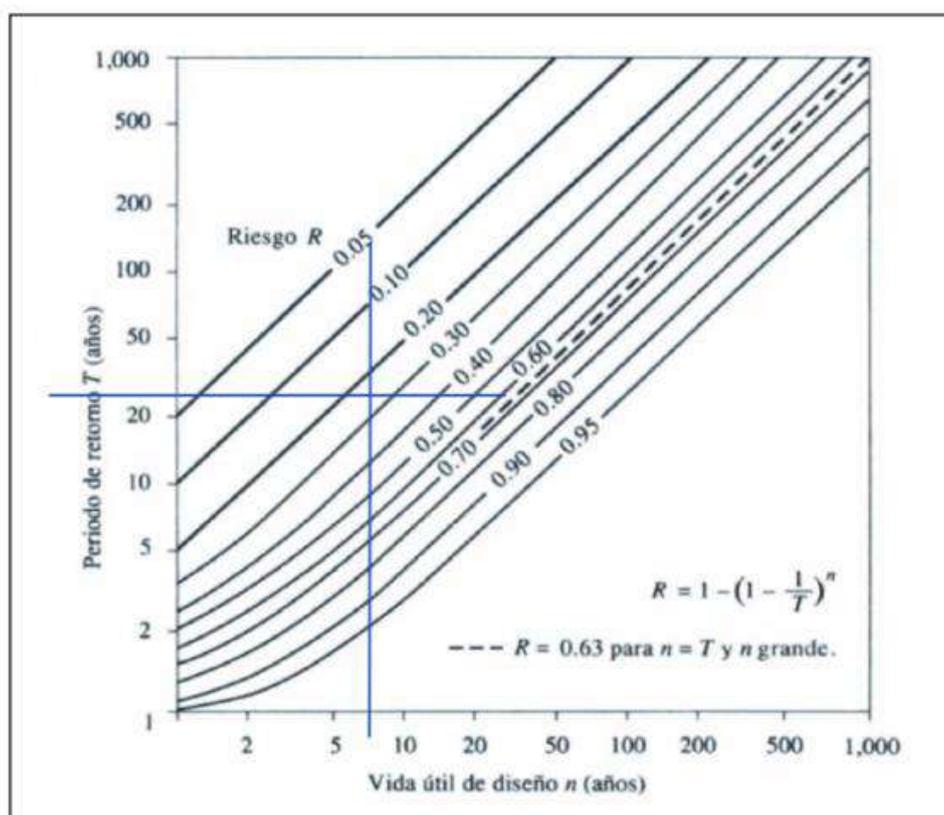


Figura 14. Nivel de Riesgo según el Período de Retorno y la vida útil.

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2016b).

Por lo tanto, el periodo de retorno será de 35 años. Sin embargo, ante la ocurrencia de un FEN se recomienda considerar un periodo de retorno de 50 años que será el que se utilice en estos cálculos (Reyes, 2020).

4.2.1.3 Caudal. Para el cálculo del caudal de diseño, se usará la fórmula racional según Ec. 2 (Farías, 2019):

$$Q = c * A * i$$

Ec. 2

Donde:

C: coeficiente de escorrentía.

A: área de la cuenca (km^2).

i: intensidad en (mm/h).

Habiéndose calculado el tiempo de concentración y el periodo de retorno, en la sección anterior, se procede al cálculo de la intensidad correspondiente. Para tal fin, se hizo uso de las curvas IDF elaboradas para la ciudad de Piura, que se detallan en la Tabla 4 y Figura 15. (Farías & Ruiz, 2018).

Tabla 4. Matriz de precipitaciones e intensidad máximas anuales (mm/h)

T (años)	Pmax día (mm)	i10	i15	i60	i120	i360	i720	i1440
5	48.5	37.8	35.3	22.8	15.5	7.2	4	2.1
10	90.6	59.6	56.7	36.8	24.9	13.1	7.3	3.8
25	147.5	88.9	85.7	55.8	37.9	20.9	11.8	6.1
50	196.9	113.3	110	71.9	49.4	27.6	15.6	8.1
100	254.1	140.3	137.2	90.2	62.8	35.2	19.9	10.5
150	291.9	157.6	154.6	102	71.6	40.2	22.7	12
200	321	170.5	167.8	110.9	78.4	44	24.9	13.2

Fuente: Farías & Ruiz (2018).

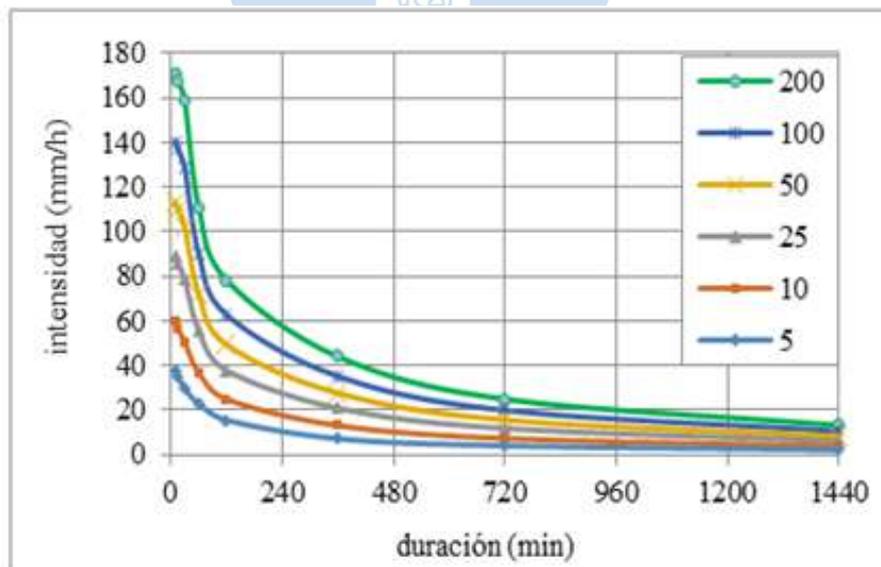


Figura 15. Curvas IDF para la ciudad de Piura (1983-2017).

Fuente: Farías & Ruiz (2018).

Por otro lado, para el cálculo del coeficiente C, se considera una superficie de asfalto debido a que las principales vías afluentes al punto de congestión son de este material. Para tal superficie el valor de C es de 0.9 en un periodo de retorno de 50 años según la Tabla 5.

Tabla 5. Coeficientes de escorrentía según la superficie del suelo y el Periodo de retorno.

CARACTERÍSTICAS DE LA SUPERFICIE	PERÍODO DE RETORNO (AÑOS)						
	2	5	10	25	50	100	500
ÁREAS URBANAS							
Asfalto	0.73	0.77	0.81	0.86	0.9	0.95	1
Concreto/Techos	0.75	0.8	0.83	0.88	0.92	0.97	1
Zonas verdes (jardines, parques, etc.)							
Conducción pobre (cubierta de pasto menor del 50 % del área)							
Plano 0-2%	0.32	0.34	0.37	0.4	0.44	0.47	0.58
Promedio 2-7%	0.37	0.4	0.43	0.46	0.49	0.53	0.61
Pendiente Superior a 7%	0.4	0.43	0.45	0.49	0.52	0.55	0.62
Condición promedio (cubierta de pasto menor del 50% al 75% del área)							
Plano 0-2%	0.25	0.28	0.3	0.34	0.37	0.41	0.53
Promedio 2-7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Pendiente Superior a 7%	0.37	0.4	0.42	0.46	0.49	0.53	0.6
Condición buena cubierta de pasto mayor al 75% del área							
Plano 0-2%	0.21	0.23	0.25	0.29	0.32	0.36	0.49
Promedio 2-7%	0.29	0.32	0.35	0.39	0.42	0.46	0.56
Pendiente Superior a 7%	0.34	0.37	0.4	0.44	0.47	0.51	0.58
ÁREAS NO DESARROLLADAS							
Área de cultivos							
Plano 0-2%	0.31	0.34	0.36	0.4	0.43	0.47	0.57
Promedio 2-7%	0.35	0.38	0.41	0.44	0.48	0.51	0.6
Pendiente Superior a 7%	0.39	0.42	0.44	0.48	0.51	0.54	0.61
Pastizales							
Plano 0-2%	0.25	0.28	0.3	0.34	0.37	0.41	0.53
Promedio 2-7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Pendiente Superior a 7%	0.37	0.4	0.42	0.46	0.49	0.53	0.6
Bosques							
Plano 0-2%	0.2	0.25	0.28	0.31	0.35	0.39	0.48
Promedio 2-7%	0.31	0.34	0.36	0.4	0.43	0.47	0.56
Pendiente Superior a 7%	0.35	0.39	0.41	0.45	0.48	0.52	0.58

Fuente: Farías (2019).

Finalmente, según los datos de *Google Earth Pro* de la Figura 16, la cuenca de la Av. Las Palmeras cuenta con un área de 0.171 km². Por tanto, el caudal de diseño se calcula según la Ec. 2 del Método Racional.

$$Q = c * A * i$$

$$Q = 0.9 * 0.171 * 110 = 16.9 \text{ m}^3/\text{h}$$



Figura 16. Área de cuenca Av. Las Palmeras.

Fuente: *Google Earth Pro* (2020).

4.2.2 Estudio hidráulico

Para el estudio hidráulico, resulta necesario evaluar la necesidad de obras hidráulicas de drenaje que, garanticen la serviciabilidad y vida útil de la ciclovía. En tal sentido, en el estudio hidrológico se encontró un problema de posible inundación en la Av. Las Palmeras, exactamente entre el templo Juan Pablo II y el pasaje Los Tulipanes. Por ello resulta conveniente la evaluación de una obra de drenaje hidráulico como una alcantarilla o canaleta.

4.2.2.1 Propuesta de alcantarilla.

4.2.2.1.1 Ubicación de alcantarilla. Como resultado del estudio hidrológico se denota el punto más bajo de la cuenca, en donde convergen el flujo de aguas lluvia y este se ubica en la intersección de la Av. Las Palmeras y Pje. Los Tulipanes. Asimismo, según la Figura 17, este pasaje conecta con la avenida Las Palmeras como un canal de evacuación en épocas de lluvia, corroborando así la correcta ubicación de la alcantarilla.



Figura 17. Obras de drenaje, ubicación de alcantarilla.

Fuente: *Google Earth Pro* (2020).

4.2.2.1.2 Topografía y perfil. Para el diseño de la alcantarilla es necesario realizar un levantamiento topográfico, con el fin de obtener niveles de referencia y perfiles del terreno, que servirán para el diseño hidráulico. Estos datos se presentan en la Figura 18, la cual fue realizada mediante la obtención de datos topográficos en el *software Google Earth Pro*.

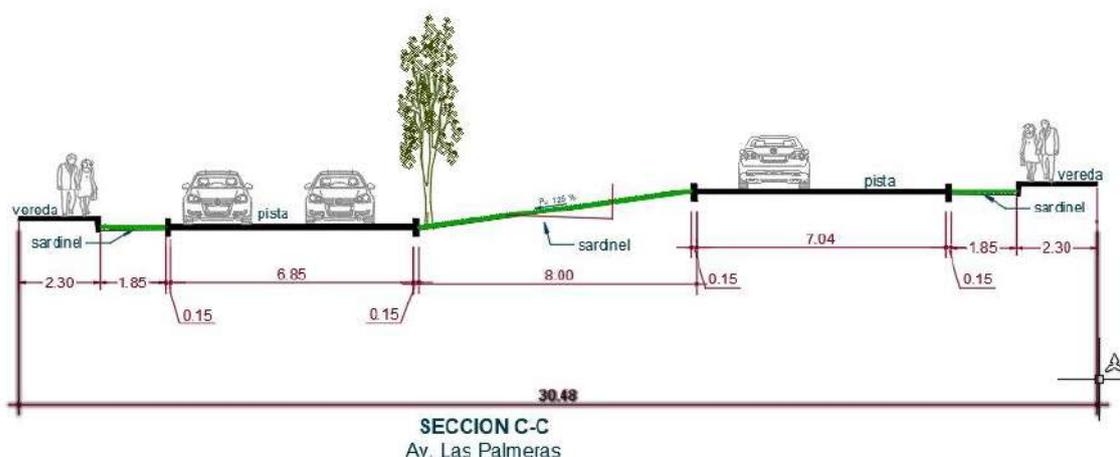


Figura 18. Sección transversal de Av. Las Palmeras en el Pje. Los Tulipanes.

Fuente: Elaboración propia.

4.2.2.1.3 Diseño. Para el diseño hidráulico de la alcantarilla, se usa la Ec. 3 que es una fórmula empírica (Reyes, 2020), que, relaciona el máximo caudal que circulará por esta, con un diámetro correspondiente. Este caudal es el obtenido del estudio hidrológico como **16.9 m³/h** que es equivalente a **0.0047 m³/s**.

$$Q_{alcantarilla} = 0.996 * \sqrt{g} * D^{5/2} \quad \text{Ec. 3}$$

Donde:

$Q_{alcantarilla}$: caudal del estudio hidrológico o caudal de diseño (m^3/s).

g : gravedad (m/s^2).

D : diámetro de alcantarilla (m).

Siguiendo el mismo procedimiento para períodos de retorno de 25 y 50 años, se obtienen los resultados mostrados en la Tabla 6.

Tabla 6. Diámetro necesario de alcantarilla con periodo de retorno de 25 y 50 años.

TUBERIAS	Tr = 50 años		Tr = 25 años	
	Q (m ³ /s)	D (m)	Q (m ³ /s)	D (m)
1	0.0047	0.08	0.00350	0.07
2	0.002350	0.06	0.00175	0.05
3	0.001567	0.05	0.00117	0.04
4	0.001175	0.04	0.00088	0.04

Fuente: Elaboración propia.

Dado que los caudales de análisis son muy bajos, los diámetros obtenidos son muy pequeños; por esto, se descarta la propuesta de una alcantarilla.

4.2.2.2 Propuesta de canaleta.

4.2.2.2.1 Ubicación de canaleta. Se propone la construcción de una canaleta transversal (ver Figura 19) a la ciclovía ubicada entre la iglesia Juan Pablo II y el pasaje Los Tulipanes como lo indica la Figura 17.



Figura 19. Canaleta en la Ciudad de Colombia.

Fuente: Estructuras Plásticas Maderplast S.A. (2020).

Para el cálculo del tirante normal de la canaleta se utiliza el *software* "Hcanales", considerando un ancho de solera de 0.2 m y un factor de rugosidad de 0.016 (ver Figura 20). Asimismo, para el caudal de análisis se utiliza el valor correspondiente al periodo de retorno de 50 años encontrado en el estudio hidrológico.



Figura 20. Cálculo del tirante normal.

Fuente: Elaboración propia.

Se propone entonces, la construcción de una canaleta de 20 cm de ancho y 10 cm de alto, con una separación de rejilla de 1cm. A pesar de que el tirante calculado para dicha sección sea casi 2 cm, se considerara para la construcción una altura de 10 cm para el caso en que arena u otros materiales ingresen a la canaleta, sedimentándose y reduciendo la sección transversal (Reyes, 2020).

La alternativa propuesta no soluciona el gran problema de inundación en la zona, solo permitirá el escurrimiento de agua a través de la ciclovía garantizando su serviciabilidad. Por lo tanto, es importante tener en cuenta para proyectos futuros la implementación de un sistema de drenaje para la Urb. Santa María del Pinar, sin embargo, este diseño no se abordará en este proyecto de investigación ya que esta fuera del alcance de este.

4.2.2.3 Verificación de altura de sardinel. Resulta necesario verificar la altura existente del sardinel central, que, ante una eventual inundación, sea capaz de evitar el ingreso del agua hacia el sardinel y con ello a la ciclovía (ver Figura 21).



Figura 21. Detalle del separador central.

Fuente: Elaboración propia.

Para tal verificación, se considera a la calzada como un canal rectangular y se analiza en dos tramos (ver Figura 22) ya que, al punto de convergencia de la cuenca, llegan dos afluentes de diferente pendiente. Por tanto, la verificación consiste en comparar el tirante de cada canal con la altura del sardinel existente.



Figura 22. Obras de drenaje, ubicación de alcantarilla.

Fuente: *Google Earth Pro* (2020).

Para el cálculo del tirante normal de los canales en análisis se utiliza el *software* "Hcanales", considerando un ancho de solera de 7.04 m y factor de rugosidad de 0.016 (ver Figura 23). Asimismo, para el caudal de análisis se utiliza los valores encontrados en el estudio Hidrológico para los periodos de retorno de 25 y 50 años.

Datos:			
Caudal (Q):	<input type="text" value="0.0034723"/>	m ³ /s	
Ancho de solera (b):	<input type="text" value="7.04"/>	m	
Talud (Z):	<input type="text" value="0"/>		
Rugosidad (n):	<input type="text" value="0.016"/>		
Pendiente (S):	<input type="text" value="0.00343"/>	m/m	

Resultados:					
Tirante normal (y):	<input type="text" value="0.0048"/>	m	Perímetro (p):	<input type="text" value="7.0495"/>	m
Area hidráulica (A):	<input type="text" value="0.0335"/>	m ²	Radio hidráulico (R):	<input type="text" value="0.0048"/>	m
Espejo de agua (T):	<input type="text" value="7.0400"/>	m	Velocidad (v):	<input type="text" value="0.1035"/>	m/s
Número de Froude (F):	<input type="text" value="0.4790"/>		Energía específica (E):	<input type="text" value="0.0053"/>	m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	<input type="text" value="Subcrítico"/>				

Calcular

Limpiar Pantalla

Imprimir

Menú Principal

Calculadora

Figura 23. Resultado de análisis hidráulico para un canal rectangular abierto.

Fuente: Elaboración propia - Hcanales.

Siguiendo el mismo procedimiento para los tramos en cuestión, se tienen los siguientes resultados:

Tabla 7. Análisis hidráulico de canal rectangular, periodo de retorno de 25 y 50 años.

	Tr = 50 años		Tr = 25 años	
	Tramo 1	Tramo 2	Tramo 1	Tramo 2
Caudal (m³/s)	0.0047025	0.0047025	0.0034723	0.0034723
Pendiente (%)	0.991	0.343	0.991	0.343
Y (m)	0.004	0.0057	0.0035	0.0048

Fuente: Elaboración propia - Hcanales.

Al realizar la comparación entre la altura del sardinel existe, de 15 cm, se puede llegar a la conclusión que el sardinel es apto para evitar cualquier rebalse de agua hacia la ciclovía.

4.3 Estudio de impacto ambiental

Este estudio tiene como finalidad determinar los efectos ambientales para proporcionar la información técnica que permita la evaluación de los impactos para proponer medidas correctivas o mitigantes que disminuyan o eliminen las alteraciones ambientales.

4.3.1 Marco normativo aplicable

Las normas más importantes que estructuran la elaboración de los EIA-d, son las que corresponden al SEIA. La Ley 27446 y su Reglamento constituyen el marco legal de aplicación obligatoria para la elaboración y evaluación de cualquier Instrumento de Gestión Ambiental. Complementariamente, el Senace ha publicado la Resolución Jefatural N° 058-2016-SENACE/J que aprueba el documento técnico normativo denominado "Medidas complementarias para la elaboración de estudios ambientales a cargo del Servicio Nacional de Certificación Ambiental para las Inversiones Sostenibles - Senace", que en conjunto formarían un marco legal general (Senace, 2016).

4.3.2 Diagnóstico ambiental

4.3.2.1 Ambiente biótico. Se distinguen las siguientes características.

- Flora: cuenta con algarrobos, césped, arbustos, y arboles jóvenes, localizados mayormente en el separador central de la avenida.
- Fauna: en su mayoría está constituida por ardillas, variedad de aves como zoña, cuervos, iguanas, entre otros.

4.3.2.2 Ambiente abiótico. Se distinguen las siguientes características.

- Clima: clima cálido con lluvias recurrentes en los meses de enero a marzo.
- Pistas: 13165.2 m² de pavimento asfáltico con calzadas de 6.8m y 7m de ancho para ida y vuelta respectivamente. Las calzadas poseen baches, fisuras longitudinales y transversales.

- Veredas: 4388.4 m² de veredas de 4.15 m de ancho hechas de concreto con un espacio para vegetación. Se encuentran a ambos lados de la avenida.
- Sardinel central: la avenida cuenta con un separador central de 8 m de ancho y bordes de concreto.

4.3.3 Etapas del proyecto

4.3.3.1 Etapa de diseño. En la etapa de diseño se han efectuado trabajos de levantamiento de información identificando las construcciones existentes y características de la zona, incluyendo la calzada presente. El estudio comprende el diseño geométrico de la ciclovía de acuerdo con la estructura ya existente.

4.3.3.2 Etapa de construcción. Se modificará la estructura existente, para ello, se utilizarán el equipo adecuado y en caso de excavación, la profundidad será variable de acuerdo con el tramo en el cual se está ejecutando el proyecto. Como resultado del proceso constructivo, se evaluará el manejo de residuos. Todos los procesos inmersos en el diseño geométrico de la ciclovía serán regulados por el Sistema Nacional de Impacto Ambiental y su reglamento.

4.3.4 Identificación de impactos

La futura implementación de una ciclovía en la Av. Las Palmeras traerá consigo diferentes impactos ambientales dentro del ámbito sociocultural, económico, ecológico y de los componentes fisicoquímicos (Ecología y Servicios S.A, 2014), dicha información se encuentra en la Tabla 8. Se considerará para el análisis el manejo de los residuos resultantes del proceso constructivo.

Tabla 8. Matriz de factores ambientales según las actividades.

		Actividades		Exploitación de canteras cercanas	Trazado y replanteo	Cortes y rellenos	Acondicionamiento de la base	Pavimentación	Manejo de residuos y botaderos	Tráfico vehicular	Semaforización	Señales luminosas	Pintado de señalética	Canaleta
		Factores ambientales												
COMPONENTES FÍSICO - QUÍMICOS	GEOMORFOLOGÍA	Topografía	x			x		x	x					x
		Estabilidad de laderas	x											
	SUELOS	Erosión y sedimentación	x					x	x					

Factores ambientales		Actividades		Explotación de canteras cercanas	Trazado y replanteo	Cortes y rellenos	Acondicionamiento de la base	Pavimentación	Manejo de residuos y botaderos	Tráfico vehicular	Semaforización	Señales luminosas	Pintado de señalética	Canaleta
COMPONENTE BIOLÓGICO - ECOLÓGICO	HIDROLOGÍA	Compactación			x	x								
		Uso del suelo						x	x					x
		Contaminación	x					x	x					
	ATMÓSFERA	Drenaje natural			x	x	x							x
		Calidad del aire	x			x			x					
		Nivel de ruido	x											
COMPONENTE SOCIAL - CULTURAL	FLORA	Vegetación	x	x	x				x					
	FAUNA	Fauna terrestre			x									
	PAISAJE	Belleza escénica			x	x	x			x	x	x	x	
COMPONENTE ECONÓMICO - OPERACIONAL	ECONOMÍA	Empleo	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	
		Salud y seguridad ocupacional			x									x
		Mejoramiento de calidad de vida									x	x	x	x
		Revalorizaciones de propiedades							x			x		x
COMPONENTE ECONÓMICO - OPERACIONAL	ECONOMÍA	Tiempo de viaje								x	x	x	x	
		Mantenimiento de vehículos												x
		Mejoramiento de economía local												

Fuente: Elaboración propia.

4.3.4.1 Componente fisicoquímico.

4.3.4.1.1 Geomorfología. Se distingue la siguiente característica.

- Topografía: la zona presenta una topografía plana. Las tareas constructivas y obras de arte a desarrollarse como alcantarillas, corte y relleno y pavimentación; modificarán levemente el relieve.

4.3.4.1.2 Suelos. Se distinguen las siguientes características.

- Erosión y sedimentación: la pavimentación de la ciclovía supone una modificación importante en el suelo por lo que se evitara la erosión en el espacio pavimentado. Por otro lado, la alcantarilla y obras de drenaje menores pueden generar la sedimentación de partículas transportadas a lo largo de la cuenca.
- Compactación: dentro de los trabajos de corte y relleno según sea la zona de trabajo.
- Uso del suelo: el uso de suelo en la zona de análisis es de uso residencial, educacional y comercial. Por lo que, la ciclovía no genera ninguna variación respecto a los usos antes mencionados. Evaluar el lugar donde se hará el botadero y manejo de residuos.
- Contaminación: en la etapa de construcción existen diversos procesos que pueden afectar el estado inicial del suelo como pavimentación, botaderos o pintado de señalización.

4.3.4.1.3 Hidrología superficial. Se distinguen las siguientes características.

- Drenaje natural: dentro de la Av. Las Palmeras se analizó las zonas propensas a inundaciones. Habiéndose identificado la zona crítica, se propone un sistema de drenaje por canaleta perpendicular a la vía para evitar la concentración de agua cerca al pasaje Los Tulipanes con el fin de facilitar el transporte por bicicleta.

4.3.4.1.1 Atmósfera. Se distinguen las siguientes características.

- Calidad del aire: se busca reducir las emisiones provocadas por el transporte motorizado. Gracias a la migración al transporte sostenible, se dejarán de emitir muchos gases contaminantes para la atmósfera que hoy en día afectan al cambio climático.
- Ruido: reducción en la emisión del ruido por parte de los vehículos ya que parte del flujo motorizado se reemplazará por el transporte en bicicleta.

Se deberá controlar el ruido generado por las máquinas y equipos correspondientes dentro de la etapa de construcción dentro del límite máximo permitido.

4.3.4.2 Componente biológico-ecológico.

En relación con el componente biológico, se busca proteger a la flora ya existente, con especial interés en los árboles tipo algarrobos.

Si bien la ciclo vía será diseñada para colocarse en el separador central donde están la mayoría de los árboles y arbustos, no se alterará en gran magnitud el paisaje.

4.3.4.3 Componente social-cultural.

4.3.4.3.1 Población. Se distinguen las siguientes características.

- Empleo: la construcción de la ciclo vía generará puestos de trabajo en las diferentes tareas.
- Salud y seguridad ocupacional: el transporte en bicicleta ayuda a prevenir enfermedades, como por ejemplo insuficiencia cardiaca, siendo una buena forma de hacer ejercicio.

Por otro lado, encuestas realizadas en la ciudad de Piura (Sevillano, 2019), el 61% de la población estaría dispuesta a utilizar la bicicleta como medio de transporte diario si se logra implementar ciclo vías.

- Mejoramiento de calidad de vida: gracias a la reducción del flujo vehicular (y con este la emisión de gases contaminantes), a la colocación de una alcantarilla para el drenaje de la zona, entre otros efectos, se pretende una mejor calidad de vida a la población.
- Revalorización de propiedades: al potenciar el uso de las ciclo vías y preservar el valor del espacio público que tiene lugar en estas áreas; se pretende revalorizar esta zona.

4.3.4.4 Componente económico.

4.3.4.4.1 Economía. Se distinguen las siguientes características.

- Tiempo de viaje: por ser una zona universitaria, se prioriza la movilización de los estudiantes que residen la zona, además de los vecinos y otros usuarios que hagan uso de esta avenida como ruta diaria.
- Mantenimiento de vehículos: las obras de drenaje menores y alcantarillado permitirán brindar una mejor serviciabilidad al usuario.

Capítulo 5

Seguridad, señalización y elementos complementarios

5.1 Zonas de protección al ciclista

Según el Manual de Diseño para el Tráfico de Bicicletas de Holanda (CROW, 2006), para diseñar una ciclovia se debe tener en consideración cinco criterios principales: seguridad, coherencia, rutas directas, comodidad y rutas atractivas. Tomando en consideración el primer criterio antes mencionado, es necesario en una ciclovia el uso de elementos de seguridad, ubicados tanto en los bordes de la ciclovia, como en las intersecciones.

Las propuestas a evaluar se encuentran localizadas tanto en el separador central de la avenida, como en la calzada, por lo que la zona donde habrá conflictos con motorizados para una propuesta será en las intersecciones y para otra en toda su extensión.

5.1.1 Elementos de segregación de ciclovia

La segregación de la ciclovia en el carril central beneficia a los ciclistas, pues es un espacio exclusivo para la circulación de la bicicleta. En toda la longitud del separador central se encuentran elementos de segregación ya existentes, como lo son los sardineles, árboles y espacios verdes. Para el caso de un ciclocarril se ve conveniente la implementación de espacios de segregación.

5.1.1.1 Áreas verdes. La tierra, vegetación y arbolado existente en la franja central separadora de la avenida Las Palmeras cumple el rol de separación, evitando conflictos entre ciclistas y motorizados estacionados de forma paralela en las vías adyacentes.

Para este caso, las ciclovias deben separarse de los estacionamientos mediante un espacio de aislamiento o elementos de segregación (por ejemplo: berma, jardín, etc.) de un ancho mínimo de 0,80 m (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2011) como se muestra en la Figura 24.



Figura 24. Ejemplo de ciclovía con estacionamiento paralelo.

Fuente: Municipalidad de Lima (2005).

La vegetación existente en el separador central debe promover la seguridad del ciclista, brindando un buen ángulo de visibilidad y suficiente espacio para la construcción de la ciclovía. Las distancias de los obstáculos laterales discontinuos, como postes o árboles a los laterales más próximos de la ciclovía, deberán ser como mínimo de 0.75 m (Municipalidad de Lima, 2005). Esta consideración limita el área destinada a la ciclovía, siendo inevitable en algunos tramos la tala o traslado de árboles que impiden la construcción de una ciclovía segura. Así mismo, las plantas ubicadas en los bordes de la infraestructura ciclista deberán ser podadas, para asegurar que no obstruyan el paso y la visibilidad (ver Figura 25).

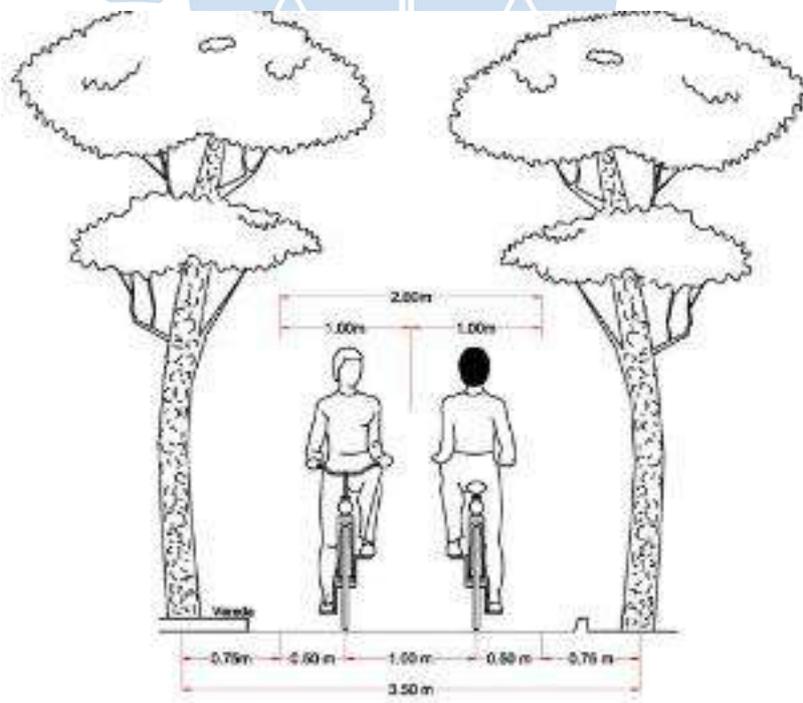


Figura 25. Distancia de obstáculos laterales a ciclovía

Fuente: Municipalidad de Lima (2005).

5.1.1.2 Sardineles

El sardinel es utilizado como elemento segregador que limita la calzada de la vía, en el caso de ser sardineles exteriores, mientras que los interiores alertan al ciclista los límites del espacio de la vía para bicicletas.

Para la propuesta 1, se plantea la construcción de un sardinel interior de concreto de 10 cm. de alto y 15 cm. de ancho que se ubicará alrededor de la plataforma de bicicletas. Mientras que el sardinel exterior que se usará será el ya existente en la avenida.

En el caso de la propuesta 2 perdurarán los sardineles existentes que actualmente son utilizados como jardineras, y servirán como elemento separador de la vereda.

5.1.1.3 Postes delimitadores rebatibles.

En la propuesta 1 los ciclistas presentan mayor vulnerabilidad en las intersecciones, pues los vehículos motorizados pueden invadir la ciclovía en el volteo, además los triciclos y motos lineales pueden ocupar la vía. Es por ello por lo que se ve conveniente establecer postes delimitadores rebatibles de polietileno de 0.90 m. de altura, con cintas reflectivas en la parte superior. Se ubicará un poste en la separación de los carriles de la ciclovía, antes de una intersección, tal como se aprecia en la Figura 26.



Figura 26. Ciclovía bidireccional con poste delimitador en intersección.

Fuente: Municipalidad de Lima (2017a).

5.1.1.4 Espacio de delimitación de calzada. Debe existir un espacio libre de 0,60 m. de ancho mínimo que servirá como resguardo de los motorizados. Estará conformado por un espacio de tachones entre dos franjas pintadas de blanco, de ancho 0,10 m, tal como se muestra en la Figura 27.

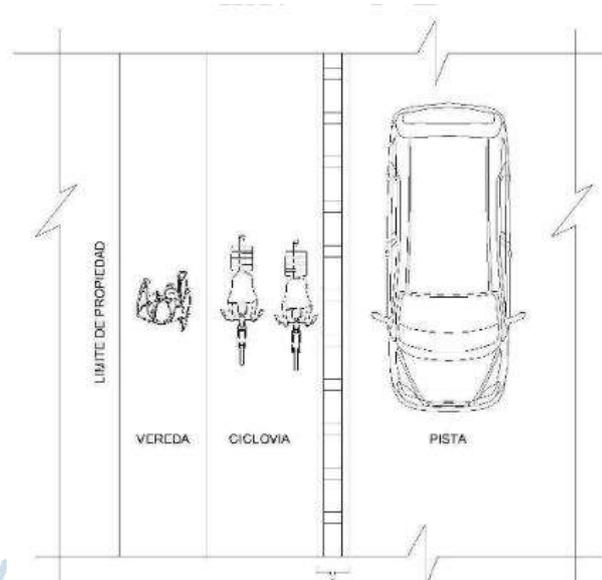


Figura 27. Elemento de segregación.

Fuente: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2011).

5.1.2 Elementos de intersecciones viales

Las intersecciones viales son el punto de encuentro de los peatones, ciclistas y vehículos motorizados. Es por ello por lo que se debe tener especial cuidado en el diseño de estas, a fin de garantizar la seguridad de los usuarios y evitar conflictos.

El campo de visión de los ciclistas en una intersección es fundamental, pues sirve para advertir de la proximidad de un automóvil. Este espacio de 20 a 30 m. debe estar despejado de cualquier elemento que obstruya la visión de quienes transcurren por una vía y de los que se incorporan o la cruzan (Municipalidad de Lima, 2017a).

Los elementos por utilizar en ambas propuestas son señalizaciones horizontales. Para la propuesta 1 se plantea que en los 30 m. iniciales que empiezan en la puerta de acceso a la Universidad de Piura se señalice la ciclovia como un ciclocarril, de 1.4 m. de ancho y 0.6 m. de espacio de segregación, ubicado entre la calzada y las veredas peatonales. Esta se unirá a la ciclovia bidireccional ubicada en el separador central en el cruce de la avenida Las Palmeras con la calle Las Chavelas. La finalidad de este diseño es unir el tránsito ciclista al acceso de la Universidad, pues esta institución se proyecta a ser la principal atracción de ciclistas de la zona.

Se considera a las calles transversales a la avenida como una ciclovía compartida por los vehículos motorizados y las bicicletas, pues las velocidades de tránsito son inferiores a 30 km/h.

5.2 Infraestructura complementaria

Una buena ciclo-infraestructura considera el diseño de aspectos complementarios, que contribuyan a la comodidad de los usuarios.

5.2.1 Estacionamiento de bicicletas

Un buen diseño del ciclo parqueadero y su correcta localización e implantación en el espacio dispuesto, genera confianza en el usuario y por tanto garantiza mayores niveles de uso (Municipalidad de Lima, 2017a).

Las características que un estacionamiento de bicicletas debe tener son los siguientes: ubicación cercana a destinos usuales, diseño simple, resistente al vandalismo, dimensiones que permita el anclaje de bicicleta, secuencial y de accesibilidad cómoda.

Para ambas propuestas, en el largo de la ciclovía se colocarán 2 estacionamientos de bicicletas de acero del tipo U invertido. Estarán ubicadas frente a zonas atrayentes de viajes, como lo son el Hipermercado Metro y el colegio Montessori. El detalle de las dimensiones y espaciamentos se encuentran en la figura 28.

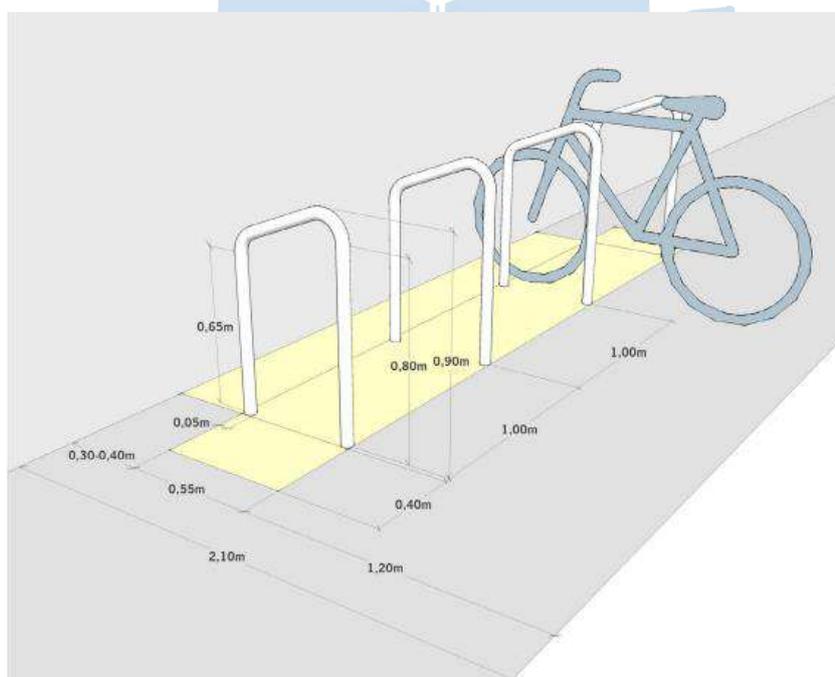


Figura 28. Especificaciones de estacionamiento de bicicletas de tipo U invertida.

Fuente: Ministerio de Transporte de Colombia (2016).

5.2.2 Rampas

Las ciclovías deberán tener continuidad en las cabeceras o martillos (mediante rampas u otras soluciones que el profesional responsable considere) priorizando el desplazamiento del peatón (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2014), además para todas las intersecciones de la propuesta 1 se colocarán rampas de acceso en las zonas laterales del separador central, con la finalidad de servir de paso peatonal para usuarios con movilidad reducida. La pendiente de la rampa no será mayor al 12% y el ancho mínimo libre será de 0.90m (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2011).

En la Figura 29 se muestra un ejemplo de rampas peatonales de 90 cm. de ancho ubicadas en los laterales y una rampa de bicicletas de ancho igual a la ciclovía.

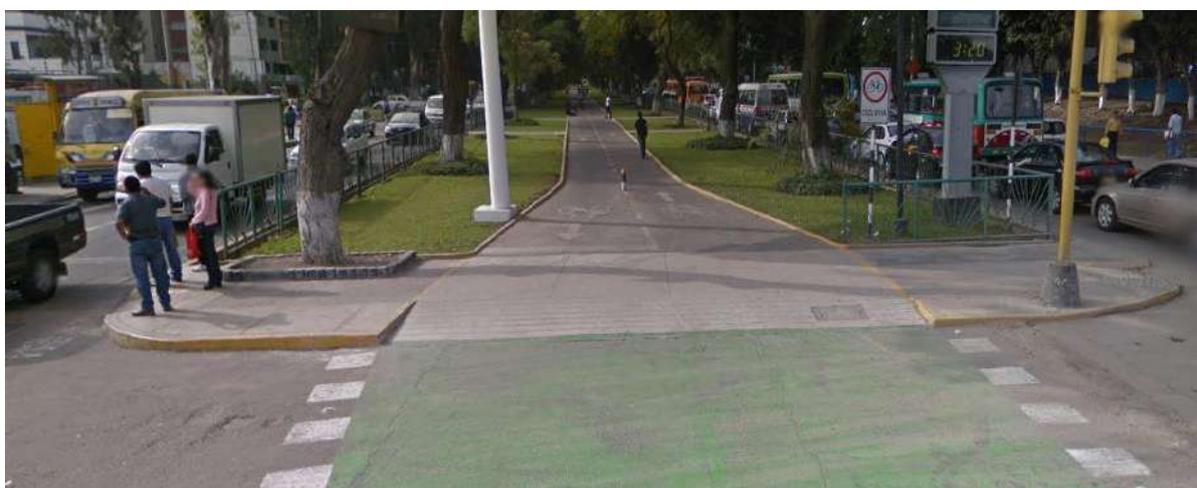


Figura 29. Intersección de ciclovía en avenida Salaverry de la ciudad de Lima, Perú.

Fuente: *Google Maps* (2020).

5.3 Dispositivos de control del tránsito

El sistema de dispositivos de control de tránsito es de importancia para mejorar la seguridad de los usuarios de una vía, comprende las señales, marcas, semáforos que tienen la función de recordar la reglamentación que gobierna una vía. Toda ciclovía debe contar con dispositivos de control de tránsito, así como con señalización horizontal y vertical a fin de garantizar la seguridad y salud de los peatones y del ciclista (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2014).

5.3.1 Señalización

Los elementos de señalización a utilizar en el diseño de la ciclovía están definidos y especificados en el Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras, actualizado en 2016 por el Ministerio de Transporte y Comunicaciones del Perú.

Toda señalización debe ser clara, completamente demarcada y con diseños entendibles.

5.3.1.1 Señalización horizontal

El propósito de la señalización horizontal en la infraestructura ciclovial es definir los espacios de circulación para los ciclistas e indicar a los usuarios el sentido de circulación, la ruta a seguir en las intersecciones y los puntos o espacios de detención (Municipalidad de Lima, 2017a).

5.3.1.1.1 Color. Para demarcar espacios en la vía reservados para ciclistas, los pasos ciclistas en intersecciones se pintarán de un color rojo contrastante, de fácil identificación para que el ciclista logre conectar la ruta, tal como muestra la Figura 30.

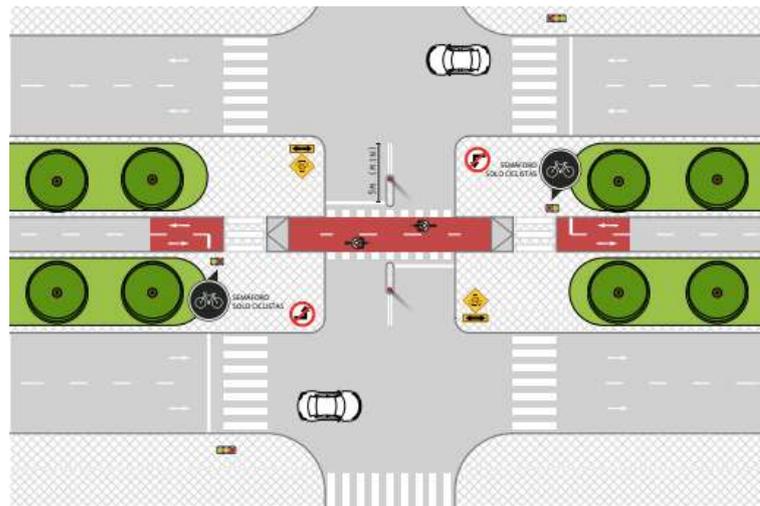


Figura 30. Intersección de ciclovía bidireccional.

Fuente: Municipalidad de Lima (2017a).

5.3.1.1.2 Marcas. La señal más importante para la demarcación de infraestructura ciclovial es el pictograma de la bicicleta. Su forma y dimensiones se detallan en la Figura 31.

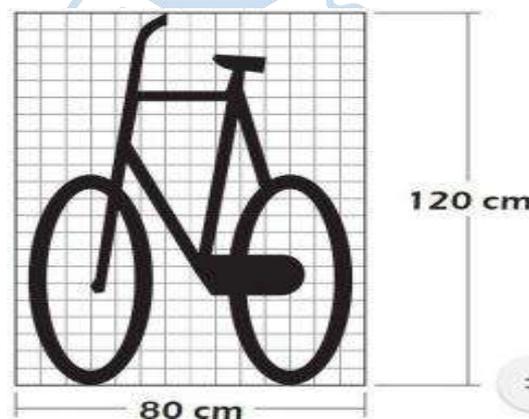


Figura 31. Dimensiones señal de bicicleta.

Fuente: Municipalidad de Lima (2017a).

Esta señal se demarca en el pavimento con pintura blanca y se ubican principalmente en las esquinas, al inicio y final, en el sentido de circulación de las bicicletas y se acompaña de la flecha que también indica la dirección del flujo, como se muestra en la Figura 32.

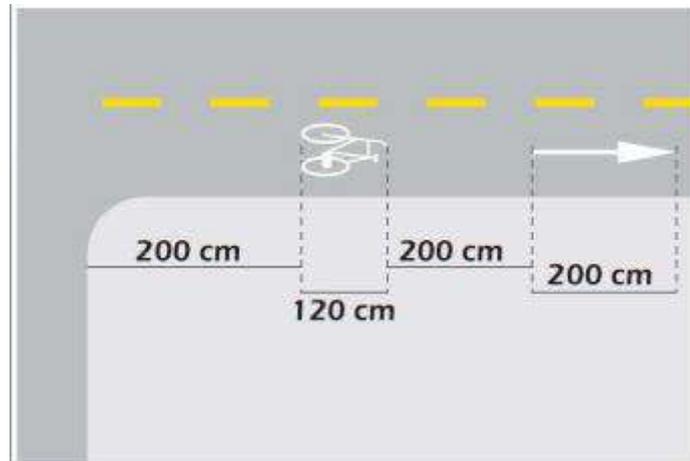


Figura 32. Señal de bicicleta acompañado con flecha que indica sentido de circulación.

Fuente: Municipalidad de Lima (2017a).

Otra demarcación necesaria en una ciclovía son las flechas, que indican tanto el sentido de circulación como las maniobras de conexión a otras vías. Van en color blanco y sus dimensiones se detallan en la Figura 33.

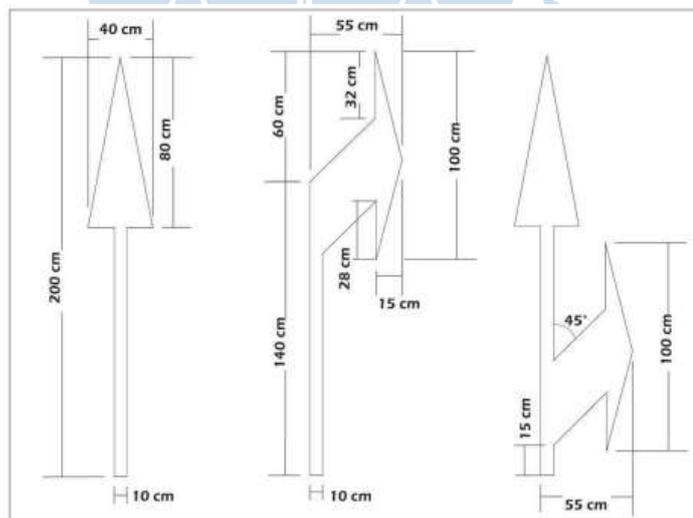


Figura 33. Dimensiones de flechas.

Fuente: Municipalidad de Lima (2017a).

En adición a las marcas antes mencionadas, para la propuesta 1 se utilizarán líneas longitudinales continuas paralelas al sentido de circulación, de 0.10 m. de ancho en pintura reflectiva en color amarillo; para carriles de bicicletas con acceso prohibido desde otros carriles.

Las líneas de eje central se utilizan para marcar la separación de los carriles para bicicletas. El ancho mínimo de la línea debe ser 10 cm y serán amarillas por el sentido bidireccional de la ciclovía.

Es continua cuando las características del entorno impiden adelantar o girar, como en la donde hay curvas horizontales, tal como se muestra en la Figura 34.

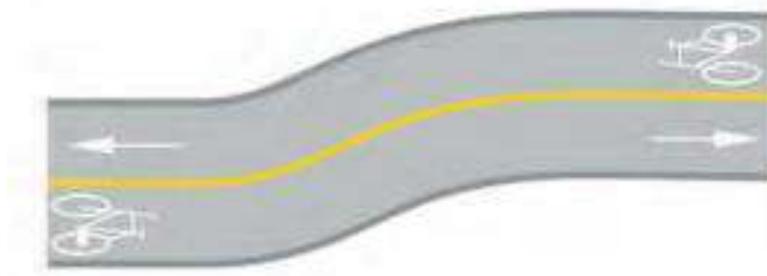


Figura 34. Línea continua de eje central para carril bidireccional.

Fuente: Ministerio de Transporte de Colombia (2016).

Es segmentada cuando el adelantamiento y giros son permitidos. La relación trazo y brecha es de 1:2, siendo la longitud de los trazos de 1 m. y de la brecha entre trazos de 2 m, tal como se muestra en la Figura 35.



Figura 35. Línea discontinua de eje central para carril bidireccional.

Fuente: Ministerio de Transporte de Colombia (2016).

En la zona cercana a una intersección se demarca con una línea continua que empieza 30 m. antes de la línea de parada, compuesta por una línea blanca transversal y las marcas de bicicleta y flecha en el sentido de circulación, detallado en la Figura 36.



Figura 36. Intersección vía bidireccional.

Fuente: Municipalidad de Lima (2017a).

En zonas de cruces sin semáforo con vías ciclistas conviene colorear el fondo del paso ciclista en rojo, a su vez estará delimitado con líneas segmentadas, constituidas por cuadrados blancos de 50 cm de lado y separados también por brechas de 50 cm. como la Figura 37.

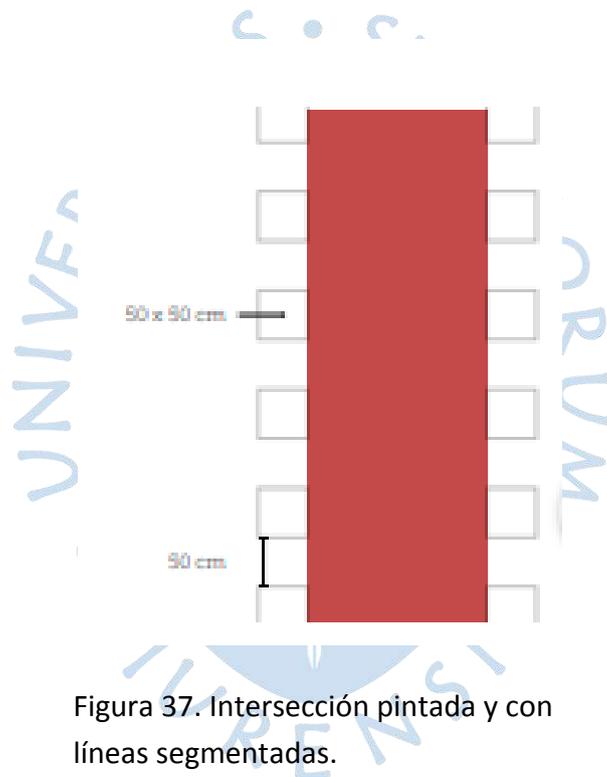


Figura 37. Intersección pintada y con líneas segmentadas.

Fuente: Municipalidad de Lima (2017a).

5.3.1.2 Señalización vertical

Las señales verticales deben estar ubicadas a una distancia entre 30 a 200 cm. del lateral de la ciclovía y serán ubicados a una altura de 160 a 220 cm. respecto a la calzada de la ciclovía.

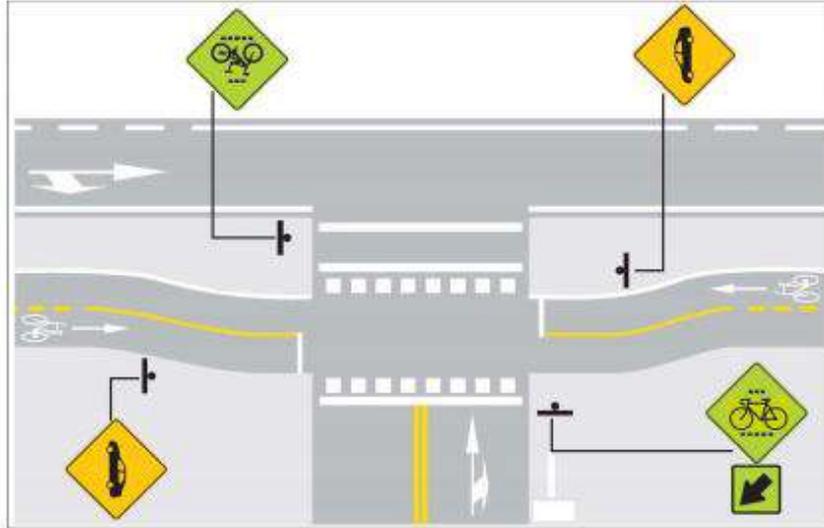


Figura 38. Señalización vertical en una intersección.

Fuente: Ministerio de Transporte de Colombia (2016).

Las señales de reglamentación a utilizar en las propuestas son la señal de pare, de forma octogonal, que se colocará al borde de la ciclovia, como mínimo a 2m. del inicio de la intersección. La señal de la Figura 39 indicará al ciclista que debe detener la bicicleta por la existencia de un cruce de peatones.



Figura 39. Señal de PARE.

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2016a).

La señal de la Figura 40 indica la velocidad máxima de circulación de bicicletas en la ciclovia.



Figura 40. Señal velocidad máxima permitida.

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2016a).

La señal de la Figura 41 se emplea para advertir a los motorizados sobre la existencia de una vía exclusiva para el tránsito de bicicletas.



Figura 41. Señal ciclovía.

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2016a).

Dentro de las señales preventivas a utilizar en las propuestas se usará la señal preventiva de la Figura 42 para advertir al motorizado de la proximidad de un cruce ciclista. Se ubicarán en cada intersección, en los laterales del separador central.



Figura 42. Señal cruce de ciclovía.

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2016a).

Por último, las señales informativas a utilizar son las detalladas en la Figura 43, estas se ubicarán en lugares adecuados para su función.

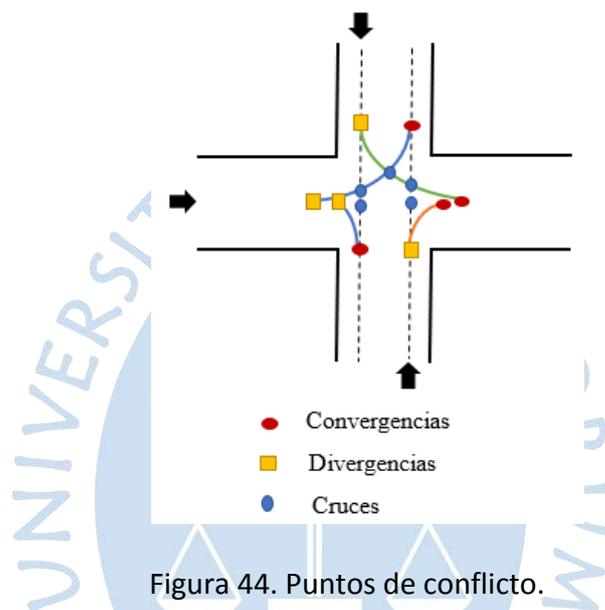


Figura 43. Señales informativas para utilizar en proyecto de ciclovía.

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2016a).

5.3.2 Semáforos

Para poder hablar de semáforos se hace necesario definir que es una intersección, la cual conforme al MTC 2018, es aquella área compartida por dos o más carreteras o vías férreas, esta permite el cambio de dirección en la trayectoria de los vehículos. Para el diseño de estas se debe un mínimo de puntos de conflicto, los mismos que pueden ser de: convergencia (cuando dos trayectorias se unen), divergencia (cuando una trayectoria se separa en dos) y cruce (cuando dos trayectorias ocupan un mismo espacio en tiempos distintos); ver Figura 44.



Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, el MTC 2018, clasifica a las intersecciones en dos tipos: las intersecciones a nivel (elementos de discontinuidad, en las que los puntos de conflictos son poco usuales) y las intersecciones a desnivel (aquellas que une carreteras de distinto nivel, la que busca incrementar el nivel de servicio de la intersección).

La Secretaría de Transportes y Comunicaciones en su Manual de Señalización Vial y Dispositivos de Seguridad – 2014, brinda los fundamentos siguientes acerca de los semáforos:

Los semáforos son equipos electrónicos utilizados para eliminar los conflictos existentes, por medio de un ordenamiento del tránsito vehicular y peatonal; cuyo principio está basado en la restricción del flujo en una dirección para permitir el paso en la otra.

Los semáforos de acuerdo con su mecanismo de operación de sus controles, se clasifica en:

- Semáforos no accionados por el tránsito: semáforos con control de tiempo fijo o prefijado.

- Semáforos accionados por el tránsito: semáforos que basa su funcionamiento acorde a los que indican los dispositivos de detección.
- Semáforos para pasos peatonales y semáforos especiales: como el usado para indicar aproximación de trenes.
- Semáforos para peatones.
- Semáforos especiales.

5.3.2.1 Requisitos para instalar un semáforo

5.3.2.1.1 Volumen mínimo vehicular. De un día representativo de 8 horas, se deberá colocar un semáforo si en cada una de estas horas se exceden los valores mínimos indicados en la Tabla 9. Además, se debe reducir el volumen mínimo al 70% del indicado en la tabla, si se cumple cualquiera de las siguientes condiciones:

- El 85% del tránsito en la calle principal tiene una velocidad mayor a 60 km/h.
- La zona de la intersección es aislada y contiene 10000 habitantes o menos.

Tabla 9. Volúmenes vehiculares mínimos.

Número de carriles de circulación por acceso		Vehículos por hora en la calle principal (total en ambos accesos)	Vehículos por hora en el acceso de mayor volumen de la calle secundaria (un solo sentido)
Calle principal	Calle secundaria		
1	1	500	150
2 o más	1	600	150
2 o más	2 o más	600	200
1	2 o más	500	200

Fuente: Secretaría de Comunicaciones y Transportes (2014).

5.3.2.1.2 Volumen mínimo de peatones. Durante cada hora de las 8 horas de un día representativo, se deberá colocar semáforo si se verifica, en la calle principal, cualquiera de las siguientes condiciones:

- Si el total (suma de los dos accesos) de vehículos que entran a la intersección es 600 o más veh/h.
- Si a la calle principal entran 1000 o más veh/h.
- Se tenga 250 p/h y 800 veh/h en cada una de dos horas representativas.

En zonas escolares, se recomienda poner semáforo si se verifica que las vías principales tengan velocidades mayores a 50 km/h y no existan puentes peatonales.

En vías urbanas con permanente afluencia peatonal (centros educativos, centros comerciales, etc.): el Mgtr. Ing. Araujo (2020) recomienda poner semáforo si en la hora pico uno de los cruces peatonales supera los 250 p/h.

Algunos casos cualitativos en los que se requiere semáforo, existencia de alto volumen peatonal, son los siguientes:

- Fase exclusiva: aquella en la que se detiene todo movimiento vehicular conflictivo para dar lugar al desplazamiento peatonal en una o más direcciones.
- Intervalo libre: aquel requerido por algún flujo peatonal para reducir los puntos de conflicto.
- Zona de seguridad durante un intervalo: caso donde se permite a los peatones cruzar en dos intervalos, por ejemplo: primero pasa a un separador y luego en otro intervalo culmina su recorrido.
- Existencia de vehículos pesados: la existencia de vehículos pesados que dan vuelta demanda una fase semi-exclusiva, para reducir los puntos de conflicto con los peatones y a la vez salvaguardarlos.
- Fase de verde demasiado corta: se da cuando el tiempo de cruce de peatones es mayor al verde de los vehículos, generando puntos de conflictos. Un rango recomendado para la dimensión mínima del intervalo verde de los vehículos es de 6 a 10 segundos (Valencia, 2000).
- Incremento del tiempo de ciclo: cuando el verde de vehículos es muy largo en el caso de que solo se tenga semáforos vehiculares, los mismos que son guía para los peatones, puede llevar a confundir a los peatones y con ello generar siniestros.

5.3.2.1.3 Interrupción de tránsito continuo. De un día representativo de 8 horas, se deberá colocar un semáforo si en cada una de estas horas se exceden los valores mínimos indicados en la Tabla 10.

Tabla 10. Volúmenes vehiculares mínimos.

Número de carriles de circulación por acceso		Vehículos por hora en la calle principal (total en ambos accesos)	Vehículos por hora en el acceso de mayor volumen de la calle secundaria (un solo sentido)
Calle principal	Calle secundaria		
1	1	750	75
2 o más	1	900	75

Número de carriles de circulación por acceso		Vehículos por hora en la calle principal (total en ambos accesos)	Vehículos por hora en el acceso de mayor volumen de la calle secundaria (un solo sentido)
Calle principal	Calle secundaria		
2 o más	2 o más	900	100
1	2 o más	750	100

Fuente: Secretaría de Comunicaciones y Transportes (2014).



Capítulo 6

Diseño del ciclo para semáforos de tiempo fijo

En 1994, Reyes Spíndola & Cárdenas Grisales indican que los términos básicos que facilitaran la comprensión de la distribución de tiempos del semáforo de tiempo fijo, usado para el control de una intersección, son los siguientes:

- Ciclo: tiempo para una secuencia completa de las señales proporcionadas por el semáforo.
- Intervalo: son las divisiones del ciclo, en las que las señales permanecen constantes.
- Fase: es una parte del ciclo que se asigna a determinada cantidad de señales.
- Intervalo de todo rojo (TR): es aquel en la que se muestra la señal roja para todo el tránsito, como medida de seguridad adicional, pues da más tiempo de despeje. Puede ser usado para dar fase exclusiva para peatones.
- Intervalo de despeje (I) o entre verdes: es el intervalo entre el fin del verde de una fase y el inicio del verde de la siguiente fase. Este se determina con la Ec. 4.

$$I_{min} = \left(tr + \frac{V_o}{2fi \times g} \right) + \left(\frac{w + L}{V_o} \right) = A + TR \quad \text{Ec. 4}$$

Donde:

tr: tiempo de percepción y reacción (s), 1 s.

Vo: velocidad de diseño (km/h).

fi: coeficiente de rozamiento, ver Tabla 11.

g: gravedad (m/s²), 9.81 m/s².

w: ancho a cruzar (m).

L: longitud de vehículo de diseño (m).

A: ámbar (s).

TR: todo rojo (s).

Tabla 11. Coeficientes de fricción.

Velocidad del proyecto (km/h)	Coefficiente de fricción (fi)
30	0.4
40	0.38
50	0.36
60	0.34
70	0.325
80	0.31
90	0.305
100	0.3
110	0.295

Fuente: Cal, R. ; Reyes, M (1994).

- Unidad vehicular equivalente (UVE): término usado para llevar y/o convertir la diversidad de vehículos al vehículo de diseño; además se utiliza para realizar esta misma conversión, pero de los giros presentes en el tránsito estudiado. Este suele variar de acuerdo con la zona de estudio, pues no en todos los lugares existen los mismos vehículos y con las mismas características; para el caso de la ciudad de Piura, distrito, provincia y región de Piura; se utilizarán los valores otorgados en el estudio de tráfico proporcionado por la Municipalidad de Piura, sin embargo para los UVE correspondientes a tipos de movimientos se utilizarán las UVE obtenidas por el Dr. Navin, en el estudio de transporte en la ciudad de Piura, 1994; ver Tabla 12.
- Vehículo de diseño: es aquel vehículo usado para el diseño, el cual deberá representar al tránsito de la zona estudiada. Este vehículo deberá tener dimensiones y radio mínimo de giro mayor a la mayoría del tránsito.
- Volumen de tránsito: frecuencia de vehículos que pasan por una sección en un intervalo de tiempo determinado.

Tabla 12. Valores de UVE - Piura

FACTOR VEHICULO O UVE	
Motolineal	0.30
Mototaxi	0.50
Auto	1.00
Pickup	1.50
Combi rural	1.50
Micro	2.00
Bus	2.00
Camión	3.00
Semitrayler	4.00
Trayler	4.00

FACTOR VEHICULO O UVE	
De frente	1
Giro a la derecha	1.1
Giro a la izquierda protegido	1.1
Giro a la izquierda permitido	1.5

Fuente: Municipalidad de Piura (2020) & Dr. Navin (1994)

6.1 Tránsito

6.1.1 Caracterización del tránsito

El estudio de tráfico permite conocer la demanda presente en los tramos viales que son elemento de estudio, además de su clasificación vehicular; los mismos que son necesarios para el diseño de intersecciones. De estas dos características el MTC 2018 hace las siguientes precisiones:

En el conteo en campo, lo más adecuado es hacer un conteo en campo de 7 días completos, sin embargo; para simplificar el trabajo propone un conteo de 3 días (2 días laborales y 1 no laborable, de este segundo se prefiere el sábado, debido a que los domingos las personas lo suelen utilizar para compartir en familia, por lo tanto tienden a quedarse en casa, resultando un conteo menor al del sábado); una tercera opción que da el manual es hacer un conteo de 2 días, siempre que ya se tenga datos previos y se requiera validarlos.

La clasificación de vehículos, en concordancia con el Reglamento Nacional de Vehículos, los vehículos se clasifican en:

- Vehículos ligeros, contando con las siguientes categorías:
 - ✓ Categoría L: vehículos automotores que cuentan con menos de 4 ruedas, como: moto taxi, moto lineal, etc.
 - ✓ Categoría M1: vehículos automotores con 4 ruedas, con uso de transporte de pasajeros. Además, tiene 8 asientos máximo, sin contar el asiento de la persona que va al volante.
- Vehículos pesados, los que tienen las siguientes categorías:
 - ✓ Categoría M, excepto M1: vehículos con un mínimo de 4 ruedas y usados para transporte de pasajeros. Por ejemplo: combi rural, buses, etc.
 - ✓ Categoría N: automotores que tienen mínimo 4 ruedas, cuya función es el transporte de mercancías. Por ejemplo: tráiler, camionetas, etc.
 - ✓ Categoría O: hace referencia a los remolques y semirremolques.
 - ✓ Categoría S: vehículos especiales, que resulta de combinar las categorías M, N y O. Por ejemplo: ambulancias, porta tropas, etc.

6.1.2 Volumen de tránsito

Según el HCM 2010 el volumen horario de diseño (VHD) o flujo máximo, es aquel determinado a partir del volumen horario de máxima demanda (aquel volumen máximo correspondiente a la hora más cargada del estudio tráfico) y sus respectivos factores de hora punta; estos últimos serán determinados para cada intervalo de 15 minutos de la hora más cargada, siendo necesario tener datos de hasta 45 minutos después de esta pues cada factor toma volúmenes de 1 hora a partir del inicio de dicho subintervalo de 15 minutos. El VHD se determina con la Ec. 5 y el factor de hora punta con la Ec. 6.

$$VHD = \frac{VHMD}{FHP} \quad \text{Ec. 5}$$

Donde:

VHD: Volumen horario de diseño (veh/h).

VHMD: Volumen horario de máxima demanda (veh/h).

FHP: Factor de hora punta.

$$FHP = \frac{V}{4 \times V_{15}} \quad \text{Ec. 6}$$

Donde:

FHP: Factor de hora punta.

V= Volumen horario (veh/h).

V15= Volumen durante 15 min analizados del VHMD (veh/15min).

6.1.3 Año horizonte de diseño

Los diseños viales se basan en el soporte que debe proporcionar la infraestructura al volumen de tráfico probable que se pueda generar durante su vida útil, sin embargo, como los parámetros que influyen en el establecimiento de la vida útil tienen cierta complejidad, el MTC 2018 recomienda un período de diseño de 20 años. Además de ello recomienda utilizar la Ec. 7 para determinar el volumen de tránsito futuro.

$$P_f = P_o(1 + T_c)^n \quad \text{Ec. 7}$$

Donde:

Pf: Tránsito en el año n.

Po: Tránsito en el año base.

Tc: Tasa de crecimiento anual por tipo de vehículo.

n: Año a estimarse, en años.

Se hace la salvedad que para vehículos ligeros se utiliza la tasa de crecimiento de la población y para vehículos pesados se utiliza la tasa de crecimiento de la economía; los cuales son proporcionados por la OPMI (Oficina de Programación Multianual de Inversiones), que para la actualidad se tienen los valores mostrados, en el Anexo 1: Tasa de crecimiento anual de vehículos).

6.2 Ciclo óptimo y flujo de saturación

De diversos ensayos de tránsito F. V. Webster, determinó que la mínima demora de todos los vehículos en una intersección con semáforos es determinada por la Ec. 8.

$$C_o = \frac{1.5L + 5}{1 - \sum_{i=1}^{\phi} Y_i} \quad \text{Ec. 8}$$

Donde:

C_o: Longitud del ciclo (s).

L: Sumatoria de los tiempos perdidos por fase (s), 5 s/fase.

Y_i: Volumen crítico de la fase, entre su flujo de saturación.

Para el ciclo óptimo se requiere conocer el flujo de saturación correspondiente los accesos de estudio. Por este motivo el HCM 2010 plantea utilizar la Ec. 9.

$$S = S_o \times N \times f_w \times f_{HV} \times f_g \times f_p \times f_{bb} \times f_{LU} \times f_{LT} \times f_{RT} \times f_{Lpb} \times f_{Rpb} \quad \text{Ec. 9}$$

Donde:

S: Flujo de saturación.

S_o: Flujo de saturación ideal.

N: Número de carriles del grupo de carriles.

f_w: Factor de ajuste por ancho de carriles.

f_{HV}: Factor de ajuste por vehículos pesados.

f_g: Factor de ajuste por pendiente de acceso.

f_p: Factor de ajuste por estacionamientos adyacentes al grupo de carriles.

f_{bb}: Factor de ajuste por bloqueo de buses que paran cerca de la intersección.

f_a: Factor de ajuste por tipo de área.

f_{LU}: Factor de ajuste por utilización de carriles.

f_{LT}: Factor de ajuste por giros a la izquierda.

f_{RT}: Factor de ajuste por giros a la derecha.

f_{Lpb}: Factor de ajuste por peatones y bicicletas para giros a la izquierda.

f_{Rpb}: Factor de ajuste por peatones y bicicletas para giros a la derecha.

Para la determinación de cada uno de los parámetros se utilizará lo indicado en la Tabla 13.

Tabla 13. Factores de ajuste del flujo de saturación.

Factor	Ecuación	Variables	Descripción
Flujo ideal	1900 veh/h	Considera carriles de 3.6 m, pendiente 0%, sin estacionamientos ni giros, mismo tipo de vehículos, etc.	
Ancho de carril	$w < 3.0, f_w = 0.96$ $3.0 \leq w < 3.9, f_w = 1.00$ $w > 3.9, f_w = 1.04$	w: ancho de carril (m)	$w \geq 2.4$ Si $w > 4.8$, considerar 2 carriles
Vehículos pesados	$f_{LT} = \frac{1}{100 + P_{HV}(E_T - 1)}$	P _{HV} : % de vehículos pesados del grupo de carriles	E _T : 2 vehículos equivalentes/P _{HV}
Pendiente	$f_g = 1 - \frac{P_g}{200}$	P _g : pendiente en el acceso o grupo de carriles (%)	-6 ≤ % G ≤ 10 Negativo para cuesta abajo
Bloqueo de buses	$f_{bb} = \frac{N - 0.1 - \frac{18N_b}{3600}}{N} \geq 0.05$	N: número de carriles por grupo N _b : número de buses que se detienen/h	$0 \leq N_b \leq 250$ $f_{bb} \geq 0.050$ f_{bb} : 1, sin buses
Estacionamientos adyacentes	$f_p = \frac{N - 0.1 - \frac{18N_m}{3600}}{N} \geq 0.05$	N: número de carriles por grupo N _m : número de maniobras de parqueo/h	$0 \leq N_m \leq 180$ $f_p \geq 0.050$ f_p : 1, sin parqueos
Tipo de área	$f_a = 0.9$, en CBDs $f_a = 1$, en otras áreas	CBDs: Centro de negocios	
Utilización de carril	f_{LU} : 1, para grupos con carril exclusivo f_{LU} : 1, para grupos con carril compartido		

Factor	Ecuación	Variables	Descripción
Giros izquierdos	$f_{LT} = \frac{1}{E_L}$	E_L : número equivalente de giros a la izquierda	Consultar HCM 2010, capítulo 31
Giros derechos	$f_{LT} = \frac{1}{E_R}$	E_R : número equivalente de giros a la derecha	Consultar HCM 2010, capítulo 31
Bloqueo por peatones y bicicletas	a. f_{Lpb} o $f_{Rpb} = A_{pbT}$ b. f_{Lpb} o $f_{Rpb} = 1$	a. Si hay conflicto de vehículos con peatón/ciclista: • $A_{pbT} = 1 - Occr$, si carriles receptores \leq carriles que giran. $A_{pbT} = 1 - 0.6Occr$, si carriles receptores $>$ carriles que giran. b. No hay conflicto de vehículos con peatón/ciclista	$Occr$ es aquel considera la zona de conflicto en la fase verde, para detalle de cálculo consultar HCM 2010, capítulo 31

Fuente: *Transportation Reserch Board of the National Academies* (2010).

Algunas consideraciones que se debe tomar en cuenta en la determinación de los factores de ajuste son los siguientes:

- En el factor de ajuste de estacionamiento adyacentes: en caso no se cuente con el número de maniobras/h (Nm), la *Indonesian Highway Capacity Manual* recomienda utilizar la Ec. 10.

$$f_p = \frac{\frac{L_p}{3} - \frac{(w_A - 2) \times \left(\frac{L_p}{3} - g\right)}{w_A}}{g} \quad \text{Ec. 10}$$

Donde:

L_p : Distancia entre la línea de parada y el primer estacionamiento (m).

w_A : Ancho del acceso (m).

g : Tiempo de verde efectivo del acceso (s).

- En el factor de giros izquierdos: el número equivalente de giros izquierda E_L , se determinará interpolando de acuerdo con la Tabla 14 y la Tabla 15.

Tabla 14. Número equivalente de giros izquierda E_L 1/2.

Tipo de Carril	E_L	f_{LT}
	ADE para vehículos de	
Giros a la izquierda con fase protegida o sin oposición		
Un carril exclusivo o compartido	1.05	0.95
Dos o más carriles exclusivos o compartidos	1.09	0.95
Calles de un solo sentido o intersecciones en T		
Un carril exclusivo o compartido	1.18	0.85
Dos o más carriles exclusivos o compartidos	1.33	0.75

Fuente: *Transportation Research Board of the National Academies* (2010).

Tabla 15. Número equivalente de giros izquierda E_L 2/2.

Giros a la izquierda carril compartido con presencia de flujo opuesto							
Flujo	1	200	400	600	800	1000	1200
E_L	1.4	1.7	2.1	2.5	3.1	3.7	4.5
Giros a la izquierda carril exclusivo con presencia de flujo opuesto							
Flujo	1	200	400	600	800	1000	1200
E_L	1.3	1.6	1.9	2.3	2.8	3.3	4

Fuente: *Transportation Research Board of the National Academies* (2010).

- En el factor de giros derechos se tomarán de acuerdo con la Tabla 16.

Tabla 16. Factor de ajuste de giros a la derecha.

Tipo de Carril	E_R	F_{RT}
	ADE para Vehículos de	
Un carril exclusivo o compartido	1.18	0.85
Dos o más carriles exclusivos o compartidos	1.33	0.75

Fuente: *Transportation Research Board of the National Academies* (2010).

- En los factores de ajuste de bloqueo por peatones/bicicletas se requiere conocer un diseño de fases previa, que en principio salen de semáforos preexistentes, sin embargo, en caso no existiesen el HCM 2010 recomienda pre-estimar las fases. Por tal motivo se deberá realizar un prediseño considerando condiciones ideales, es decir, con un flujo ideal de 1900 veh/h.

6.3 Semáforos peatonales

Para el diseño de semáforos peatonales se utilizará la metodología mostrada por el Mgtr. Ing. Araujo (2020), en la que el tiempo de verde mínimo para el cruce de peatones se define con la Ec. 11, la misma que deberá ser menor al verde correspondiente a la fase respectiva del ciclo de vehículos.

$$G_{min} = Z + R_i - A \quad \text{Ec. 11}$$

Donde:

G_{min}: Ciclo requerido por los peatones (s).

Z: Tiempo mínimo para cruzar la calle (s), 7 s.

R_i: W/V_p: indicación de verde intermitente (s).

W: Distancia a cruzar por los peatones (m).

V_p: Velocidad del peatón, 1.2 m/s.

Si existiese bandas para ciclistas, estas se coloran paralelas a las bandas peatonales, los ciclistas suelen tener una velocidad de 5.7 m/s, según el HCM 2010. Entonces el procedimiento de diseño de semáforo para ciclistas es similar al de peatones, de esto se puede deducir que al recorrer lo mismo que los peatones, en la intersección, y además bajo la consideración de que no tenga muchos puntos de conflicto con los peatones, se tendrá que los ciclistas se desplazan a la par con los peatones, por lo tanto, se puede afirmar que los peatones al desplazarse más lentamente que los ciclistas, van a definir las fases dominantes. Por lo mencionado bastaría diseñar el semáforo de peatón para uso de peatón y ciclista.

6.4 Niveles de servicio

Para esta sección de este trabajo de investigación se utilizó como referencia el *Highway Capacity Manual 2010* (HCM) de los Estados Unidos de Norteamérica (Transportation Research Board of the National Academies, 2010). De utilizarse alguna otra fuente de información se indicará oportunamente.

Para los diferentes métodos de modelación y comportamiento existen niveles de servicio (*Levels of Service – LOS*) mediante los cuales se puede calificar la capacidad y calidad de diversas combinaciones de redes vehiculares.

En tal sentido, el define como factores externos que afectan el nivel de servicio a las características físicas, tales como el ancho de carril y acotamientos, distancia lateral, pendientes, etc. Mientras que considera como factores internos a aquellos que interfieren en el volumen vehicular, composición del tráfico, porcentaje de movimientos de incorporación, desincorporación o en giros, etc. De acuerdo con este manual, establece los siguientes niveles de servicio:

6.4.1 Nivel A

El flujo está en condición libre, altas velocidades y con bajos volúmenes de tránsito. Poca restricción de los conductores para maniobrar, asimismo se puede mantener la velocidad deseada con poca demora.

6.4.2 Nivel B

Las condiciones de tránsito restringen medianamente las velocidades de operación. Existe una considerable libertad para maniobrar y mantener la velocidad deseada con poca demora por parte de los conductores.

6.4.3 Nivel C

Las velocidades y la posibilidad de maniobrar están controlados por los volúmenes de tránsito que son más altos. Existen restricciones para cambiar de carril, rebasar y mantener la velocidad deseada. Empiezan a surgir las demoras, pero de baja magnitud.

6.4.4 Nivel D

La condición de flujo se acerca a la inestabilidad, con velocidades tolerables mantenidas pero afectadas por las variaciones operacionales del tránsito. Existe poca libertad para maniobrar. Las demoras aún son de magnitudes aceptables.

6.4.5 Nivel E

La condición de flujo se torna inestable, los volúmenes de tránsito son altos y velocidades bajas. Existe muy poca libertad para maniobrar, además el flujo puede tener interrupciones momentáneas. Demoras considerables.

6.4.6 Nivel F

La condición de flujo congestionado, la velocidad operacional es muy baja causando grandes demoras.

Estos niveles de servicio se representan en la Figura 45 según la demora por una señal control o semáforo (segundos/vehículo).

De forma análoga, en la Figura 46 se muestra los niveles de servicio según el Manual 2005 VCHI de Diseño Geométrico de Vías Urbanas (Instituto de la Construcción y Gerencia, 2005).

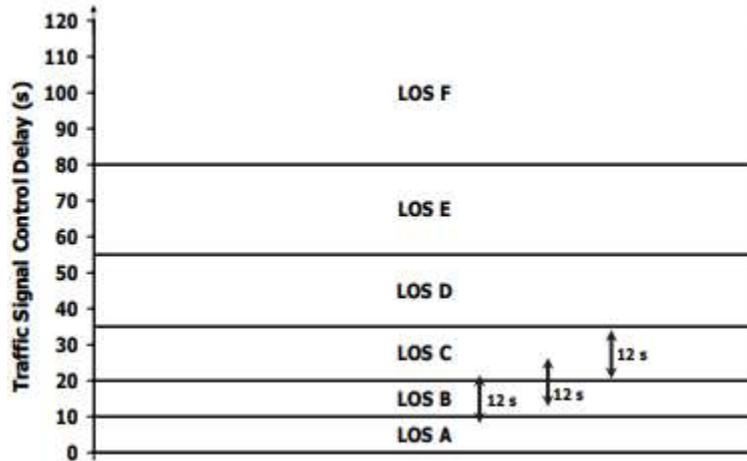


Figura 45. Niveles de Servicio según demora de control.

Fuente: Transportation Reserch Board of the National Academies (2010).

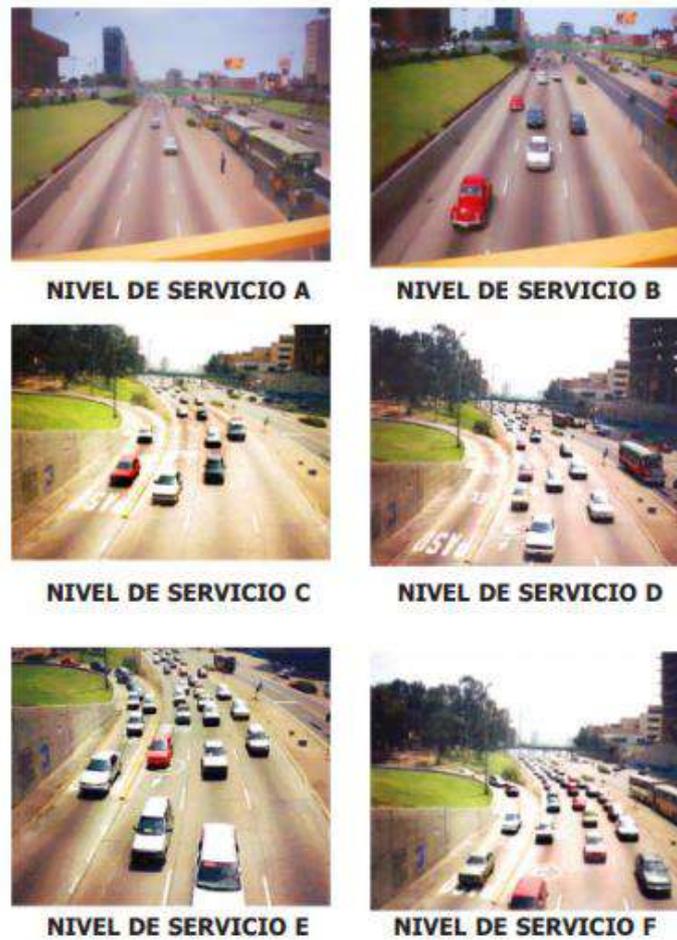


Figura 46. Niveles de servicio.

Fuente: Instituto de la Construcción y Gerencia (2005).



Capítulo 7

Desarrollo de propuestas

7.1 Planteamiento de la propuesta 1

7.1.1 Descripción de la propuesta

La presente propuesta consta de una ciclovia bidireccional de 2.5m de ancho, ubicada a lo largo del sardinel central en la Avenida Las Palmeras como muestra la Figura 47.

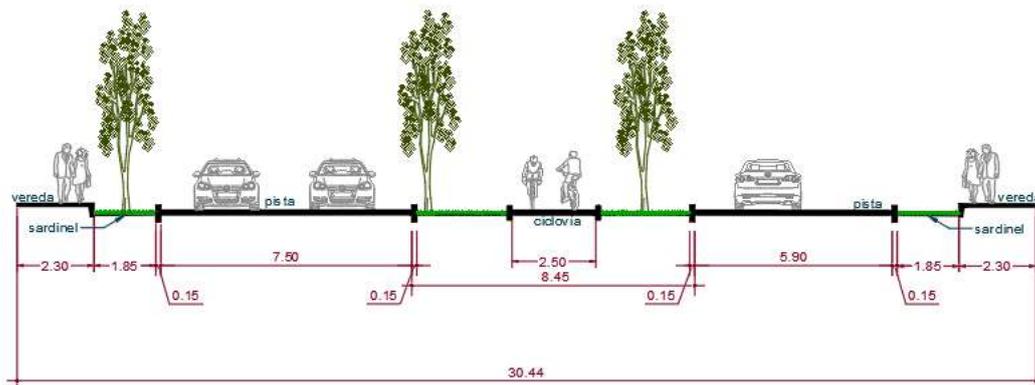


Figura 47. Corte de sección típica de propuesta 1

Fuente: Elaboración propia.

Se consideró un diseño bidireccional pues se pretende implementar la ciclovia en una avenida, lo cual es más recomendable pues se dificulta el paso de un lado al otro de la vía. Los giros para cambio de lado, en este caso dentro del sardinel central, serán mínimos (Municipalidad de Lima, 2017b).

Se deberá tener cuidado con el manejo de intersecciones ya que los usuarios requieren una mayor maniobrabilidad, especialmente cuando la ciclovia está ubicada en el sardinel central (Municipalidad de Lima, 2017b).

7.1.1.1 Diseño geométrico. Con un buen diseño geométrico se busca compatibilizar las velocidades de circulación sobre la vía y minimizar los tiempos de espera y recorridos; siempre poniendo como prioridad la seguridad de los usuarios (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2014).

Para la descripción de las características desarrolladas en el diseño geométrico de la propuesta de ciclo vía, se tomó como referencia el manual de diseño para infraestructuras de ciclo vías (2017). En caso se tome otra fuente se indicará a lo largo del informe (Municipalidad de Lima, 2017a).

A continuación, se abordarán los factores tomados en cuenta para el dimensionamiento y diseño geométrico de la propuesta.

7.1.1.1.1 Ancho. Como primer parámetro para la determinación del ancho de la ciclo vía, se toma en cuenta el ancho promedio del vehículo que se empleará, en este caso, una bicicleta con las medidas mostradas en la Figura 48 considerando además que el ancho promedio de manubrios es de 0.6m.

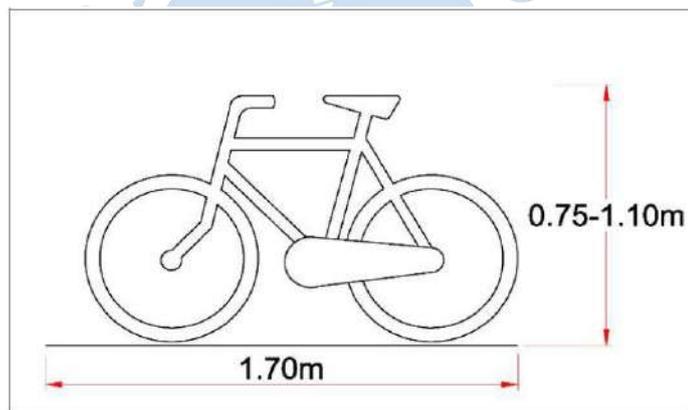


Figura 48. Dimensiones promedio de una bicicleta.

Fuente: Municipalidad de Lima (2017b).

Como siguiente punto, se debe tomar en cuenta el espacio necesario para que el ciclista pueda maniobrar adecuadamente. Se recomienda agregar al ancho del vehículo 0.2 m a cada lado para el movimiento de brazos y piernas.

Para una ciclo vía bidireccional, se debe considerar lo correspondiente al ancho básico de dos carriles unidireccionales, resultando en un ancho de 2 m. Sin embargo, para fines de seguridad, cuando el sardinel próximo es de 0.1 m o menos, se toma 0.25 m a cada lado, dando un ancho total de ciclo vía de 2.5 m como se indica en la Figura 49.

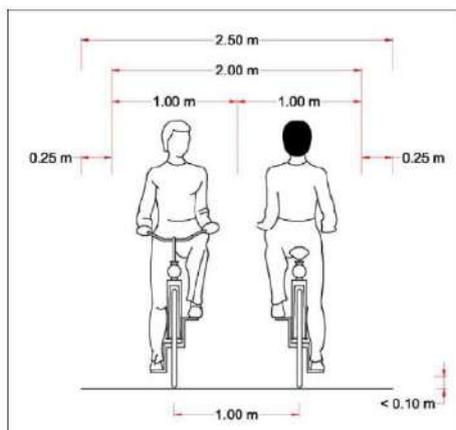


Figura 49. Ancho de ciclovía Bidireccional para un sardinel menor a 0.1 m.

Fuente: Municipalidad de Lima (2017b).

7.1.1.1.2 Velocidad de diseño. Debido a la diferencia de velocidades entre los vehículos motorizados y las bicicletas, es necesario brindarles un espacio propio para su circulación. En caso sea sobre la calzada, se debe acondicionar el ambiente por seguridad de los ciclistas (Área de Gobierno de Desarrollo Urbano Sostenible, 2016). Este parámetro es la base para definir el radio de giro, peralte de las curvas, distancias de señalización y ancho de las mismas.

La velocidad de diseño puede ser determinada conociendo la pendiente y longitud del tramo. En la Tabla 17 se muestran las velocidades de diseño en función a la pendiente y la longitud del tramo. Para condiciones normales de buen clima, terreno plano y pavimentado, la velocidad de diseño será de 30 km/h.

Tabla 17. Velocidad de Diseño en función de la pendiente y longitud del tramo.

Pendiente (%)	Longitud (m)		
	26 a 75	75 a 150	>150
3 a 5	35 km/h	40 km/h	45 km/h
6 a 8	40 km/h	50 km/h	55 km/h
9	45 km/h	55 km/h	60 km/h

Fuente: Municipalidad de Lima (2017b).

Para el cálculo de la velocidad de diseño, se consideran 7 tramos a lo largo de la avenida con su respectiva pendiente y velocidad de diseño (ver Tabla 18).

Tabla 18. Cálculo de velocidades de diseño para los tramos propuestos.

Tramo	Pendiente (%)	Longitud (m)	Velocidad de Diseño (km/h)
Las Chavelas-Los Manzanos	1.5	199	Dado que todas las pendientes son menores a 3%, se considerará como un terreno plano para el cual la velocidad de diseño es de 30 km/h.
Los Manzanos-Pasaje Juan Pablo II	0.47	210.8	
Pasaje Juan Pablo II- Las Margaritas	0.9	110.8	
Las Margaritas- Av. Chirichigno	1.8	55.7	
Av. Chirichigno-Los Cipreses	1.6	67.8	
Los Cipreses-Las Dalias	0.73	137.3	
Las Dalias-Tallanes	1.3	76.6	

Fuente: Elaboración propia.

7.1.1.1.3 Radio de volteo. Los radios mínimos de volteo permiten establecer restricciones para las cuales no se consideran curvas peligrosas para los usuarios. Se busca la prevención de accidentes.

Teniendo la velocidad de diseño, se puede determinar el radio mediante la siguiente ecuación:

$$R = 0.24V + 0.42 \quad \text{Ec. 12}$$

Dado que la velocidad de diseño será la misma para todos los tramos, el radio de volteo estimado es de:

$$R = 0.24 * (30) + 0.42 = 7.62 \text{ m}$$

El radio no deberá ser menor a 3m (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2014).

7.1.1.1.4 Sobreanchos de ciclovías. El sobreancho en ciclovías se debe considerar por seguridad en algunos tramos en donde la velocidad de diseño es alta o las curvas son muy cerradas.

- Por pendiente: este punto hace referencia a las velocidades pues, a mayor pendiente, se considerará una mayor velocidad de diseño; por ende, el ciclista necesitará un mayor ancho para maniobrar con seguridad. En la Tabla 19 se expresan los sobreanchos en función a la pendiente.

Tabla 19. Sobreanchos de ciclovías por Pendiente.

Pendiente (%)	Longitud (m)		
	26 a 75	75 a 150	>150
>3 a <=6	0	20 cm	30 cm
>6 a <=9	20 cm	30 cm	40 cm
>9	30 cm	40 cm	50 cm

Fuente: Municipalidad de Lima (2017b).

No se considerará sobreancho por pendiente para el diseño geométrico pues las pendientes calculadas son menores a 3%.

- Según el radio de curvatura: en caso de curvas, el sobreancho deberá ubicarse al interior de estas.

La propuesta sigue básicamente una trayectoria recta con excepción en los cambios de lugar, por lo tanto, no se considera sobreancho a causa de radios de curvatura.

7.1.1.1.5 Peralte. Se define el peralte como la inclinación del eje transversal de la ciclovía en zonas de curva (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2014).

Se recomienda otorgar un determinado peralte a la curva para no sentir la incomodidad de la pendiente; sin embargo, la ciclovía al estar dispuesta en una línea recta, no se considerarán curvas importantes.

7.1.1.1.6 Distancia de visibilidad. La finalidad de este aspecto es garantizar que los peatones, ciclistas y automovilistas se perciban unos a otros con suficiente tiempo y espacio (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2014).

La distancia que un ciclista requiere para detenerse completamente al observar un obstáculo se calcula en 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.

Se trabaja el caso de frenado en superficies húmedas para el cual se asume un tiempo de percepción-reacción de 2.5 segundos y un coeficiente de fricción de 0.25. Sin embargo, al ser la ciclovía en línea recta, la distancia de visibilidad para las curvas horizontales no se considera relevante para el diseño geométrico de la propuesta.

7.2 Planteamiento de la propuesta 2

7.2.1 Descripción de la propuesta

La presente propuesta consta de dos ciclocarriles unidireccionales de 2m de ancho, ubicados entre la vereda y la calzada, siguiendo el sentido del carril adyacente de la Avenida Las Palmeras.

Se consideró este tipo de ciclo vía, pues es recomendable como medida para calmar el tráfico y reducir la velocidad de los vehículos motorizados.

7.2.1.1.1 Ancho. La sección recomendada para los ciclocarriles está entre de 1,40 m. y 1,80 m. (Municipalidad de Lima, 2017a). Para esta propuesta se considera un ancho de 1,50 m. pues esta medida de ancho es la mínima que recomienda la Norma CE-030 para una ciclo vía dispuesta a ambos lados de la vía.

Se deben tener en cuenta los resguardos necesarios para la ejecución de las posibles maniobras que el usuario pueda realizar, como lo son los movimientos evasivos durante la circulación frente a circunstancias en marcha. Por ello es necesario un espacio adicional denominado de segregación de 0.60 m, que separa la vía de circulación de vehículos motorizados del ciclo carril, lo que hace un ancho total de 2,10 m; como se indica en la Figura 50.

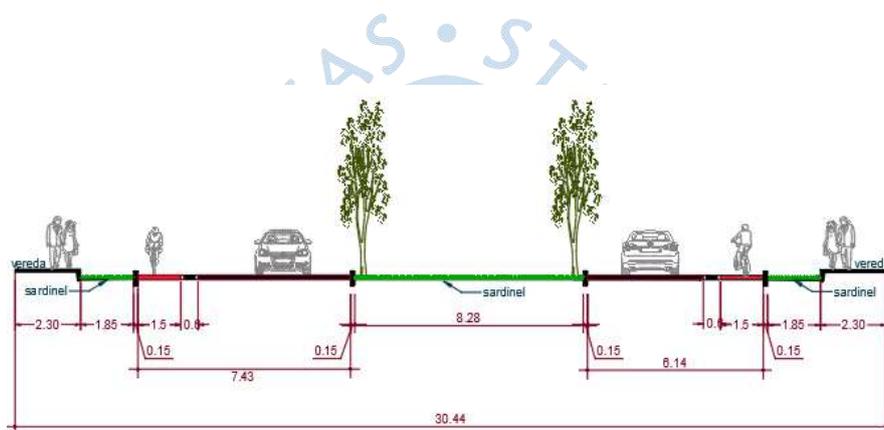


Figura 50. Corte de sección típica de propuesta 2.

Fuente: Elaboración propia.

7.2.1.1.2 Velocidad de diseño. Dado que las pendientes del terreno donde se ubicarán los ciclocarriles son similares a la propuesta 1, se toman las mismas pendientes mencionadas en la Tabla 2, para las cuales, la velocidad de diseño es de 30 km/h.

7.2.1.1.3 Distancia de visibilidad. La distancia que un ciclista requiere para detenerse completamente al observar un obstáculo se calcula en 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.

Al ser la ciclo vía en línea recta, en las intersecciones debe existir un espacio de 20 a 30 m. libre de elementos que impidan la visión de los peatones y de cualquier motorizado que se una a la avenida o la cruce.

7.3 Elección de la propuesta

Habiendo expuesto los diferentes componentes de ambas propuestas, se optó por la primera, una ciclo vía bidireccional ubicada en el sardinel central de la Av. Las Palmeras.

A pesar de que la segunda opción favorece a la permanencia de las áreas verdes, se descartó por no cumplir con un punto importante de la normativa. El ancho recomendable para los carriles de la calzada depende principalmente de la clasificación de esta y de la velocidad de diseño adoptada. Para tramos rectos como lo es La Av. Las Palmeras, como valores mínimos se pueden tomar los expuestos en la Tabla 20 (Instituto de la Construcción y Gerencia, 2005).

Tabla 20. Ancho de carriles según la clasificación de vías.

CLASIFICACIÓN DE VÍA		Velocidad (km/h)	Ancho recomendable (m)	Ancho mínimo de carril en pista normal (m) (2,3)	Ancho mínimo de carril único del tipo solo bus (m)	Ancho de los carriles juntos (m) (5)
	LOCAL	30 a 40	3.00	2.75	3.50 (4)	6.50
	COLECTORA	40 a 50	3.30	3.00	3.50 (4)	6.50
		50 a 60	3.30	3.25	3.50	6.75
ARTERIALES		60 a 70	3.50	3.50	3.75	6.75
		70 a 80	3.50	3.50	3.75	7.00
		80 a 90	3.60	3.50	3.75	7.25
EXPRESAS		90 a 100	3.60	3.50	No aplica	No aplica

Fuente: Instituto de la Construcción y Gerencia (2005).

La avenida analizada corresponde a una vía colectora en la cual el ancho mínimo para carriles juntos es de 6.5 m. En el corte mostrado en la Figura 51, la Av. Las Palmeras posee anchos de calzada de 7.5 y 5.9 m. donde el segundo sin la colocación de un ciclocarril no cumple la norma expuesta. Para el otro caso, el ancho mínimo para un ciclocarril es de 1.4 m. que sumado con el mínimo de 6.5 m. que requiere la calzada de carriles juntos es de 7.9 m. (Municipalidad de Lima, 2017a). Para ambos casos, se requerirá la expansión de las calzadas.

Por lo tanto, la colocación de un ciclocarril en la calzada existente se descarta como una opción viable. Para su consideración se deberán expandir los carriles existentes lo cual ya no estaría dentro de una propuesta económica.

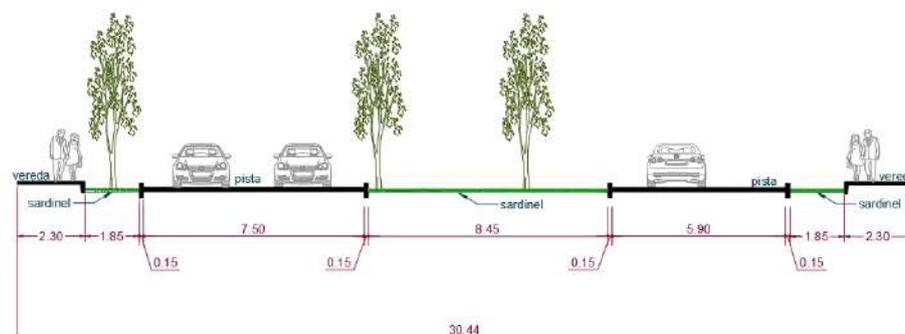


Figura 51. Corte transversal de la Av. Las Palmeras.

Fuente: Elaboración propia.



Capítulo 8

Diseño de intersección Av. Las Palmeras con Jr. Las Chavelas

La Municipalidad de Piura ha hecho el alcance, al equipo técnico, de un estudio de tránsito simplificado; es decir; de tres días, los cuales fueron tomados en las fechas: viernes 29 de noviembre de 2019, sábado 30 de noviembre de 2019 y lunes 2 de diciembre de 2019. Dichos conteos fueron realizados desde las 06:00:00 horas a las 22:00:00 horas.

Se hace la salvedad que en dicho estudio de tránsito solo se contempla a la intersección entre la Av. Las Palmeras con la Jr. Las Chavelas, esto debido a es la intersección crítica de toda la Av. Las Palmeras. Otro punto importante, es que el conteo de vehículos tipo panel se les ha unido a los vehículos tipo combi rural por tener poca frecuencia.

Del estudio de tráfico se procedió primeramente a verificar si la intersección requería utilizar semáforo o no, para ello se utilizaron los volúmenes horarios de tránsito del viernes 29 de noviembre del 2019, indicado en la tabla 6 del capítulo de apéndices, donde se muestran los volúmenes horarios desde las 06:00:00 horas a las 09:00:00 horas, en la que se resalta el grupo de 8 horas que cumplen con el requisito de interrupción de tránsito continuo para la colocación de semáforos.

En la Figura 52 se determina los tipos de maniobras de giro existentes en la intersección de estudio.

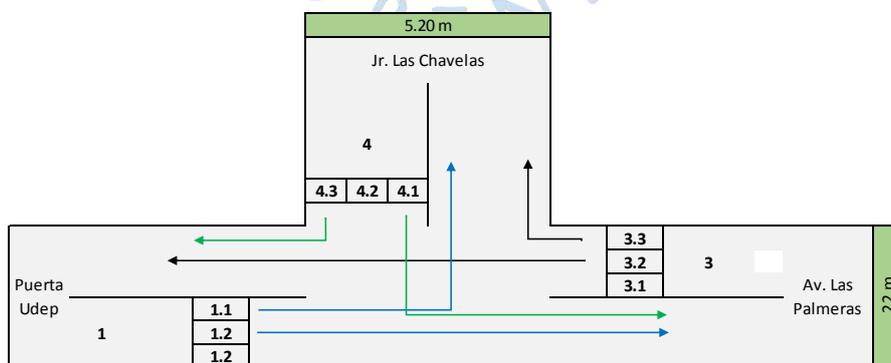


Figura 52. Maniobras de giro en la intersección de Av. Las Palmeras y Jr. Las Chavelas.

Fuente: Municipalidad de Piura (2019).

8.1 Volumen horario de diseño

De los tres días de conteo se determinó que el VHMD es aquel correspondiente a los volúmenes del viernes 29 de noviembre de 2019, desde las 08:15:00 horas a las 09:15:00 horas (ver Tabla 43 en capítulo de anexos). A los flujos totales correspondientes a cada carril se les aplicó la Ec. 5 y Ec. 6, para obtener el VHD para el 2019 (ver Tabla 21).

Tabla 21. VHD para el 2019.

	Flujos totales (veh/h)					
	Por maniobra					
Vehículo	1.1	1.2	3.2	3.3	4.1	4.3
Motolineal	2	6	14	19	31	11
Mototaxi	0	0	2	36	58	2
Auto	10	65	58	47	38	25
Pickup	9	8	42	42	23	15
Panel/Combi	0	2	0	6	4	0

Fuente: Municipalidad de Piura (2019).

Como se trabajará para un año horizonte de 20 años, acorde con el MTC 2018, se aplica a los datos de la Tabla 21, la Ec. 7 del capítulo 6 considerando valores de tasa de crecimiento de 0.87 % para vehículos livianos y 3.23 % para vehículos pesados (ver Anexo 1: Tasa de crecimiento anual de vehículos, capítulo de Anexos); con un número de años de 21, debido a que el año horizonte se cuenta a partir del año presente y se tienen datos del 2019, de esta manera se obtienen los VHD para el año horizonte (ver Tabla 22). Por otro lado, se hace lo mismo, pero con los flujos totales correspondientes a cada carril de la Tabla 43, esto debido a que se requieren algunos de estos valores para el cálculo del flujo de saturación, de esto se obtiene la Tabla 23.

Tabla 22. VHD para el año horizonte.

	Flujos totales (veh/h)					
	Por maniobra					
Vehículo	1.1	1.2	3.2	3.3	4.1	4.3
Motolineal	3	8	17	23	38	14
Mototaxi	0	0	3	44	70	3
Auto	12	78	70	57	46	30
Pickup	11	10	51	51	28	18
Panel/Combi	0	4	0	12	8	0
Total	26	100	141	187	190	65
	Por acceso					
	Accesos			Accesos (%)		
Vehículo	1	3	4	1	3	4
Motolineal	11	40	52	8.73	12.20	20.39
Mototaxi	0	47	73	0.00	14.33	28.63

	Flujos totales (veh/h)					
	Por maniobra					
Vehículo	1.1	1.2	3.2	3.3	4.1	4.3
Auto	90	127	76	71.43	38.72	29.80
Pickup	21	102	46	16.67	31.10	18.04
Panel/Combi	4	12	8	3.17	3.66	3.14
Total	126	328	255	100	100	100

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 23. VHMD para el año horizonte.

	Flujos totales (veh/h)					
	Por maniobra					
Vehículo	1.1	1.2	3.2	3.3	4.1	4.3
Motolineal	2	5	15	22	34	12
Mototaxi	0	0	2	44	71	2
Auto	10	78	70	59	47	32
Pickup	9	8	46	53	24	16
Panel/Combi	0	4	0	8	6	0
Total	21	95	133	186	182	62
	Por acceso					
	Accesos			Accesos (%)		
Vehículo	1	3	4	1	3	4
Motolineal	7	37	46	6.0345	11.599	18.852
Mototaxi	0	46	73	0	14.42	29.918
Auto	88	129	79	75.862	40.439	32.377
Pickup	17	99	40	14.655	31.034	16.393
Panel/Combi	4	8	6	3.4483	2.5078	2.459
Total	116	319	244	100	100	100

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 53 se muestra el diagrama de flujo considerando los VHD, del año horizonte, por carril. En dicho diagrama de flujo se ha exceptuado el separador central de 8.6 m, pues se busca dar enfoque a los flujos vehiculares.

En el estudio de tránsito no se contempla un conteo de peatones y ciclistas, por tal motivo se ha visto en la necesidad de utilizar como referencia el conteo realizado en 2015 por la Universidad de Piura. En base a este conteo Burga (2018) realizó cinco escenarios críticos para la ciclovía, de los cuales todos tiene como resultado un nivel óptimo de servicio para la red vial universitaria, entonces de estos cinco escenarios para este proyecto se ha determinado utilizar el correspondiente al escenario intermedio, con el fin de no sobreestimar ni subestimar el diseño de la intersección.

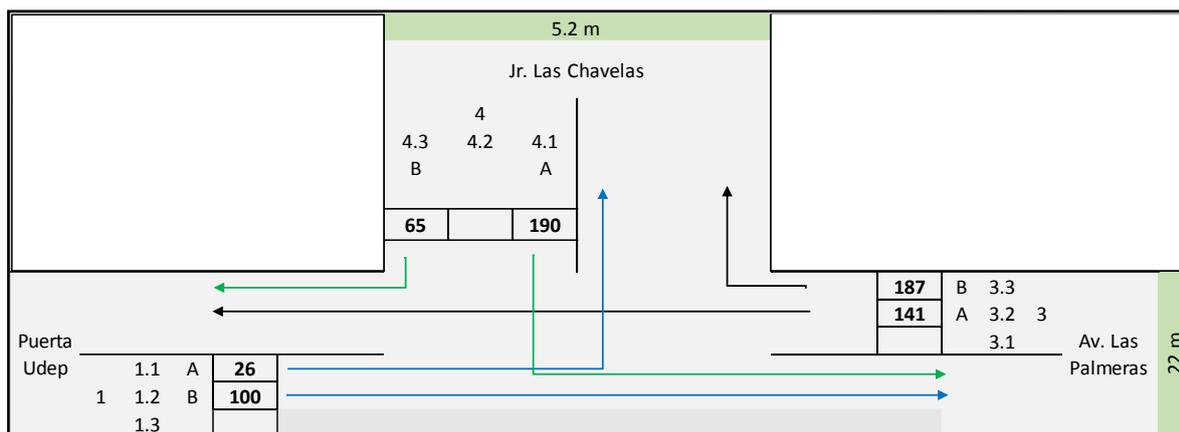


Figura 53. Diagrama de flujo de la intersección Av. Las Palmeras con Jr. Las Chavelas

Fuente: Municipalidad de Piura (2019).

Para el caso de los peatones del conteo del 2015 al estar en relación con el número de ciclistas de dicho conteo se consideran que 300 p/h cruzan la salida de la Universidad de Piura hacia la Av. Las Palmeras, está en el rango de 0 a 300 p/h del nivel de servicio A de acuerdo con el HCM 2010, entonces como se diseña para el 2040 el escenario a considerar es 360 p/h que está en el rango de 300 a 420 p/h del nivel de servicio B del HCM 2010. Bajo estas consideraciones en la que muestra la distribución de flujos de peatones y ciclistas en la intersección de interés.

Tabla 24. Distribución de flujos de peatones y ciclistas.

Acceso	Movimiento	Peatones		Bicicletas	
		Flujo (p/h)	Flujo total (p/h)	Flujo (p/h)	Flujo total (p/h)
1	Izquierda	240	360	12	17
	De frente	120		5	
4	Derecha	60	120	3	6
	De frente	40		2	
	Izquierda	20		1	
3	Derecha	50	240	2	12
	De frente	120		6	
	Izquierda	70		4	

Fuente: Burga (2018).

8.2 Propuestas de semáforo

Debido a la cantidad de peatones se evaluarán dos alternativas y de acuerdo con sus niveles de servicio se decidirá cuál es la mejor opción: la primera será el caso en la que las fases del semáforo de peatones están dentro de los verdes de las fases vehiculares, en el segundo escenario se contara con una fase exclusiva para peatones y con ello bicicletas.

8.2.1 Ciclo óptimo y flujos de saturación

8.2.1.1 Prediseño. Este prediseño se hace debido a que se colocará un nuevo semáforo, por lo cual se hará un prediseño suponiendo la primera propuesta de semáforo. Entonces, primero se definen las fases vehiculares, resultando un total de dos fases (ver Figura 54).

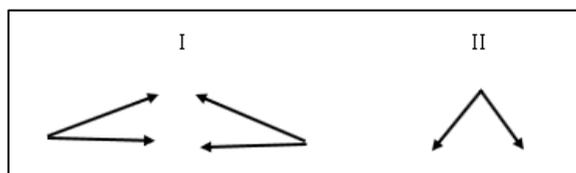


Figura 54. Fases vehiculares

Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente a los vehículos mixtos de la Tabla 22, se les convierte a vehículos equivalentes utilizando las UVE mostradas en la Tabla 12. Al realizar dicho procedimiento se obtienen los flujos vehiculares mostrados en la Tabla 25.

Tabla 25. Vehículos equivalentes.

Vehículos equivalentes			
Giro	Izquierda	Centro	Derecha
Acceso 1	41	104	0
Acceso 2	0	144	210
Acceso 3	234	0	59

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se hace una distribución de 1/3 a los flujos de la Tabla 25, de tal manera que se obtendrán nuevos flujos acorde a la simbología de A y B (ver Figura 53) y las fases. Además de ello se determinan las relaciones volumen entre su flujo de saturación, que en este caso se considerara un flujo de saturación ideal de 1900 veh/h, de los cuales se resaltan las relaciones críticas para cada fase (ver Tabla 26).

Tabla 26. Distribución 1/3 y relaciones Y_i .

		UVE	CARRIL	FA	Distribución 1/3	Y_i
Acceso 1	Izquierda	41	A	I	41	0.02
	De frente	104	B	I	104	0.05
Acceso 3	De frente	144	B	I	96	0.05
	Derecha	210	C	I	258	0.14
Acceso 4	Izquierda	234	A	II	234	0.12
	Derecha	59	C	II	59	0.03

Fuente: Elaboración propia.

Se determinan los intervalos de entre verdes utilizando la Ec. 4 (ver Tabla 27) para ambas fases utilizando los siguientes datos:

- Ancho de carril de Av. Las Palmeras en el acceso 1: 2.9 m.
- Ancho de carril de Av. Las Palmeras en el acceso 3: 3.8 m.
- Ancho de carril del Jr. Las Chavelas: 2.6 m.
- Ancho del separador central: 8.6 m.
- Longitud de vehículo de diseño: por presencia de combis rurales se considera adecuado 6.5 m.
- Tiempo perdido por fase: 1 s.
- Velocidad de diseño para la Av. Las Palmeras: como es una vía colectora se toma una velocidad de 50 km/h (Instituto de la Construcción y Gerencia, 2005).
- Velocidad de diseño del Jr. Las Chavelas: como es una vía local se toma una velocidad de 35 km/h.
- Coeficiente de fricción para la Av. Las Palmeras: 0.36, dato obtenido de ingresar con la velocidad de diseño a la Tabla 11.
- Coeficiente de fricción para la Jr. Las Chavelas: 0.39, dato obtenido de ingresar con la velocidad de diseño a la Tabla 11.

Tabla 27. Intervalo de entre verdes.

I de cada Fase (s)			
Fase	A(s)	TR (s)	I = A + TR
I	4	1	5
II	4	3	7

Fuente: Elaboración propia.

El tiempo de ciclo óptimo y la distribución del ciclo vehicular se obtienen de utilizar la Ec. 8, ver Tabla 28. Se hace notar que los verdes obtenidos están en el rango mínimo recomendado, así que habría que incrementarlos, sin embargo, esto se corregirá si aún persiste al verificar el ciclo semafórico de los peatones.

Tabla 28. Distribución del ciclo vehicular.

Fase	Yi	T fase	V (s)	A (s)	TR (s)
I	0.14	14.00	9.00	4.00	1.00
II	0.12	13.00	6.00	4.00	3.00
Total	0.26				
Co (s)	27.00				

Fuente: Elaboración propia.

Se verifica que el ciclo semafórico peatonal calce en el ciclo semafórico vehicular, para ello se determina el intervalo de verde necesario para que el peatón cruce con seguridad la intersección, este se determina utilizando la Ec. 11, y las distancias a cruzar. De la Tabla 29 se concluye que en la fase uno no hay problema con los peatones, pero se aumentará a 10 segundos para estar en el máximo valor recomendado de los valores mínimos de verde vehicular, por otro lado, en la fase II si hay problema con el tiempo de peatones por lo que se aumenta el verde vehicular, de estas consideraciones resulta el diagrama de flujo mostrado en la Figura 55.

Tabla 29. Semáforo peatonal.

Fase	Distancia por cruzar (m)	R(s)	Z(s)	A(s)	G(s)	Cabe en el verde vehicular
I	5.20	5	7	4	8	Si cabe
II	22.00	19	7	4	22	No cabe

Fuente: Elaboración propia.

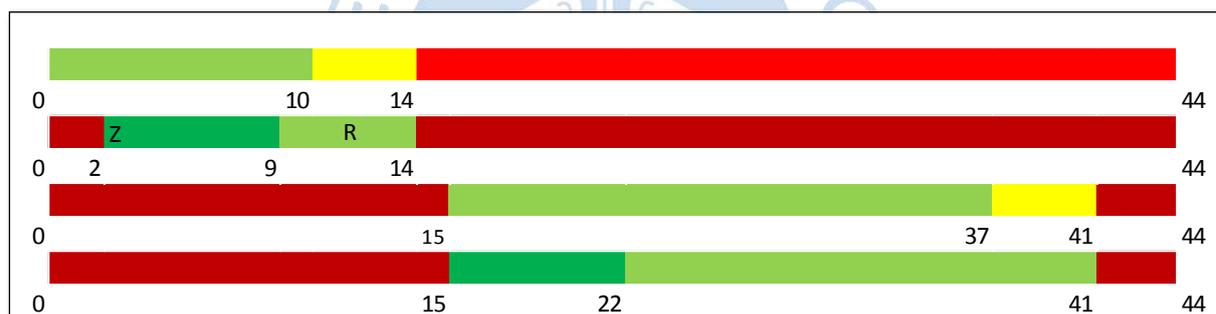


Figura 55. Diagrama de flujo de prediseño

Fuente: Elaboración propia.

8.2.1.2 Diseño del ciclo real

8.2.1.2.1 Primera propuesta. Los intervalos de despeje se mantienen constantes respecto a los intervalos de despeje del prediseño, sin embargo, lo que cambia es el ciclo óptimo puesto que considera usar los flujos de saturación reales y ya no solo el ideal. En la Tabla 30, Tabla 31 y Tabla 32 se aprecia el procedimiento correspondiente.

Tabla 30. Flujo de saturación para propuesta 1 de semáforo de intersección 1/3.

Parámetros		Acceso		
Ítem	Descripción	1	3	4
So (veh/h)	Flujo de saturación ideal	1900	1900	1900
N	Número de carriles del acceso	2	2	2

Parámetros		Acceso		
Ítem	Descripción	1	3	4
w (m)	Ancho de Carril	2.90	3.80	2.60
fw	$fw = 0.96$ si $w < 3$ / $fw = 1$ si $3 \leq w < 3.9$	0.96	1.00	0.96
f_{HV}	Usar ecuación de la Tabla 11	0.97	0.96	0.97
P_{HV} (%)	% de vehículos pesados del acceso, ver Tabla 11	3.17	3.66	3.14
fg	Usar ecuación de la Tabla 11	1.01	0.99	1.01
Pg (%)	Pendiente del acceso, obtenidas de la topografía	-1.78	1.78	-1.11
fp	Accesos 1 y 4 no hay estacionamientos adyacentes, para el acceso 3 usar Ec. 10, pues no se conoce Nm	1.00	0.82	1.00
Lp (m)	El primer estacionamiento dista de la línea de parada 10 m, según <i>Google Earth</i>		10.00	
wa (m)	Ancho del acceso	5.80	7.60	5.20
g (s)	Tiempo de verde efectivo = tiempo de verde de la fase del ciclo prediseñado	10.00	10.00	22.00
fb	Usar ecuación de la Tabla 11	0.99	0.98	0.98
Nb	Buses que paran/h = Combis rurales/h	4.00	12.00	8.00
fa	$fa = 0.9$ si se tiene área tipo CBDs	0.90	0.90	0.90
fLU	Todos tienen carril exclusivo, ya sea a la derecha o a la izquierda	1.00	1.00	1.00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 31. Flujo de saturación para propuesta 1 de semáforo de intersección 2/3.

Parámetros		Acceso		
Ítem	Descripción	1	3	4
fRT	Usar ecuación de la Tabla 11	1.00	0.85	0.85
ER	$ER = 1.18$ para carril exclusivo con giro a la derecha / $ER = 1$ cuando no hay giro a la derecha	1.00	1.18	1.18
fLT	Usar ecuación de la Tabla 11	0.67	1.00	0.75
vo (veh/h)	Flujo de movimiento de frente, que están opuestos al acceso y deberán ser los VHMD	133.00	95.00	Intersección en T
EL	Interpolar valores de Tabla 15/ $EL = 1$ si no hay giro a la izquierda/ intersección en T ver Tabla 14	1.50	1.00	1.33
f Rpb	Usar ecuación de la Tabla 11	0.42	0.71	0.72
vbic (b/h)	Flujo de bicicletas en el acceso, en la hora pico	17.00	6.00	12.00
gbic (s)	Tiempo de verde efectivo para bicicletas, si no hay considerar el Vvehículo	10.00	10.00	22.00
vbicg (b/h)	Flujo de bicicletas en el tiempo de verde efectivo: $vbicg = vbicC/gbic \leq 1900$	74.80	26.40	24.00
OCCbicg	Ocupación de bicicletas en verde efectivo: $OCCbicg = 0.02 + vbicg/2700$	0.05	0.03	0.03

Parámetros		Acceso		
Ítem	Descripción	1	3	4
OCCr	Zona de conflicto importante: $OCCr = (gped/g)OCCpedg$ si solo hay peatones $OCCr = ((gped/g)OCCpedg) + OCCbicg - ((gped/g)OCCpedgOCCbicg)$	0.58	0.29	0.46
ApbT	Tiempo de zona desocupada: ver Tabla 11	0.42	0.71	0.72

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 32. Flujo de saturación para propuesta 1 de semáforo de intersección 2/3.

Parámetros		Acceso		
Ítem	Descripción	1	3	4
fLpb	Usar ecuación de la Tabla 11	0.54	1.00	0.40
vped (p/h)	Flujo de peatones en el acceso, en la hora pico	360	120	240
C (s)	Ciclo óptimo prediseñado	44	44	44
gped (s)	Tiempo de verde efectivo para peatones, este puede ser el min (G, Vvehículo) o Vvehículo si no se conoce G	10	10	22
vpedg (p/h)	Flujo de peatones en el tiempo de verde efectivo: $vpedg = vped(C/gped)$	1584	528	480
OCCpedg	Ocupación de peatones en verde efectivo: $OCCpedg = vpedg/2000$ si $vpedg \leq 1000$ $OCCpedg = 0.4 + vpedg/10000$ si $1000 < vpedg \leq 5000$	0.56	0.26	0.45
gp (s)	Tiempo de verde efectivo del acceso	10.00	10.00	22.00
gu (s)	Tiempo de verde de giro a la izquierda	10.00	0.00	22.00
gq (s)	Tiempo de verde del acceso opuesto: $gq = gp - gu$	0.00	10.00	0.00
OCCpedu	Ocupación de peatones después de que la cola opuesta se desvanece: $OCCpedu = OCCpedg (1 - 0.5gq/gped)$ si $gq < gped$ $OCCpedu = 0$ si $gq \geq gped$	0.56	0.00	0.45
OCCr	Zona de conflicto importante: $OCCr = ((gped - gp)/(gp - gq))(OCCpedu)exp(-5vo/3600)$	0.46	0.00	1.00
NCr	Número de carriles receptores al acceso	1	1	2
NCg	Número de carriles que giran en el acceso	1	1	1
ApbT	Tiempo de zona desocupada: ver Tabla 11	0.54	1.00	0.40
S (veh/h)	Flujo de saturación: usar Ec. 9	478	1592	579

Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente se determina el ciclo óptimo y su distribución, utilizando los flujos de saturación hallados anteriormente, los flujos de la distribución 1/3 de la Tabla 26, la Ec. 8 y los tiempos de despeje de la Tabla 27. De esta manera se tienen la distribución de ciclo real (ver Tabla 33).

Tabla 33. Distribución de ciclo vehicular para propuesta 1 de semáforo de intersección.

Fase	Flujos de distribución 1/3 (veh/h)	S (veh/h)	Yi	T fase (s)	V (s)	A (s)	TR (s)
I	104	478.00	0.22	19	14	4	1
II	234	579.00	0.40	34	27	4	3
		Total	0.62				

Fuente: Elaboración propia.

De la tabla anterior se puede observar que no hay problemas con el semáforo peatonal (ver Tabla 29), entonces el diagrama de flujo de la primera propuesta es el mostrado en la Figura 56.

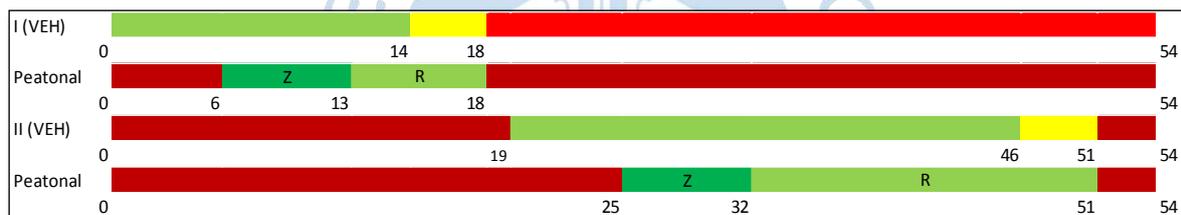


Figura 56. Diagrama de flujo de la propuesta 1

Fuente: Elaboración propia.

Para la propuesta se realiza el mismo procedimiento (ver Apéndice 3: Diseño de ciclo semaforico de propuesta 2), del cual al tener valores menores a 10 segundos (valor máximo del rango mínimo de verde) por lo que se ajustan a 10 segundos.

De esta manera al combinarlo con los tiempos del semáforo peatonal (ver Tabla 29) se obtiene como resultado el diagrama de flujo mostrado en la Figura 57.

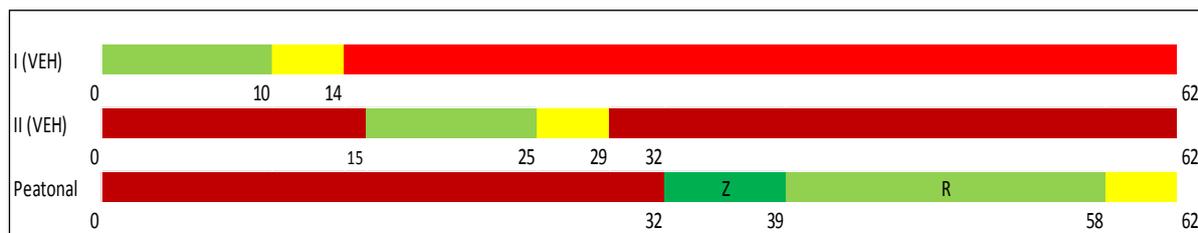


Figura 57. Diagrama de flujo de la propuesta 2

Fuente: Elaboración propia.

8.3 PTV Vissim

Para esta sección, se utilizó como referencia al manual PTV Vissim – *First Steps Tutorial* (PTV-AG, 2019). De usarse otra fuente de información se citará oportunamente.

PTV Vissim es un *software* de simulación microscópica por pasos, basado en modelos de comportamiento vehicular que permite representar la operación del tráfico urbano, incluyendo autos particulares, vehículos pesados, transporte público, bicicletas, peatones, etc. PTV Vissim permite analizar la operación del tráfico bajo condiciones muy específicas como: uso especial de carriles, composiciones de tránsito, programación de señales de tránsito, etc.; lo que hace de esta una herramienta muy útil para la evaluación de alternativas de ingeniería y planeación de transporte.

La simulación microsimulación de PTV Vissim permite representar la operación vehicular dentro de un sistema vial a nivel individual, es decir, analizar vehículo por vehículo y cada maniobra dentro de una red donde puede haber decenas de miles. La calidad de un *software* de microsimulación depende principalmente de la calidad de sus modelos de comportamiento vehicular y en tal sentido, PTV Vissim posee 4 modelos de comportamiento vehicular:

- Modelo de seguimiento vehicular (*following model*)
- Modelo de cambios de carril (*lane change model*)
- Modelo de comportamiento lateral (*lateral model*)
- Modelo de reacción a la luz ámbar (*amber signal model*)

El primero de ellos es el más importante, define el flujo de saturación de la vía junto con la velocidad deseada. El segundo suele tener un impacto muy importante en la capacidad de zonas de entrecruzamiento (incorporaciones y desincorporaciones). El modelo de comportamiento lateral es importante cuando se simula flujo mixto con bicicletas o motocicletas que pueden rebasar vehículos dentro de un mismo carril siempre y cuando haya un mínimo espacio. Por último, el de reacción a luz ámbar puede tener algún impacto en la capacidad de intersecciones semaforizadas, pero suele ser marginal.

8.3.1 Análisis de propuestas de intersección controlada por semáforos

En este trabajo de investigación, se pretende evaluar el nivel de servicio que tendría la intersección de la Av. Las Palmeras y la Calle Las Chavelas con una eventual incorporación de una ciclovía.

Para este fin, se analiza 2 alternativas de ubicación de ciclovía, tal como se detalla en la Figura 58 y Figura 59 usando el *software* PTV Vissim 11.

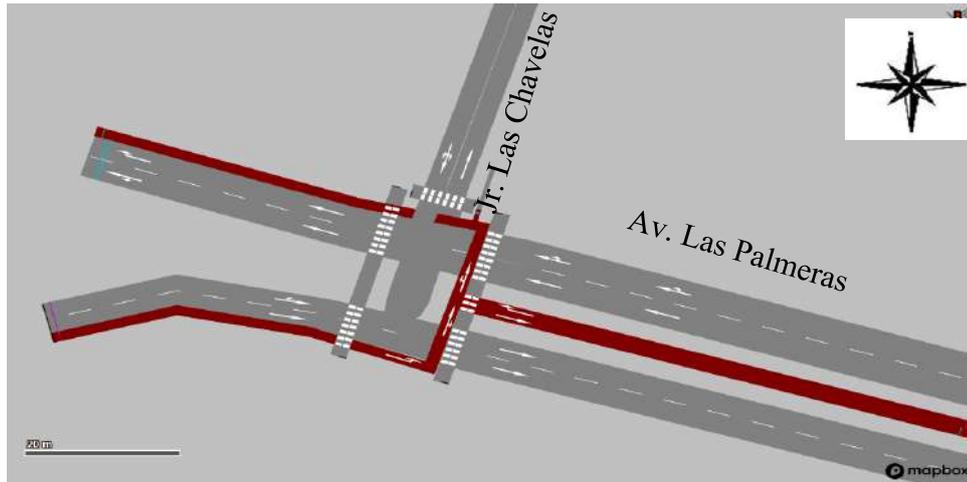


Figura 58. Alternativa 1 de ubicación de ciclovía.

Fuente: Elaboración propia - PTV Vissim 11.

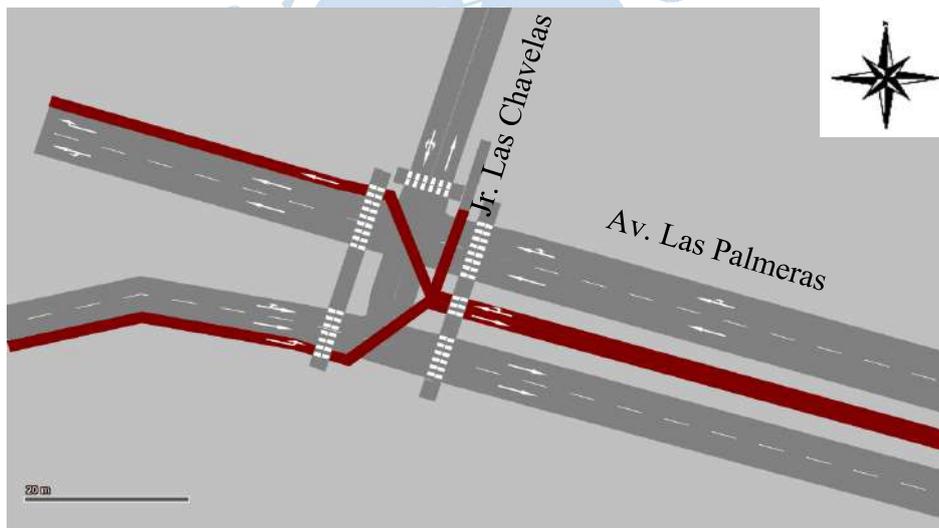


Figura 59. Alternativa 2 de ubicación de ciclovía.

Fuente: Elaboración propia - PTV Vissim 11.

8.3.2 Metodología de simulación

Tomado como base la parte teórica detallada en el apartado 8.3, se utiliza los datos de conteo vehicular brindados en el apartado 8.1 por la Municipalidad Provincial de Piura convertidos a unidades vehiculares equivalentes (UVE) asimismo; velocidades, geometría, flujo de peatones y bicicletas son las mencionadas en el apartado 8.2.1. Cabe resaltar que la versión del *software* utilizado es versión estudiantil por lo que la simulación se limita a 10 minutos (600 segundos), asimismo se eligió un tiempo de calentamiento 200 segundos, luego de probar con tiempos entre 100 y 500, porque 200 segundos brindó mejores resultados de evaluación.

Por otro lado, los diagramas de fases mostrados en las Figura 56 y Figura 57 se han recalculado (ver Figura 60 y Figura 61) luego de correr varias veces la simulación e identificar problemas. Para la alternativa 1 (Figura 60) se utiliza una fase mixta y para la alternativa 2 (Figura 61) una fase semiexclusiva.

El principal ha sido el peligro que corrían los peatones la intentar cruzar la Av. Las Palmeras (22m de ancho) en el último segundo de verde del semáforo peatonal, causando situaciones de conflicto entre vehículos y peatones. Una situación parecida ocurrió con los ciclistas que van en sentido EO y quisieran entrar a la UDEP ya que estos deberán cruzar la calzada de la Av. Las Palmeras EO y también el Jr. Las Chavelas. Por lo tanto, para ambos casos se asignó un tiempo de todo rojo (TR) mayor a los calculados teóricamente.

Finalmente, es preciso mencionar que los parámetros de evaluación para ambas opciones son:

- Desempeño del nodo (intersección).
- Desempeño de la red vehicular.
- Tiempos de viaje.

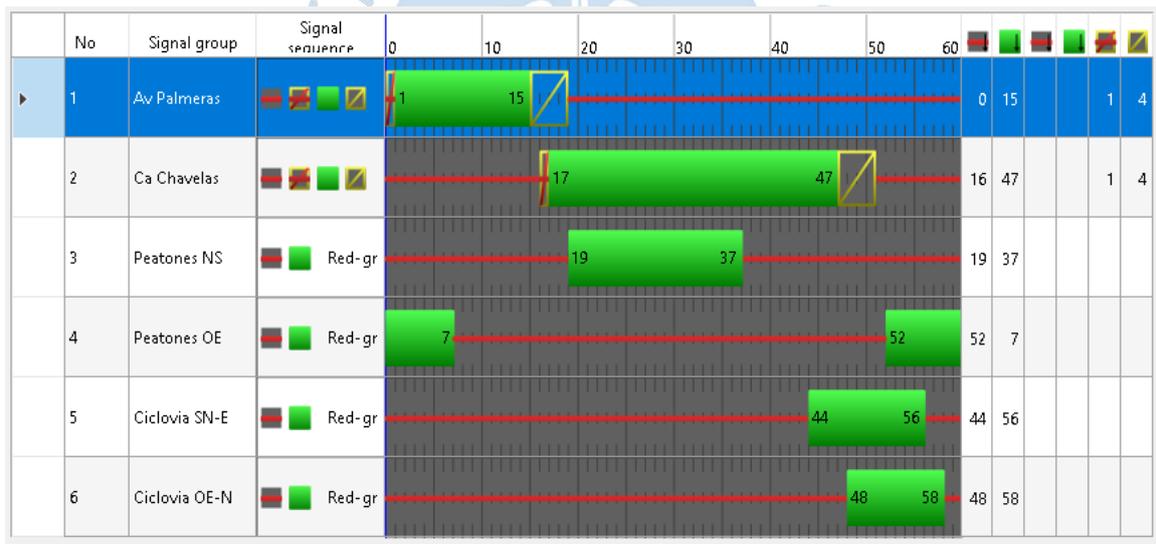


Figura 60. Diagrama de fases para grupo semafórico de alternativa 1.

Fuente: Elaboración propia - PTV VISSIM 11.

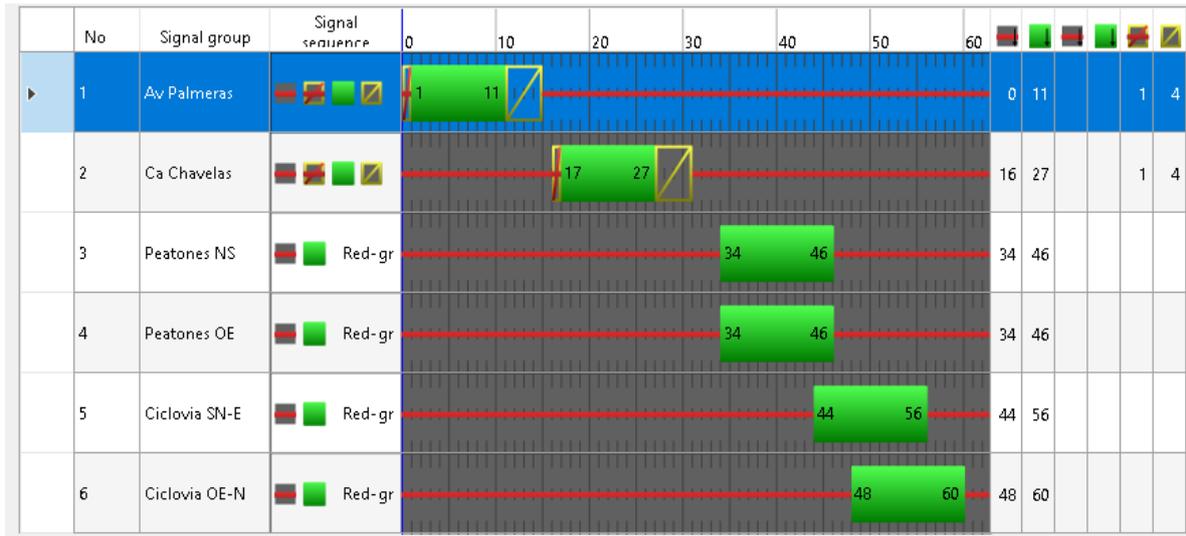


Figura 61. Diagrama de fases para grupo semafórico de alternativa 2.

Fuente: Elaboración propia - PTV VISSIM 11.

8.3.3 Resultados de la simulación

8.3.3.1 Desempeño del nodo o intersección. Para este parámetro se tiene los siguientes resultados mostrados en la Tabla 34:

Tabla 34. Resultados del desempeño de la intersección.

	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2
Nivel de servicio (LOS)	B	C
Longitud de cola máxima (m)	48.33	73.68
Cantidad de vehículos	89	94
Demora vehicular (seg)	18.48	30.97
Emisión de CO por vehículo (gr)	0.742	0.989
Número de paradas por vehículo	0.81	1

Fuente: Elaboración propia.

Se infiere que la alternativa 1 es la más adecuada para esta sección de evaluación, ya que posee un mejor nivel de servicio, menores longitudes de cola y menor demora o espera por vehículo en la intersección. Es importante mencionar que el número de paradas por vehículo difieren casi en un 20%, lo que significa que por la alternativa 2 al menos todos los vehículos que pasen tendrán que parar en algún momento; mientras que para la alternativa 1, de cada 100 solo 81 tendrán que parar. Finalmente, la alternativa 1 genera menos contaminación de CO.

8.3.3.2 Desempeño de red vehicular. Se obtienen los resultados mostrados en la Tabla 35 sobre el desempeño de toda la red vehicular, la cual incluye todos los accesos y salidas de vías, ciclovías y pasarelas peatonales.

Tabla 35. Resultados de desempeño de la red vehicular.

	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2
Demora promedio por vehículo (s)	18.24	25.80
Paradas promedio por vehículo	0.78	0.98
Velocidad promedio de la red (km/h)	13.94	11.30
Vehículos que llegaron a su destino	154	161

Fuente: Elaboración propia.

De los resultados mostrados, nuevamente la alternativa 1 presenta menos demora por vehículo, que es el tiempo promedio que generan todos los vehículos durante un intervalo en que están detenidos. De igual forma la primera opción genera menos paradas por vehículo, difiriendo en un 20%; es decir que para la alternativa 1 solo 78 de 100 vehículos tendrán que detenerse en algún momento en toda la red respecto a 98 de la alternativa 2. Finalmente, la velocidad promedio de la opción 1 es mayor a pesar de haber tenido 7 vehículos menos que llegaron a su destino en la opción 2, lo cual no representa una diferencia significativa ya que en los otros parámetros la alternativa 1 es ampliamente superior.

8.3.3.3 Tiempos de viaje. Para esta última evaluación se tomaron todas las opciones de giro supuestas en la Figura 52. Los resultados para la alternativa 1 y 2 se muestra en la Tabla 36 y Tabla 37, respectivamente.

Tabla 36. Tiempos de viaje – Alternativa 1.

TIEMPOS DE VIAJE - ALTERNATIVA 1					
MANIOBRA	DIRECCIÓN	VEHS	TIEMPO (s)	DISTANCIA (m)	VELOCIDAD (km/h)
1.1	W-N	4	14.96	80.59	19.39
1.2	W-E	15	25.65	95.19	13.36
3.3	E-N	19	42.25	217.79	18.56
3.2	E-W	12	32.46	225.28	24.98
4.3	N-W	5	20.53	75.43	13.23
4.1	N-E	32	26.25	115.52	15.84

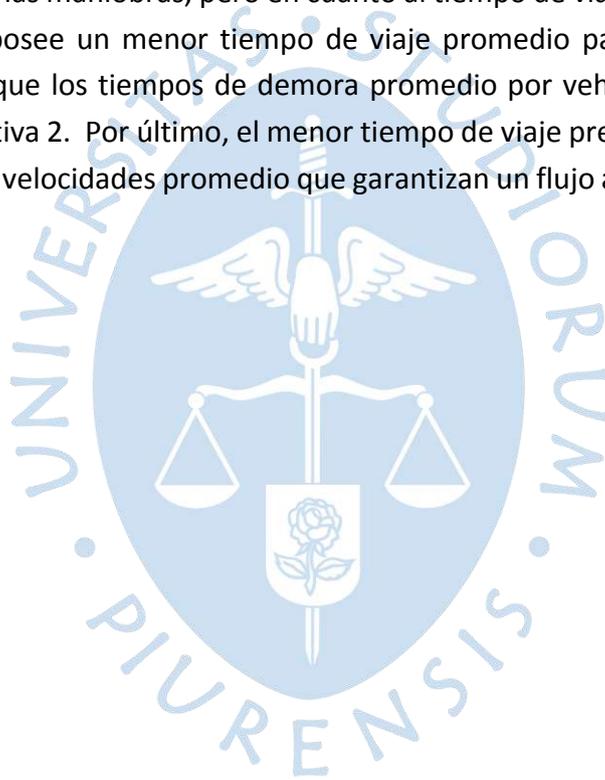
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 37. Tiempos de viaje – Alternativa 2.

TEMPOS DE VIAJE - ALTERNATIVA 2					
MANIOBRA	DIRECCIÓN	VEHS	TIEMPO (s)	DISTANCIA (m)	VELOCIDAD (km/h)
1.1	W-N	5	18.19	80.74	15.98
1.2	W-E	16	29.28	95.11	11.70
3.3	E-N	23	56.57	217.46	13.84
3.2	E-W	13	40.08	225.08	20.22
4.3	N-W	5	31.44	73.37	8.40
4.1	N-E	31	44.65	114.64	9.24

Fuente: Elaboración propia.

De forma general, se puede comprobar que la alternativa 2 presenta mayor número de viajes en casi todas las maniobras, pero en cuanto al tiempo de viaje se verifica claramente que la alternativa 1 posee un menor tiempo de viaje promedio para cada maniobra. Esta diferencia se debe a que los tiempos de demora promedio por vehículo (ver *Tabla 35*) son mayores en la alternativa 2. Por último, el menor tiempo de viaje presente en la alternativa 1 se denota en mayores velocidades promedio que garantizan un flujo adecuado y constante en la red.

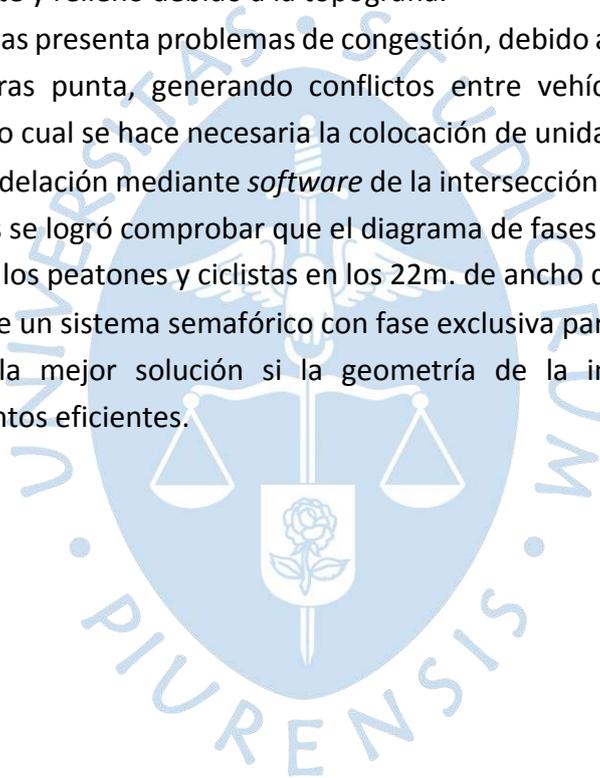


Conclusiones

- La ciclovía es una de las opciones más económicas y rápidas de implementar en una vía, con respecto a los otros tipos de infraestructuras ciclistas; debido a que se ubican dentro de la calzada preexistente o en el separador central.
- La ciclovía propone sostenibilidad y seguridad, dando cada usuario el justo espacio, de tal manera que se tendrá un ambiente cómodo ya sea para transitar y/o realizar actividades sociales, además de ello seguridad de peatones pues funciona a manera de amortiguamiento al separar vía peatonal y vehicular.
- La avenida Las Palmeras posee una longitud de 962 m, y está conformada por dos calzadas divididas por un separador central de 8.5 m de ancho promedio. Cada calzada cuenta con dos carriles de ancho variable entre 6.5 m y 7.5 m., de los cuales una calzada es utilizada como estacionamiento, limitando la zona de uso de una futura ciclovía.
- La topografía de la zona es principalmente llana con ligeras ondulaciones. En base al perfil longitudinal del alineamiento se concluye que la vía tiene altitudes que varían entre los 36 m.s.n.m y los 43 m.s.n.m.
- En general, la ciudad de Piura no cuenta con un buen sistema de drenaje, lo que genera problemas de inundación en caso de FEN. Según el estudio hidrológico realizado para la Av. Las Palmeras para la identificación de la cuenca base y con esto, el caudal de diseño, se lograron identificar las zonas propensas a inundaciones.
- Para un caudal de diseño calculado en el análisis hidrológico, se proponen dos alternativas para el drenaje de agua en la zona problema que se refiere a la depresión localizada entre el templo Juan Pablo II y el pasaje Los Tulipanes. La primera es una alcantarilla para la cual se determinó el diámetro correspondiente, sin embargo, esta opción se descartó pues para el caudal de diseño calculado, el diámetro obtenido es muy pequeño. La segunda opción es una canaleta colocada de manera transversal a la avenida Las Palmeras, con el fin de mantener la ciclovía libre de acumulaciones de agua cumpliendo con la serviciabilidad.
- Para el análisis de impacto ambiental, se tomaron en cuenta 4 factores: componentes fisicoquímicos, biológico-ecológicos, sociales y económicos. Para cada uno de estos se evaluó una serie de actividades correspondientes a la etapa de diseño y eventual

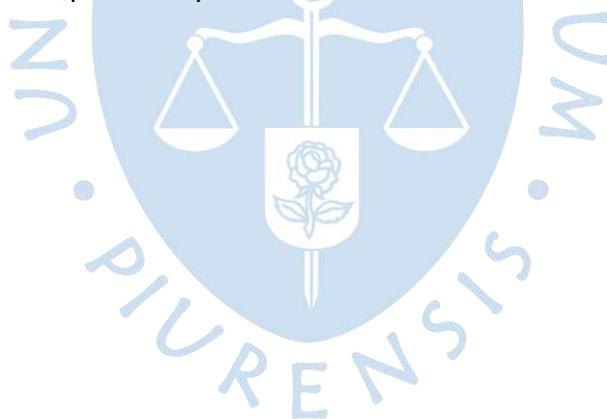
construcción de la ciclovía. Como resultado se tuvo que la futura implementación de la ciclovía tendrá un impacto positivo en todos los aspectos.

- La propuesta 2 del diseño geométrico (ciclocarril) tiene como principal inconveniente los anchos mínimos correspondientes a la calzada existente y al diseño planteado. Al no cumplir con la normativa expuesta, se requerirá para su implementación la expansión de ambos carriles, lo cual escapa de ser una propuesta económica. Siendo este el principal motivo entre de otros, se toma como alternativa final la propuesta 1, una ciclovía segregada en el separador central y bidireccional.
- La ciclovía se considerará al nivel existente del separador central con excepción de tramo que va desde el Pasaje Juan Pablo II hasta la Calle Las Margaritas. La sección transversal posee una pendiente de 12.5% por lo que en este tramo se realizarían trabajos de corte y relleno debido a la topografía.
- El Jr. Las Chavelas presenta problemas de congestión, debido al alto flujo vehicular que alcanza en horas punta, generando conflictos entre vehículos con peatones y/o bicicletas, por lo cual se hace necesaria la colocación de unidades semafóricas.
- Gracias a la modelación mediante *software* de la intersección entre Av. Las Palmeras y Jr. Las Chavelas se logró comprobar que el diagrama de fases es influido en dominado por el cruce de los peatones y ciclistas en los 22m. de ancho de la Av. Las Palmeras.
- Se concluye que un sistema semafórico con fase exclusiva para peatones y ciclistas no siempre será la mejor solución si la geometría de la intersección no permite entrecruzamientos eficientes.



Recomendaciones

- Para el análisis hidrológico, según el manual de hidrología, hidráulica y drenaje se recomienda un porcentaje de riesgo del 35% y un tiempo de vida útil de 15 años para Alcantarillas de paso quebradas menores y descarga de agua de cunetas, obteniendo un periodo de retorno de 35 años. Sin embargo, es recomendable usar un periodo de retorno de 50 años teniendo en cuenta la ocurrencia del FEN en la ciudad de Piura.
- En la etapa de construcción, prestar atención en la regulación de los procesos y manejo de residuos inmersos en la construcción de la ciclovia teniendo en cuenta el Sistema Nacional de Impacto Ambiental y su reglamento.
- En caso de que el proyecto de construcción de la ciclovia se quiera ejecutar, se recomienda realizar un estudio topográfico en campo, así como un estudio de tránsito que incluya el aforo peatonal y de ciclistas.





Referencias bibliográficas

- Araujo, J. (2020). Caminos y Transportes. (*Apuntes de clase*). Universidad de Piura, Piura, Perú.
- Área de Gobierno de Desarrollo Urbano Sostenible. (2016a). *Plan director de movilidad ciclista de Madrid*. Madrid, España: gea 21 Grupo de estudios y alternativas.
- Área de Gobierno de Desarrollo Urbano Sostenible. (2016b). *Revisión y Actualización del Plan Director de Movilidad Ciclista de Madrid*. Madrid, España.
- Burga, A. (2018). Modelación de sistema vial en campus Udep, incluyendo ciclovías. (*Tesis para optar el título de Ingeniero Civil*). Universidad de Piura, Piura, Perú.
- Cal, R. ; Reyes, M. (1994). *Ingeniería de Tránsito - Fundamentos y Aplicaciones* (7ma ed.). México: Alfaomega.
- CROW. (2006). *Manual de Diseño para el Tráfico de Bicicletas*. Holanda. Obtenido de https://www.academia.edu/28868256/Manual_Dise%C3%B1o_Tr%C3%A1fico_Bicicletas_CROW_
- Department of Scientific and Industrial Research. (1989). Traffic Signal Settings. *Road Research Technical*(Paper N°39).
- Directorate General of Highways - Ministerio de Obras Públicas. (1993). *Indonesian Highway Capacity Manual*. Indonesia: [s.n.].
- Ecología y Servicios S.A. (2014). *Estudio de Impacto Ambiental Rehabilitación de la Carretera CA-4: La Entrada – Santa Rosa de Copán*. Obtenido de <https://www.eib.org/attachments/registers/58423455.pdf>
- ENFEN. (2017). *Informe Técnico Extraordinario N°001-2017/ENFEN*. Obtenido de https://www.dhn.mil.pe/Archivos/Oceanografia/ENFEN/nota_tecnica/01-2017.pdf
- Estructuras Plásticas Maderplast S.A. (2 de Enero de 2020). *Maderplast*. Recuperado el 18 de Noviembre de 2020, de <https://www.maderplast.co/15-rejillas-plasticas-vehiculares-fuertes-acueductos-y-alcantarillados.html>
- Farías, M. (2019). Caudal Máximo. (*Apuntes de clase*). Universidad de Piura, Piura, Perú.
- Farías, M., & Ruiz, M. (2018). Determinación de ecuación Intensidad-Duración-Frecuencia en presencia de ENSO y Niño Costero. Caso: ciudad de Piura. *16th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology: "Innovation in Education and Inclusion"*, 8-11.

- Gamarra, A. (2018). Aspectos técnicos para la implementación de una ciclovía como parte de la remodelación de la Av. Chulucanas. (*Tesis para optar el título de Ingeniero Civil*). Universidad de Piura, Piura, Perú.
- Gamboa, K. (2009). Cálculo del índice de condición aplicado en el pavimento flexible en la Av. Las Palmeras de Piura. (*Tesis de licenciatura*). Universidad de Piura, Piura.
- García, L. (2014). Desarrollo de movilidad alternativa en una Urbanización. (*Informe técnico final de prácticas supervisadas*). Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba, Argentina.
- IDOM. (2019). *Plan maestro de movilidad Urbana Sostenible de la provincia de Piura*. Piura: CAF.
- INEI. (s.f.). *Data - Crim (Sistema integrado de estadísticas de la criminalidad y seguridad ciudadana)*. Obtenido de <http://datacrim.inei.gob.pe/panel/mapa#>
- Instituto de la Construcción y Gerencia. (2005). Manual de diseño geométrico de vías urbanas. Lima, Perú.
- La Nota Positiva. (28 de junio de 2019). Bogotá es una de las ciudades bici-amigables del mundo y se consolida como la capital de la bicicleta. *La Nota Positiva*. Obtenido de https://lanotapositiva.com/actualidad/bogota-ciudades-mas-bici-amigables-del-mundo-y-se-consolida-como-la-capital-de-la-bicicleta_16837
- Ley N° 27181 Reglamento de Jerarquización Vial. (26 de mayo de 2007). Diario Oficial El Peruano. Lima, Perú.
- Macedo, P. (2008). Proyecto de ciclovías. (*Master en Ingeniería Civil*). Universidad de Oporto, Oporto, Portugal.
- Ministerio de Transporte de Colombia. (2016). *Guía de ciclo-infraestructura para ciudades colombianas*. (C. Pardo, & A. Sanz, Edits.) Bogotá D.C.: Ministerio de Transporte de Colombia.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2016a). *Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor para Calles y Carreteras*. Lima, Perú.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2016b). Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje. Lima, Perú.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (Agosto de 2017). *Mapa vial por distritos (D.S. N° 011-2016-MTC)*. Obtenido de Ministerio de Transportes y Comunicaciones: https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/mapa-ruta-distrital.html
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2018). Manual de Carreteras: Diseño Geométrico. Lima, Perú.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2011). *Norma GH. 020 Componentes de diseño urbano*. Perú.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2014). *Norma Técnica CE. 030 Obras Especiales y Complementarias*. Lima, Perú.

- Municipalidad de Lima. (2005). *Plan Maestro de Ciclovías para Lima y Callao*. Lima, Perú.
- Municipalidad de Lima. (2017a). *Manual de diseño para estructura de ciclovías y Guía de Circulación de Bicicletas, 2017*. (P. Calderón, C. Pardo, & J. J. Arrué, Edits.) Municipalidad de Lima.
- Municipalidad de Lima. (2017b). *Manual de normas Técnicas para la construcción de Ciclovías y Guía de circulación de Bicicletas*. Lima, Perú.
- Municipalidad de Piura. (2017). *Distritos de Piura*. Obtenido de Municipalidad Provincial de Piura- República del Perú: <http://www.muniypiura.gob.pe/distritos-de-piura#piura>
- Municipalidad de Piura. (2019). *Conteo Vehicular*. (Microsoft Excel): Municipalidad de Piura.
- Muñoz, V. (2016). Diseño de ciclovías para ciudades intermedias, una propuesta para Loja. *INNOVA Research Journal*, 1(12), 11-22.
- Museo de Historia Mexicana. (12 de octubre de 2012). *Infografía de la historia de la bicicleta*. Obtenido de Pueblo ciclero: <https://pueblobiclero.org/infografia-de-la-historia-de-la-bicicleta/>
- Navarro, P. (2010). *La ingeniería de la bicicleta* (1° ed.). Madrid, España: Fundación ESTEYCO.
- Navin, F. (1994). *UVE del estudio de transporte en la ciudad de Piura*. [Tabla]. Recuperado de: Diseño de Intersecciones - SCRIB.
- Oficina de Programación Multianual de Inversiones. (2017). *Ficha técnica estándar*. Lima, Perú.
- PTV-AG. (2019). *PTV Vissim First Steps Tutorial*. Karlsruhe, Germany: PTV Palnung Transport Verkehr AG.
- Reyes, J. (2020). Diseño de alcantarillas. (*Apuntes de clase*). Universidad de Piura, Piura, Perú.
- Secretaría de Comunicaciones y Transportes. (2014). *Manual de Señalización Vial y Dispositivos de Seguridad* (6ta ed.). México.
- Secretaría de Comunicaciones y Transportes. (2018). *Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras* (3ra ed.). México.
- Secretaría del Medio Ambiente CDMX & Facultad de Arquitectura de la Universidad Nacional Autónoma de México. (2017). *Guía de diseño de infraestructura y equipamiento ciclista*. Ciudad de México, México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Senace. (2016). Guías para la presentación del Resumen Ejecutivo del EIA-d. (*Guía de orientación*). Ministerio del Ambiente, Lima.
- Sevillano, J. (2019). Plan rector y diseño conceptual de red de ciclovías para el distrito de Piura. (*Tesis para optar el grado académico de maestro en transportes y conservación vial*). Universidad Privada Antenor Orrego, Piura, Perú.
- SINIA. (24 de mayo de 2019). *Mapa Nacional de Ecosistemas del Perú*. Recuperado el 27 de setiembre de 2020, de Ministerio de Ambiente - SINIA (Sistema Nacional de

información Ambiental): <https://sinia.minam.gob.pe/mapas/mapa-nacional-ecosistemas-peru>

Transportation Reserch Board of the National Academies. (2010). *HCM 2010: Highway Capacity Manual*. Washington DC.

Valencia, V. (2000). Principios sobre semáforos. (*Trabajo para aspirar a la categoría de profesor asociado*). Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia.



Apéndices





Apéndice 1: Coordenadas UTM de alineamiento de ciclovía

Tabla 1. Coordenadas de alineamiento central de ciclovía

Progresiva	Norte	Este	Elevación
0+025.00	9428330.47	540329.897	40.0000
0+030.00	9428327.37	540339.405	41.3031
0+040.00	9428324.45	540348.966	41.1447
0+050.00	9428321.52	540358.528	41.1441
0+060.00	9428318.59	540368.089	41.253
0+070.00	9428315.66	540377.65	41.4025
0+080.00	9428312.73	540387.212	41.6091
0+090.00	9428309.8	540396.773	41.8164
0+100.00	9428306.87	540406.334	42.0238
0+110.00	9428303.94	540415.896	42.2312
0+120.00	9428301.01	540425.457	42.4381
0+130.00	9428298.08	540435.018	42.5232
0+140.00	9428295.15	540444.58	42.5635
0+150.00	9428292.22	540454.141	42.566
0+160.00	9428289.29	540463.703	42.3762
0+170.00	9428286.36	540473.264	41.8777
0+180.00	9428283.44	540482.825	41.3801
0+190.00	9428280.51	540492.387	40.8889
0+200.00	9428277.58	540501.948	40.3894
0+210.00	9428274.65	540511.509	39.8665
0+220.00	9428271.72	540521.071	39.3472
0+230.00	9428268.77	540530.625	38.9155
0+240.00	9428265.75	540540.158	38.6864
0+250.00	9428262.72	540549.688	38.4559
0+260.00	9428259.68	540559.217	38.2155
0+270.00	9428256.65	540568.747	38.0213
0+280.00	9428253.62	540578.277	38.0148
0+290.00	9428250.59	540587.806	38.0269
0+300.00	9428247.56	540597.336	38.0389
0+310.00	9428244.53	540606.865	38.0384
0+320.00	9428241.5	540616.395	38.0291
0+330.00	9428238.47	540625.925	38.018
0+340.00	9428235.44	540635.454	37.9583
0+350.00	9428232.41	540644.984	37.8481
0+360.00	9428229.38	540654.513	37.7221
0+370.00	9428226.34	540664.043	37.5887
0+380.00	9428223.31	540673.573	37.5129
0+390.00	9428220.28	540683.102	37.4387
0+400.00	9428217.25	540692.632	37.3639

Progresiva	Norte	Este	Elevación
0+410.00	9428214.22	540702.161	37.2729
0+420.00	9428211.19	540711.691	37.182
0+430.00	9428208.16	540721.221	37.2066
0+440.00	9428205.13	540730.75	37.3659
0+450.00	9428202.14	540740.294	37.5242
0+460.00	9428199.17	540749.844	37.6868
0+470.00	9428196.21	540759.394	37.8529
0+480.00	9428193.24	540768.944	38.1152
0+490.00	9428190.28	540778.494	38.3764
0+500.00	9428187.31	540788.044	38.6322
0+510.00	9428184.34	540797.594	38.8879
0+520.00	9428181.38	540807.144	39.0656
0+530.00	9428178.41	540816.694	39.2384
0+540.00	9428175.45	540826.244	39.3903
0+550.00	9428172.48	540835.794	39.5421
0+560.00	9428169.51	540845.344	39.5642
0+570.00	9428166.58	540854.902	39.5539
0+580.00	9428163.64	540864.461	39.5435
0+590.00	9428160.7	540874.02	39.5478
0+600.00	9428157.77	540883.58	39.5722
0+610.00	9428154.83	540893.139	39.5939
0+620.00	9428151.89	540902.698	39.5938
0+630.00	9428148.94	540912.252	39.4343
0+640.00	9428145.89	540921.776	39.2675
0+650.00	9428142.85	540931.3	39.0827
0+660.00	9428139.8	540940.825	38.8451
0+670.00	9428136.75	540950.349	38.5642
0+680.00	9428133.7	540959.873	38.2834
0+690.00	9428130.65	540969.397	38.0017
0+700.00	9428127.61	540978.921	37.7436
0+710.00	9428124.56	540988.445	37.4965
0+720.00	9428121.5	540997.968	37.2641
0+730.00	9428118.45	541007.491	37.0492
0+740.00	9428115.4	541017.014	36.9348
0+750.00	9428112.35	541026.537	36.8938
0+760.00	9428109.3	541036.06	36.8543
0+770.00	9428106.24	541045.582	36.8364
0+780.00	9428103.19	541055.105	36.7022
0+790.00	9428100.14	541064.628	36.5459
0+800.00	9428097.09	541074.151	36.4121
0+810.00	9428094.04	541083.674	36.2837
0+820.00	9428090.98	541093.197	36.2773
0+830.00	9428087.93	541102.72	36.3628
0+840.00	9428084.88	541112.243	36.4447

Progresiva	Norte	Este	Elevación
0+850.00	9428081.83	541121.766	36.5203
0+860.00	9428078.78	541131.288	36.6551
0+870.00	9428075.72	541140.811	36.9276
0+880.00	9428072.67	541150.334	37.2002
0+890.00	9428069.62	541159.857	37.4587
0+900.00	9428066.57	541169.38	37.7113
0+910.00	9428063.52	541178.903	38.0091
0+920.00	9428060.46	541188.426	38.3157
0+930.00	9428057.41	541197.949	38.5937
0+940.00	9428054.36	541207.472	38.8
0+950.00	9428051.31	541216.994	39.0298
0+960.00	9428048.26	541226.517	39.1062

Fuente: Elaboración propia.

Apéndice 2: Panel fotográfico

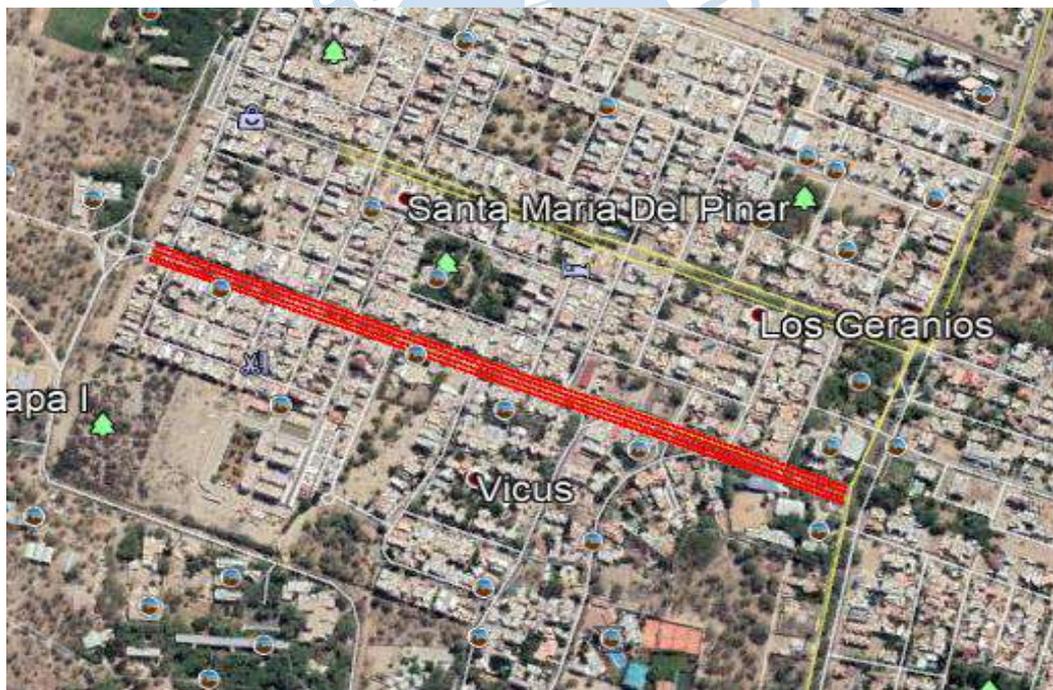


Figura 1. Vista de planta en la que se muestra la ubicación de la Av. Las Palmeras, colindante con las urbanizaciones Santa María del Pinar, Laguna del Chipe, Vicús, Los Geranios, Los Cocos del Chipe

Fuente: *Google Earth Pro* (2020).



Figura 2. Salida de Universidad de Piura e inicio de Av. Las Palmeras

Fuente: Elaboración propia.



Figura 3. Intersección de Av. Las Palmeras con Jr. Las Chavelas

Fuente: Elaboración propia.



Figura 4. Vista de la Avenida Las Palmeras en tramo frente a Iglesia Juan Pablo II

Fuente: Elaboración propia.

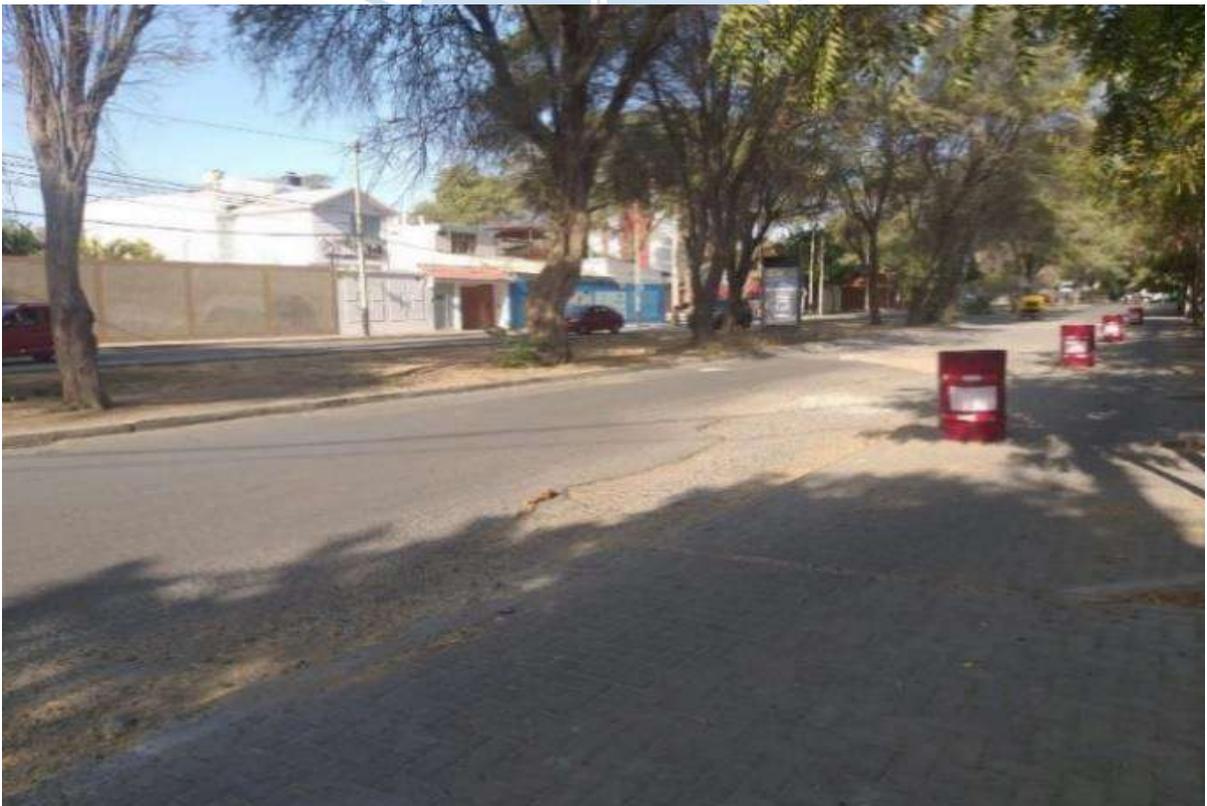


Figura 5. Vista de Avenida Las Palmeras en tramo frente a Colegio Montessori

Fuente: Fuente propia.



Figura 6. Avenida Las Palmeras en tramo frente a Metro

Fuente: Fuente propia.

Apéndice 3: Diseño de ciclo semafórico de propuesta 2

Tabla 2. Verificación de flujos vehiculares necesarios para la colocación de semáforos.

Hora		Av. Las Palmeras		Jr. Las Chavelas	
Inicio	Fin	Flujo (veh/h) de ambos accesos	Flujos mayores a 900 veh/h	Flujo (veh/h) del acceso único	Flujos mayores a 100 veh/h
06:30:00	07:30:00	185	No	150	Sí
06:45:00	07:45:00	259	No	210	Sí
07:00:00	08:00:00	301	No	207	Sí
07:15:00	08:15:00	289	No	186	Sí
07:30:00	08:30:00	339	No	181	Sí
07:45:00	08:45:00	327	No	156	Sí
08:00:00	09:00:00	310	No	166	Sí
08:15:00	09:15:00	353	No	199	Sí
08:30:00	09:30:00	333	No	187	Sí
08:45:00	09:45:00	334	No	216	Sí
09:00:00	10:00:00	324	No	192	Sí

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3. Distribución de ciclo vehicular para propuesta 2 de semáforo de intersección.

Fase	Flujos de distribución 1/3 (veh/h)	S (veh/h)	Yi	T fase (s)	V (s)	A (s)	TR (s)
I	258	2230	0.12	14	9	4	1
II	234	2006	0.10	12	5	4	3
Total			0.22				
Co (s)			26				

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4. Flujo de saturación para propuesta 2 de semáforo de intersección

Parámetros		Acceso		
Ítem	Descripción	1	3	4
So (veh/h)	Flujo de saturación ideal	1900	1900	1900
N	Número de carriles del acceso	2	2	2
w (m)	Ancho de Carril	2.90	3.80	2.60
fw	$fw = 0.96$ si $w < 3$ / $fw = 1$ si $3 \leq w < 3.9$	0.96	1.00	0.96
f _{HV}	Usar ecuación de la Tabla 11	0.97	0.96	0.97
P _{HV} (%)	% de vehículos pesados del acceso, ver Tabla 22	3.17	3.66	3.14
fg	Usar ecuación de la Tabla 11	1.01	0.99	1.01
Pg (%)	Pendiente del acceso, obtenidas de la topografía	-1.78	1.78	-1.11
fp	Accesos 1 y 4 no hay estacionamientos adyacentes, para el acceso 3 usar Ec. 10, pues no se conoce Nm	1.00	0.82	1.00
Lp (m)	El primer estacionamiento dista de la línea de parada 10 m, según <i>Google Earth</i>		10.00	
wa (m)	Ancho del acceso	5.80	7.60	5.20
g (s)	Tiempo de verde efectivo = tiempo de verde de la fase del ciclo prediseñado	10.00	10.00	22.00
fb	Usar ecuación de la Tabla 11	0.99	0.98	0.98
Nb	Buses que paran/h = Combis rurales/h	4.00	12.00	8.00
fa	$fa = 0.9$ si se tiene área tipo CBDs	0.90	0.90	0.90
fLU	Todos tienen carril exclusivo, ya sea a la derecha o a la izquierda	1.00	1.00	1.00
fRT	Usar ecuación de la Tabla 11	1.00	0.85	0.85
ER	ER = 1.18 para carril exclusivo con giro a la derecha / ER = 1 cuando no hay giro a la derecha	1.00	1.18	1.18
fLT	Usar ecuación de la Tabla 11	0.67	1.00	0.75
vo (veh/h)	Flujo de movimiento de frente, que están opuestos al acceso y deberán ser los VHMD	133.00	95.00	Intersección en T
EL	Interpolar valores de Tabla 15/ EL = 1 si no hay giro a la izquierda/ intersección en T ver Tabla 14	1.50	1.00	1.33
fLpb	fLpb o fRpb = 1, pues no hay conflicto de vehículos con peatones/bicicletas	1.00	1.00	1.00
fRpb		1.00	1.00	1.00
S (veh/h)	Flujo de saturación: usar Ec. 9	2124	2230	2006

Fuente: Elaboración propia.



Anexos





Anexo 1: Tasa de crecimiento anual de vehículos

Tabla 1. Tasa de crecimiento anual de vehículos ligeros y pesados

Tasa de Crecimiento de Vehículos Ligeros		Tasa de Crecimiento de Vehículos Pesados	
Región	TC	Región	PBI
Amazonas	0.62%	Amazonas	3.42%
Ancash	0.59%	Ancash	1.05%
Apurímac	0.59%	Apurímac	6.65%
Arequipa.	1.07%	Arequipa.	3.37%
Ayacucho	1.18%	Ayacucho	3.60%
Cajamarca.	0.57%	Cajamarca.	1.29%
Callao	1.56%	Cusco.	4.43%
Cusco.	0.75%	Huancavelica.	2.33%
Huancavelica.	0.83%	Huánuco.	3.85%
Huánuco.	0.91%	Ica.	3.54%
Ica.	1.15%	Junín.	3.90%
Junín.	0.77%	La Libertad	2.83%
La Libertad	1.26%	Lambayeque.	3.45%
Lambayeque.	0.97%	Callao	3.41%
Lima Provincia	1.45%	Lima Provincia	3.07%
Lima.	1.45%	Lima.	3.69%
Loreto.	1.30%	Loreto.	1.29%
Madre de Dios	2.58%	Madre de Dios	1.98%
Moquegua	1.08%	Moquegua	0.27%
Pasco.	0.84%	Pasco.	0.36%
Piura.	0.87%	Piura.	3.23%
Puno.	0.92%	Puno.	3.21%
San Martín.	1.49%	San Martín.	3.84%
Tacna.	1.50%	Tacna.	2.88%
Tumbes.	1.58%	Tumbes.	2.60%
Ucayali	1.51%	Ucayali	2.77%

Fuente: Oficina de Programación Multianual de Inversiones. (2017)

Anexo 2: Volumen horario de máxima demanda

Tabla 2. Volumen horario de máxima demanda - viernes 29 de noviembre de 2019.

DÍA		VIERNES			8:15					8:30					8:45					9:00					TOTAL									
HORA		ESTACIÓN 2			8:30					8:45					9:00					9:15														
		VEH.	SUMA	%	1.1	1.2	3.2	3.3	4.1	4.3	1.1	1.2	3.2	3.3	4.1	4.3	1.1	1.2	3.2	3.3	4.1	4.3	1.1	1.2	3.2	3.3	4.1	4.3	1.1	1.2	3.2	3.3	4.1	4.3
MOTOLINEAL	MOTOLINEAL		73	13%		1	4	6	6	4	1	1	2	3	7	2		1	2	3	9			1	4	6	6	4	1	4	12	18	28	10
MOTOTAXI	MOTOTAXI		97	18%				12	16					5	3	1			1	7	18					12	22		0	0	1	36	59	1
AUTO	AUTO		245	44%	2	20	20	14	10	10	1	13	10	10	5	4	3	12	14	5	9	3	2	20	14	20	15	9	8	65	58	49	39	26
CAMIONETA	PICKUP		128	23%	1	1	5	15	4	2	1	3	17	8	8	4	4	1	10	4	4	5	1	1	6	17	4	2	7	6	38	44	20	13
	PANEL		9	2%		1		1	1					1	1					1				1		1	1		0	2	0	4	3	0
MICRO	MICRO		0	0%																									0	0	0	0	0	0
BUS	2E		0	0%																									0	0	0	0	0	0
CAMION	8X4		0	0%																									0	0	0	0	0	0
SEMITRAYLER	2S1/2S2		0	0%																									0	0	0	0	0	0
TRAYLER	2T2		0	0%																									0	0	0	0	0	0
			552	100%	3	23	29	48	37	16	3	17	29	27	24	11	7	14	27	20	40	8	3	23	24	56	48	15	16	77	109	151	149	50
			Total		156					111					116					169					552									
			FHP		1.13					0.85					0.84					1.31					1.22									

Fuente: Municipalidad de Piura (2019).

Anexo 3: Planos topográficos de la Av. Las Palmeras

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK



CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

UNIVERSIDAD DE PIURA
FACULTAD DE INGENIERÍA

DISEÑO GEOMÉTRICO DE CICLOVÍA EN
AVENIDA LAS PALMERAS

GARCÍA FRANCO, ADRIANA
PEDRAZA ALTAMIRANO, EDUARD
PÉREZ HEREDIA, JAMERSHON
YRIGROYEN BUSTAMANTE, VALERIA

PLANO TOPOGRÁFICO
DE LA AVENIDA LAS
PALMERAS
TRAMO
K 0+025
K 0+200

ESCALA
1:1000

PLANO
T-01

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK



UNIVERSIDAD DE PIURA
 FACULTAD DE INGENIERÍA

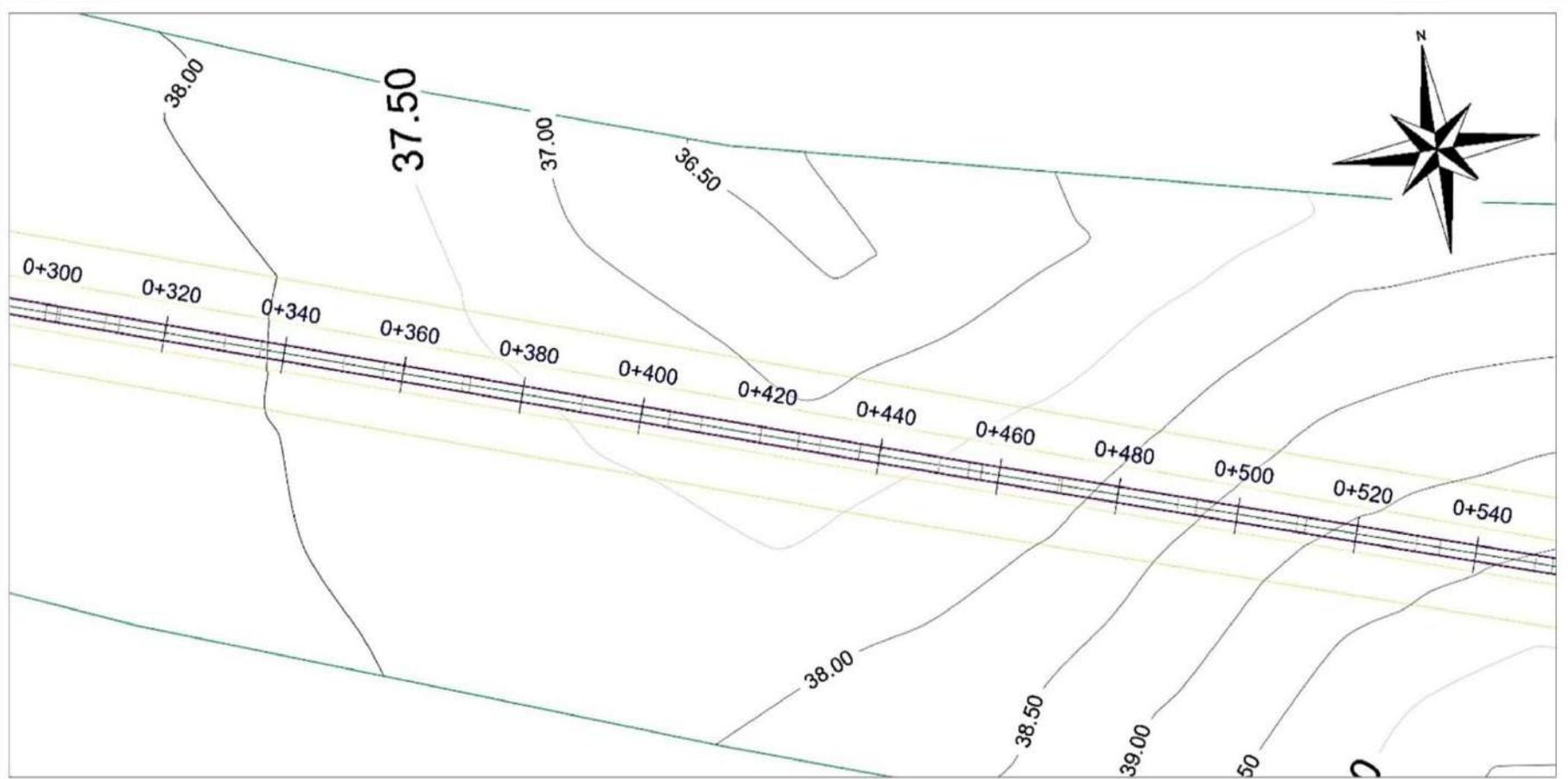
DISEÑO GEOMÉTRICO DE CICLOVÍA EN
 AVENIDA LAS PALMERAS

GARCÍA FRANCO, ADRIANA
 PEDRAZA ALTAMIRANO, EDUARD
 PÉREZ HEREDIA, JAMERSON
 YRIGOYEN BUSTAMANTE, VALERIA

PLANO TOPOGRÁFICO
 DE LA AVENIDA LAS
 PALMERAS
 TRAMO
 K 0+080
 K 0+300

ESCALA
 1:1000

PLANO
T-02



UNIVERSIDAD DE PIURA
FACULTAD DE INGENIERÍA

DISEÑO GEOMÉTRICO DE CICLOVÍA EN
AVENIDA LAS PALMERAS

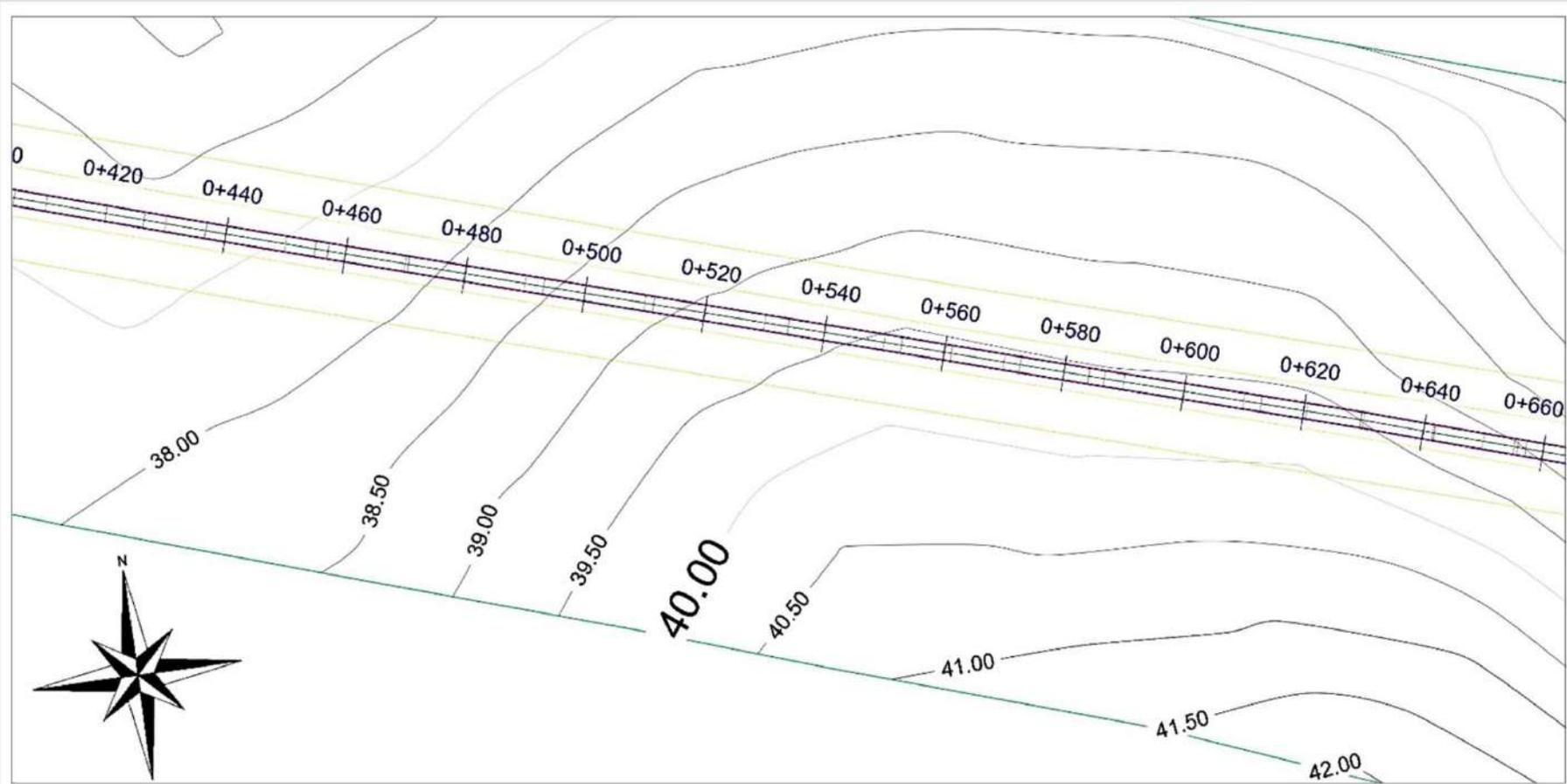
GARCÍA FRANCO, ADRIANA
PEDRAZA ALTAMIRANO, EDUARD
PÉREZ HEREDIA, JAMERSHON
YRIGOYEN BUSTAMANTE, VALERIA

PLANO TOPOGRÁFICO
DE LA AVENIDA LAS
PALMERAS
TRAMO
K 0+300
K 0+540

ESCALA
1:1000

PLANO
T-03

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK



CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

UNIVERSIDAD DE PIURA
FACULTAD DE INGENIERÍA

DISEÑO GEOMÉTRICO DE CICLOVÍA EN
AVENIDA LAS PALMERAS

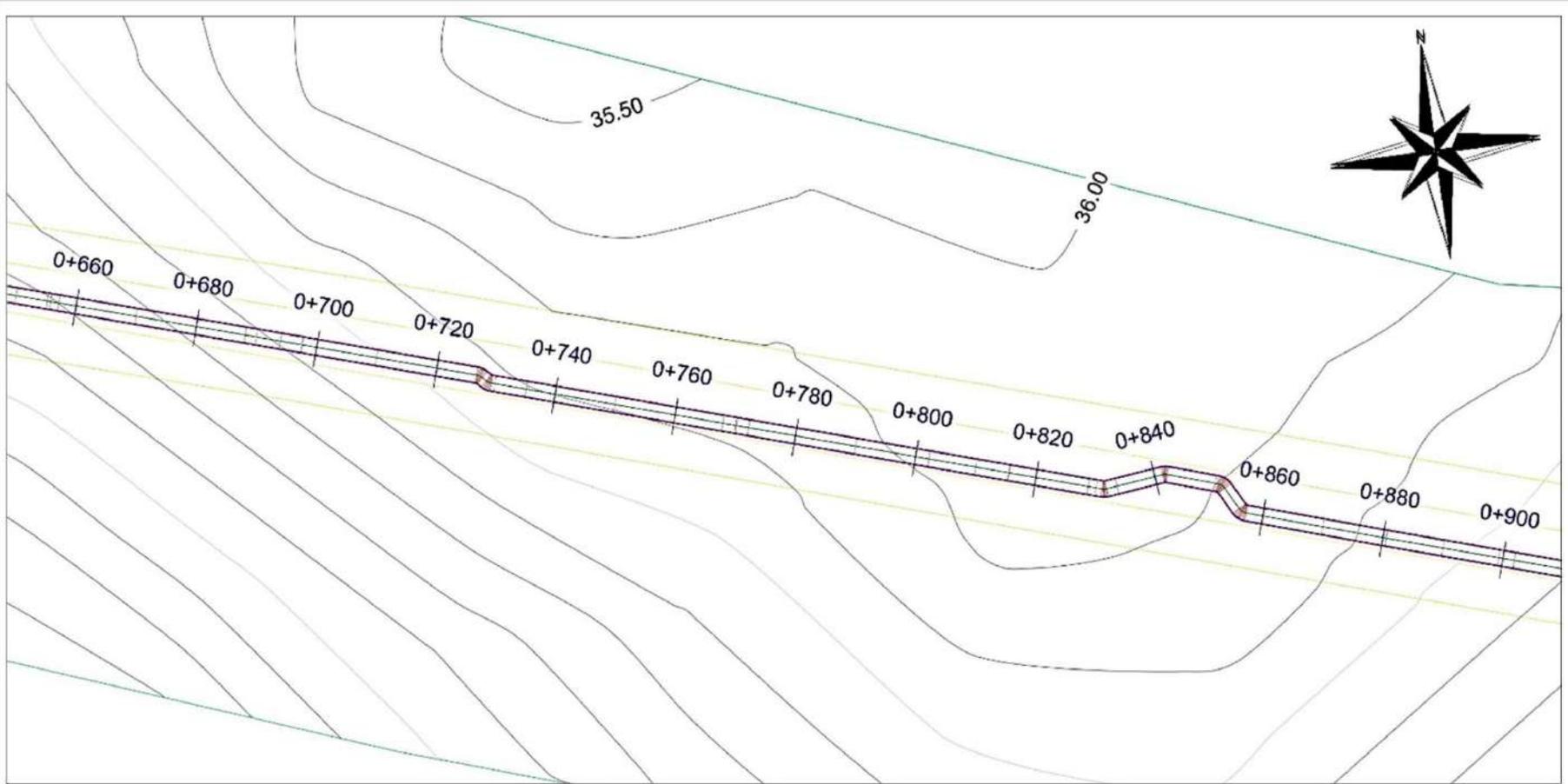
GARCÍA FRANCO, ADRIANA
PEDRAZA ALTAMIRANO, EDUARD
PÉREZ HEREDIA, JAMERSON
YRIGROYEN BUSTAMANTE, VALERIA

PLANO TOPOGRÁFICO
DE LA AVENIDA LAS
PALMERAS
TRAMO
K 0+420
K 0+660

ESCALA
1:1000

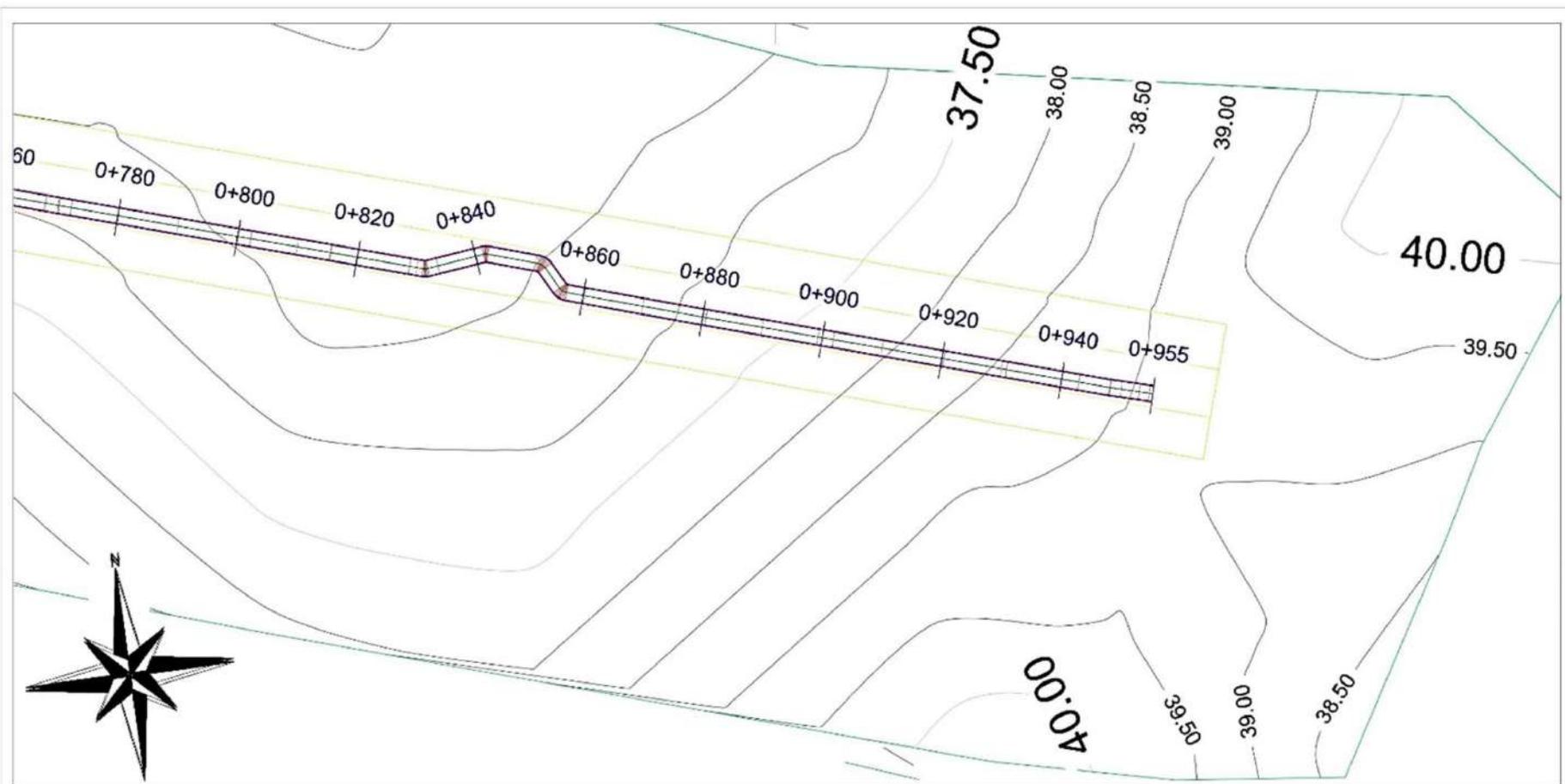
PLANO
T-04

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK



UNIVERSIDAD DE PIURA
 FACULTAD DE INGENIERÍA

DISEÑO GEOMÉTRICO DE CICLOVÍA EN AVENIDA LAS PALMERAS	PLANO TOPOGRÁFICO DE LA AVENIDA LAS PALMERAS	ESCALA 1:1000
GARCÍA FRANCO, ADRIANA PEDRAZA ALTAMIRANO, EDUARD PÉREZ HEREDIA, JAMERSON YRIGOYEN BUSTAMANTE, VALERIA	TRAMO K 0+660/ K 0+900	PLANO T-05

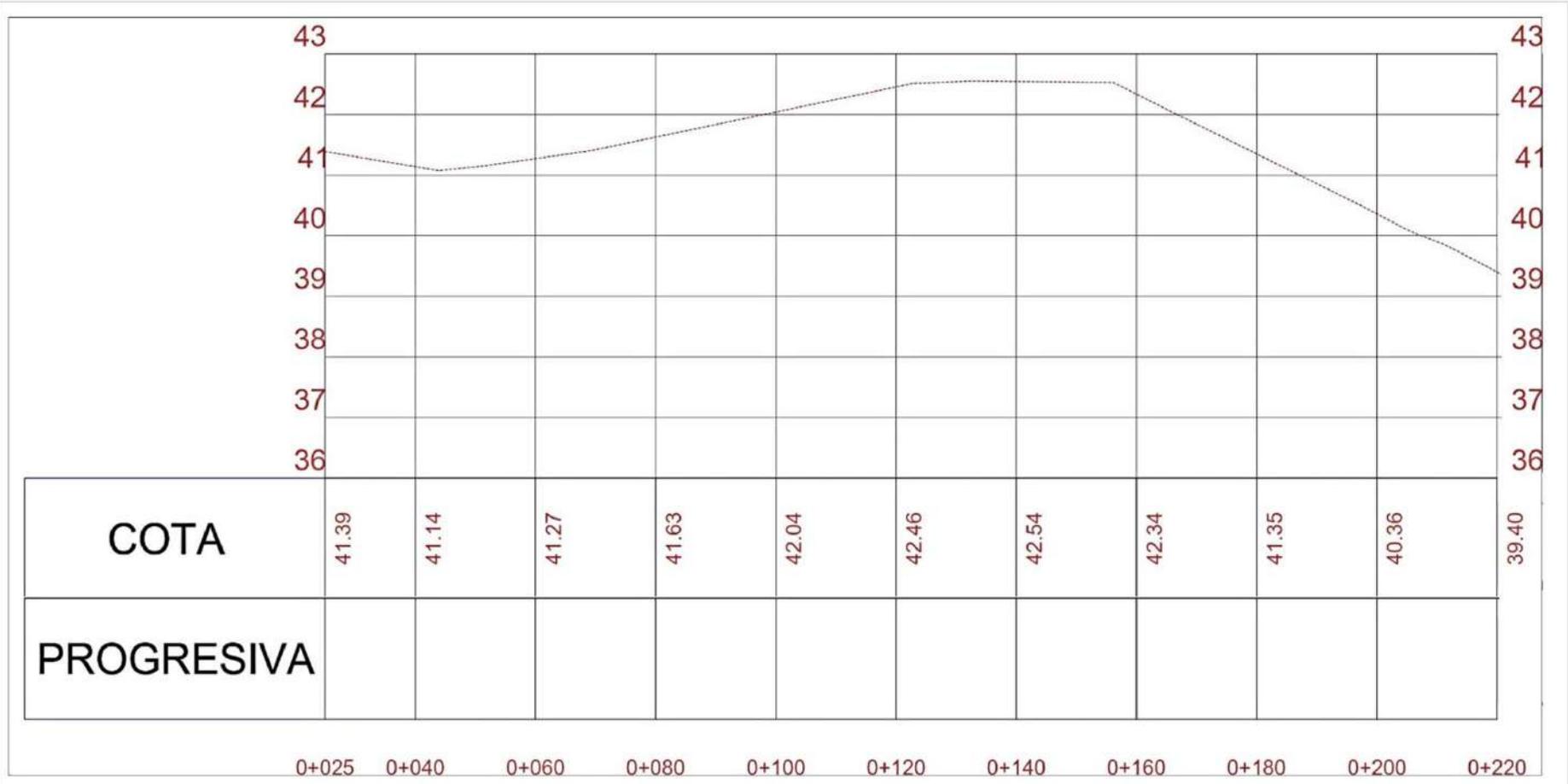


UNIVERSIDAD DE PIURA
 FACULTAD DE INGENIERÍA

DISEÑO GEOMÉTRICO DE CICLOVÍA EN AVENIDA LAS PALMERAS	PLANO TOPOGRÁFICO DE LA AVENIDA LAS PALMERAS TRAMO K 0+780 K 0+955	ESCALA	1:1000
		PLANO	T-06

GARCÍA FRANCO, ADRIANA
 PEDRAZA ALTAMIRANO, EDUARD
 PÉREZ HEREDIA, JAMERSON
 YRIGOYEN BUSTAMANTE, VALERIA

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK



UNIVERSIDAD DE PIURA FACULTAD DE INGENIERÍA		
DISEÑO GEOMÉTRICO DE CICLOVÍA EN AVENIDA LAS PALMERAS	PERFIL LONGITUDINAL DE LA AVENIDA LAS PALMERAS TRAMO K 0+025 K 0+220	ESCALA EV: 1/100 EH: 1/1000 PLANO T-07
GARCÍA FRANCO, ADRIANA PEDRAZA ALTAMIRANO, EDUARD PÉREZ HEREDIA, JAMERSON YRIGOYEN BUSTAMANTE, VALERIA		

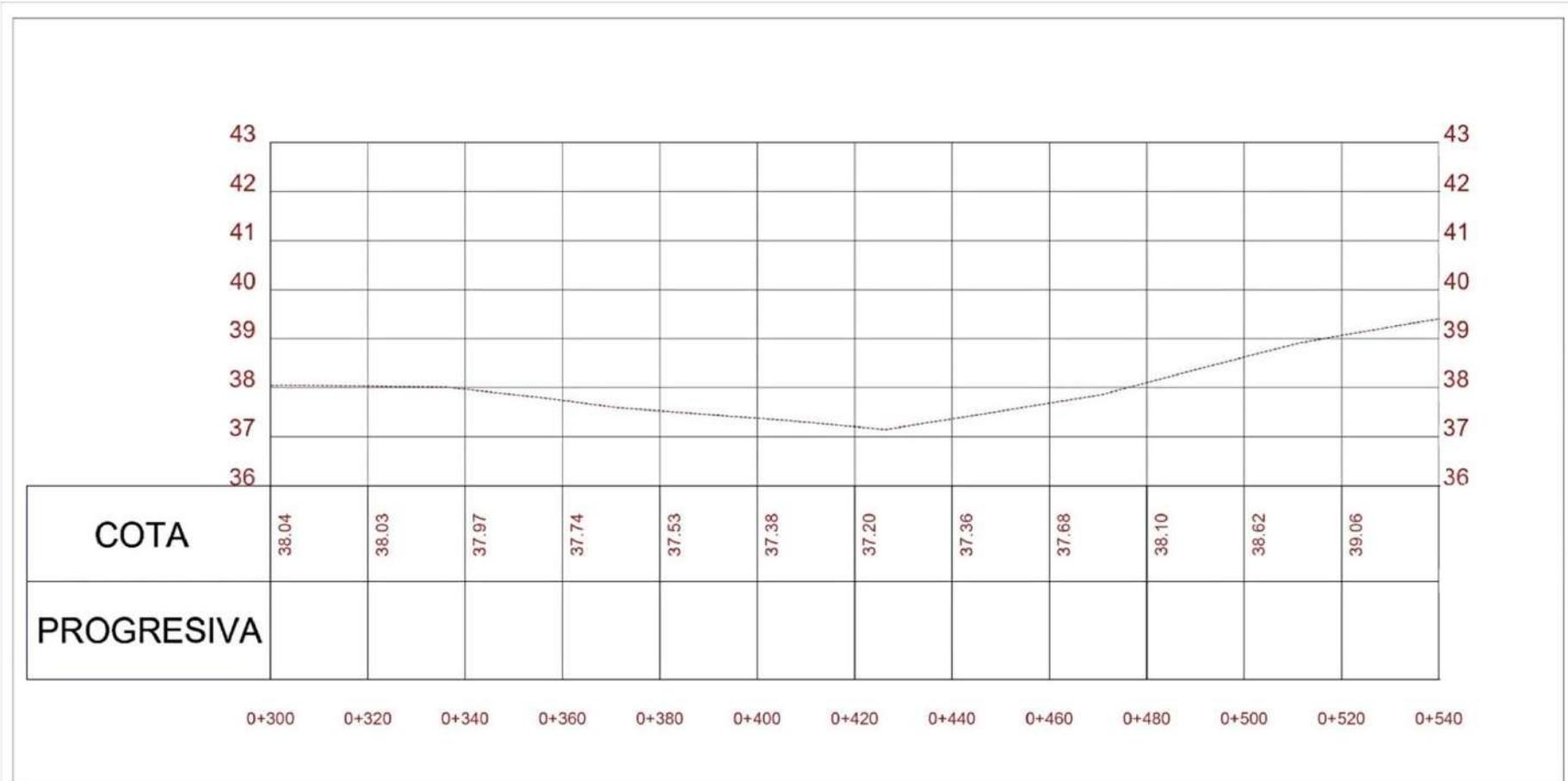
CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK



UNIVERSIDAD DE PIURA FACULTAD DE INGENIERÍA		
DISEÑO GEOMÉTRICO DE CICLOVÍA EN AVENIDA LAS PALMERAS	PERFIL LONGITUDINAL DE LA AVENIDA LAS PALMERAS TRAMO K 0+120 K 0+300	ESCALA EV: 1:100 EH: 1/1000 PLANO T-08
GARCÍA FRANCO, ADRIANA PEDRAZA ALTAMIRANO, EDUARD PÉREZ HEREDIA, JAMERSON YRIGOYEN BUSTAMANTE, VALERIA		

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK



UNIVERSIDAD DE PIURA
FACULTAD DE INGENIERÍA

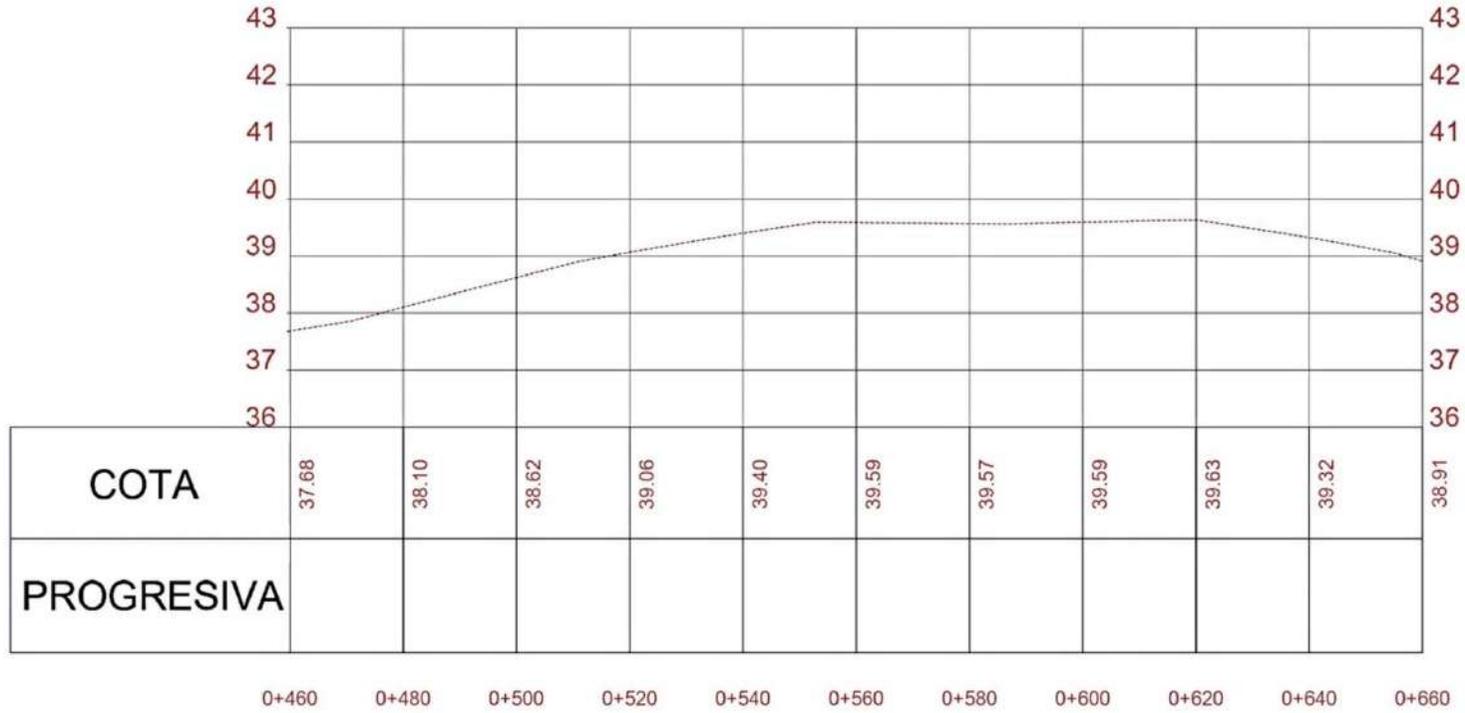
DISEÑO GEOMÉTRICO DE CICLOVÍA EN
AVENIDA LAS PALMERAS

GARCÍA FRANCO, ADRIANA
PEDRAZA ALTAMIRANO, EDUARD
PÉREZ HEREDIA, JAMERSON
YRIGOYEN BUSTAMANTE, VALERIA

PERFIL LONGITUDINAL
DE LA AVENIDA LAS
PALMERAS
TRAMO
K 0+300
K 0+540

ESCALA
EV: 1:125
EH: 1/1250

PLANO
T-09



UNIVERSIDAD DE PIURA
FACULTAD DE INGENIERÍA

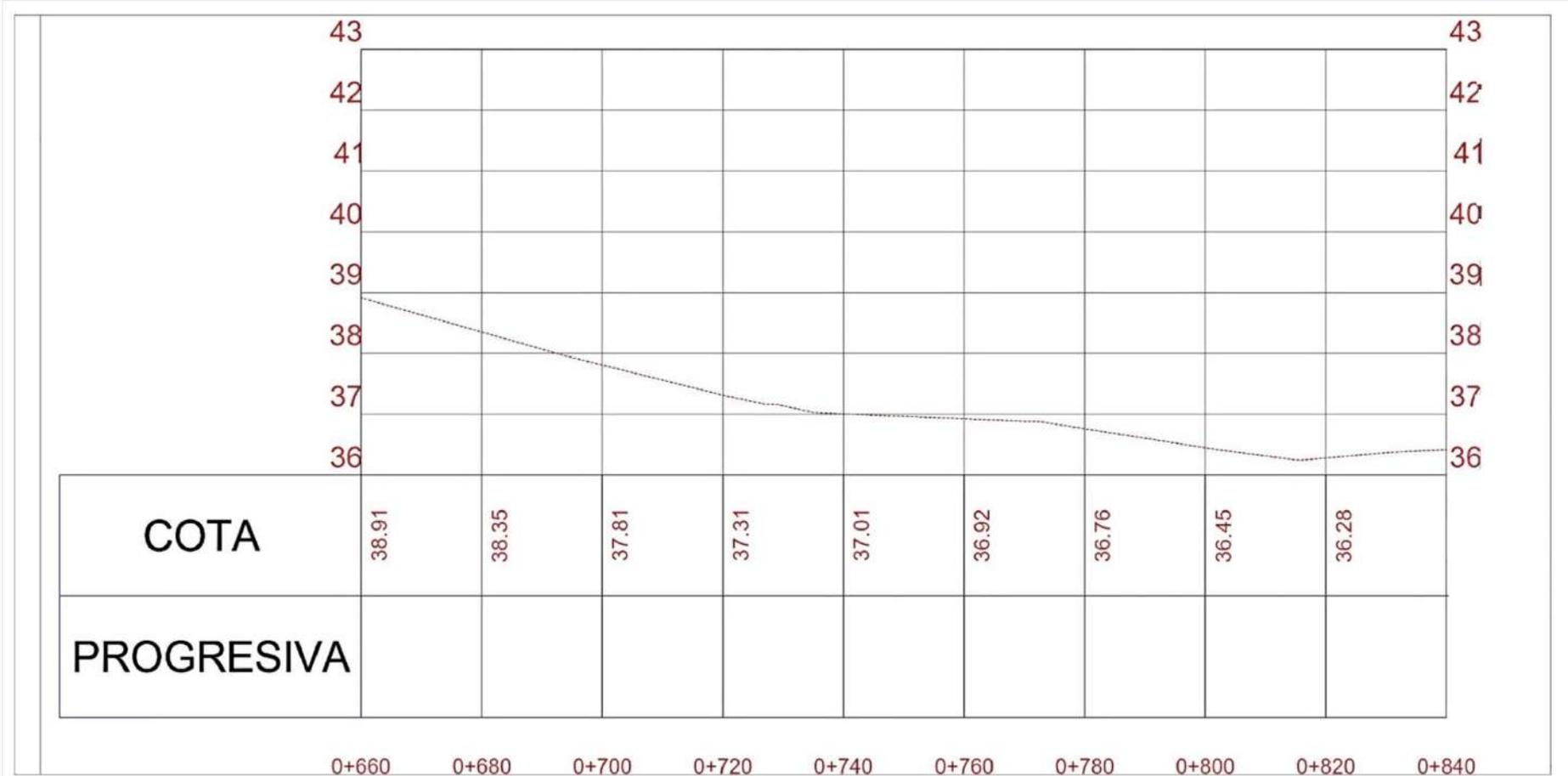
DISEÑO GEOMÉTRICO DE CICLOVÍA EN
AVENIDA LAS PALMERAS

GARCÍA FRANCO, ADRIANA
PEDRAZA ALTAMIRANO, EDUARD
PÉREZ HEREDIA, JAMERSON
YRIGOEYEN BUSTAMANTE, VALERIA

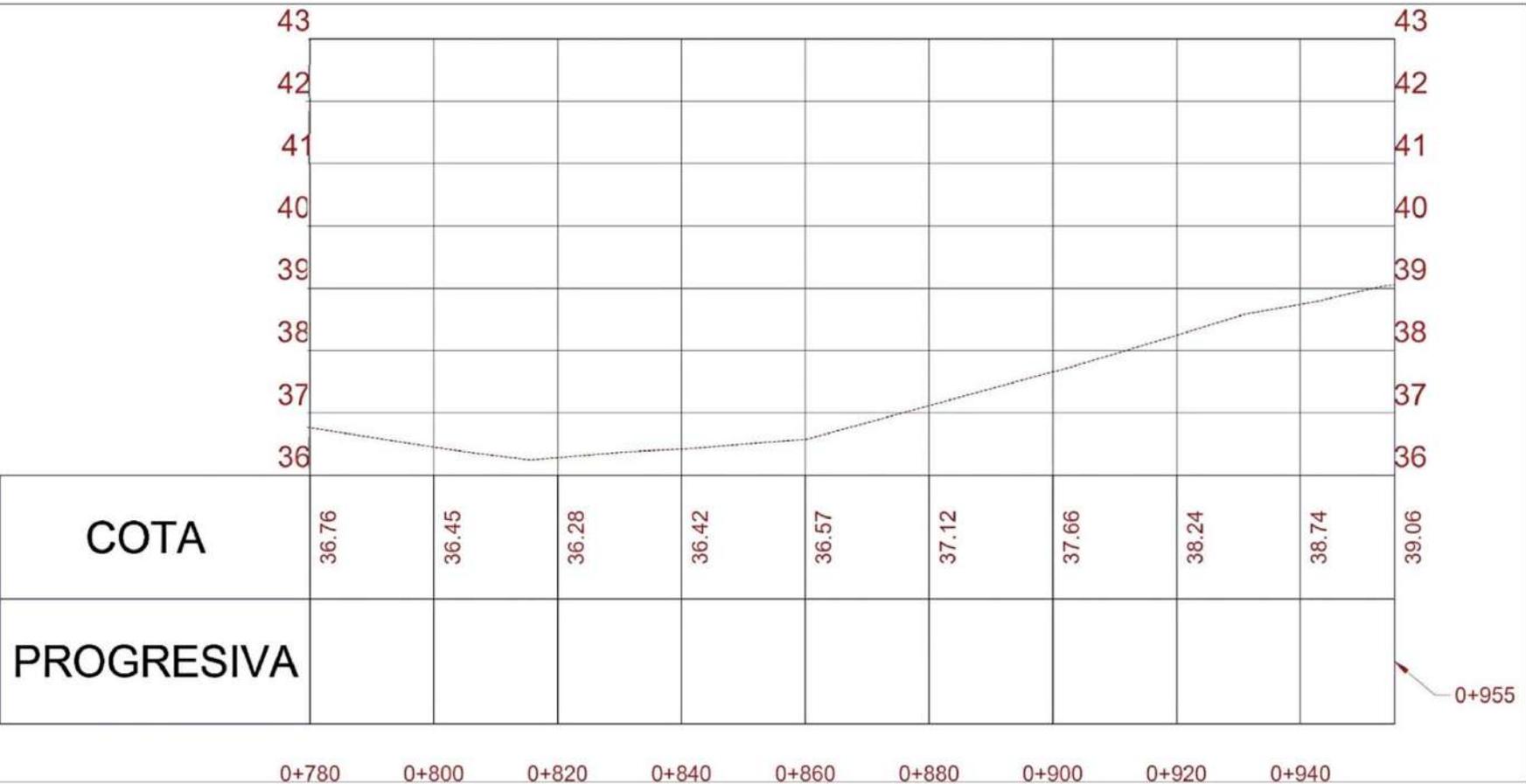
PERFIL LONGITUDINAL
DE LA AVENIDA LAS
PALMERAS
TRAMO
K 0+460
K 0+660

ESCALA
EV: 1:125
EH: 1/1250

PLANO
T-10



UNIVERSIDAD DE PIURA FACULTAD DE INGENIERÍA		
DISEÑO GEOMÉTRICO DE CICLOVÍA EN AVENIDA LAS PALMERAS	PERFIL LONGITUDINAL DE LA AVENIDA LAS PALMERAS TRAMO K 0+660 K 0+840	ESCALA EV: 1:100 EH: 1/1000 PLANO T-11
GARCÍA FRANCO, ADRIANA PEDRAZA ALTAMIRANO, EDUARD PÉREZ HEREDIA, JAMERSON YRIGOEYEN BUSTAMANTE, VALERIA		



COTA

PROGRESIVA

0+780 0+800 0+820 0+840 0+860 0+880 0+900 0+920 0+940

UNIVERSIDAD DE PIURA
FACULTAD DE INGENIERÍA

DISEÑO GEOMÉTRICO DE CICLOVÍA EN
AVENIDA LAS PALMERAS

GARCÍA FRANCO, ADRIANA
PEDRAZA ALTAMIRANO, EDUARD
PÉREZ HEREDIA, JAMERSON
YRIGOEYEN BUSTAMANTE, VALERIA

PERFIL LONGITUDINAL
DE LA AVENIDA LAS
PALMERAS
TRAMO
K 0+780
K 0+955

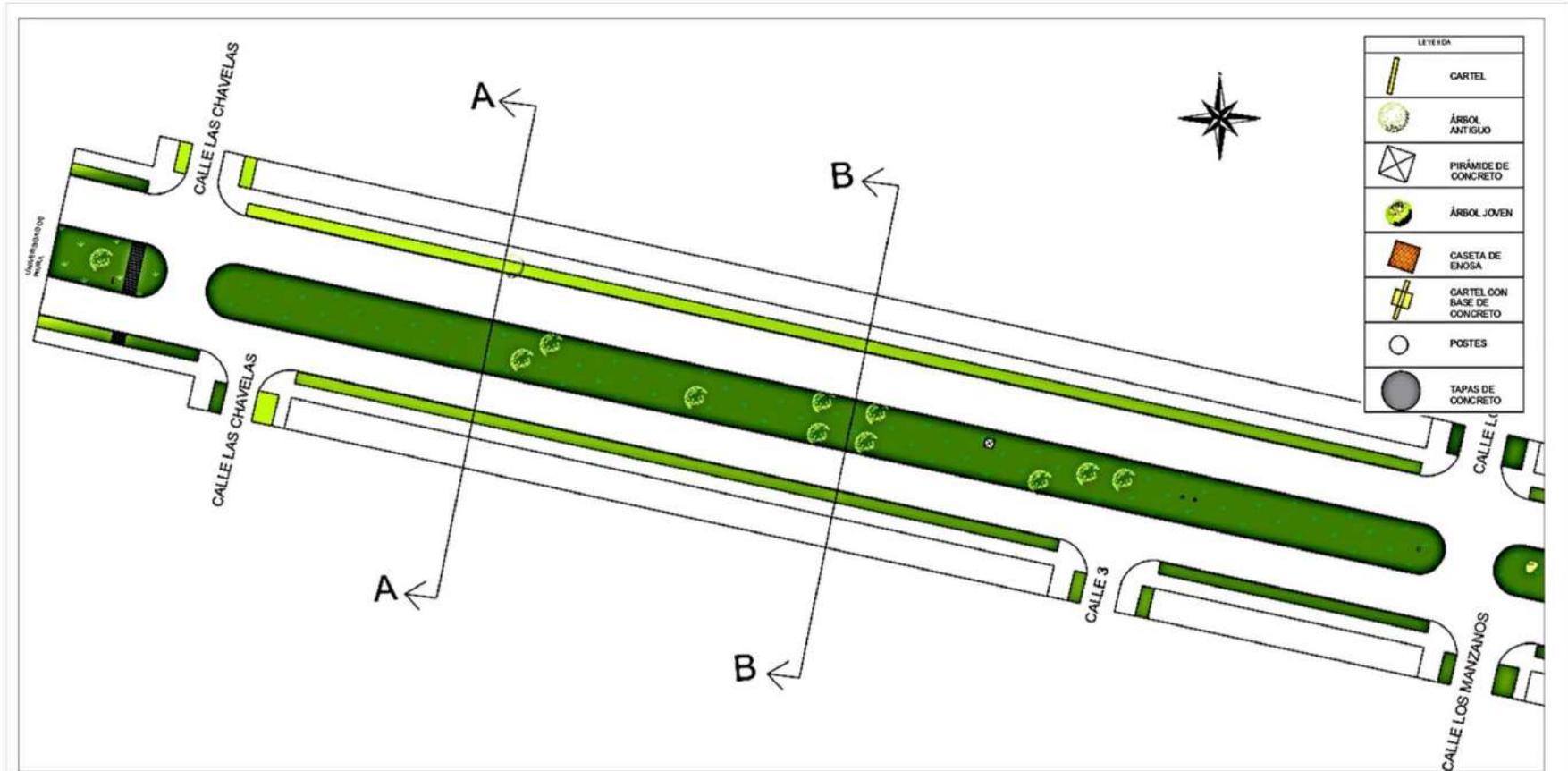
ESCALA
EV: 1:100
EH: 1/1000

PLANO
T-12

Anexo 4: Planos arquitectónicos de la Av. Las Palmeras.

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK



LEYENDA	
	CARTEL
	ÁRBOL ANTIGUO
	PIRÁMIDE DE CONCRETO
	ÁRBOL JOVEN
	CASETA DE ENOSA
	CARTEL CON BASE DE CONCRETO
	POSTES
	TAPAS DE CONCRETO

UNIVERSIDAD DE PIURA
FACULTAD DE INGENIERÍA

DISEÑO GEOMÉTRICO DE CICLOVÍA EN
AVENIDA LAS PALMERAS

GARCÍA FRANCO, ADRIANA
PEDRAZA ALTAMIRANO, EDUARD
PÉREZ HEREDIA, JAMERSON
YRIGOEYEN BUSTAMANTE, VALERIA

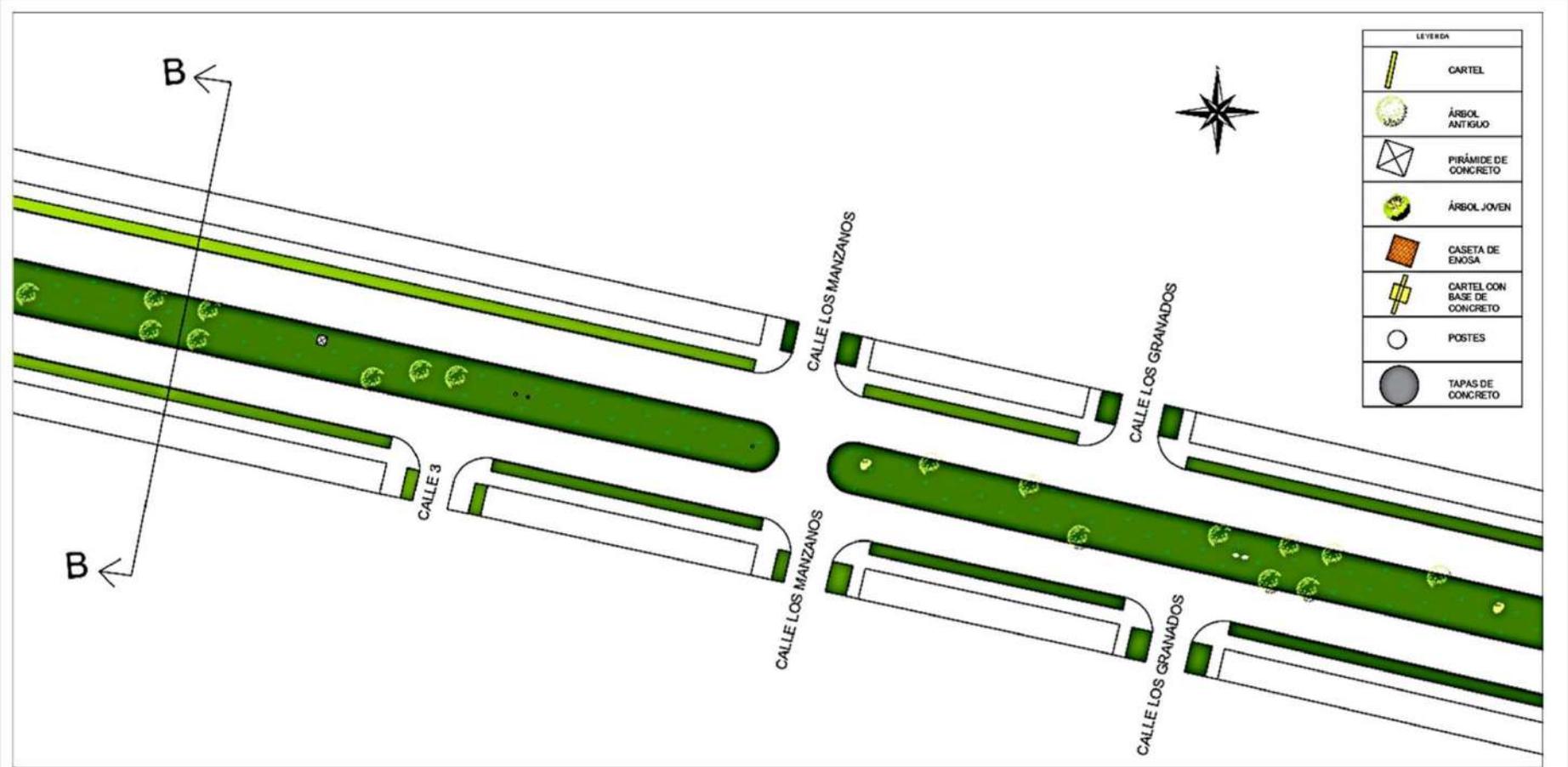
PLANO
ARQUITECTONICO
DE LA AVENIDA LAS
PALMERAS

ESCALA
1:1000

PLANO
A-01

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK



UNIVERSIDAD DE PIURA
FACULTAD DE INGENIERÍA

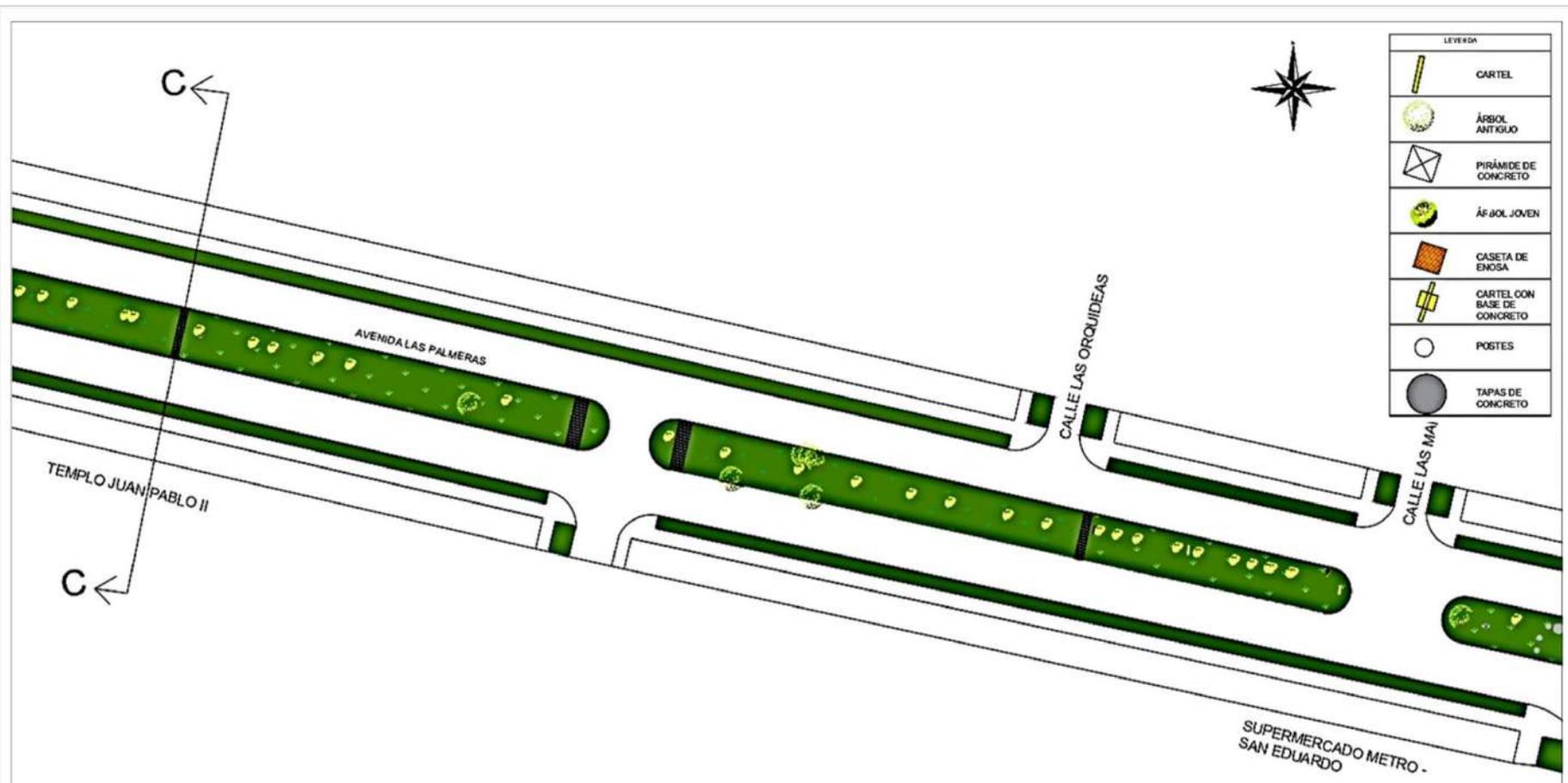
DISEÑO GEOMÉTRICO DE CICLOVÍA EN
AVENIDA LAS PALMERAS

GARCÍA FRANCO, ADRIANA
PEDRAZA ALTAMIRANO, EDUARD
PÉREZ HEREDIA, JAMERSON
YRIGOYEN BUSTAMANTE, VALERIA

PLANO
ARQUITECTÓNICO
DE LA AVENIDA LAS
PALMERAS

ESCALA
1:1000

PLANO
A-02



UNIVERSIDAD DE PIURA
FACULTAD DE INGENIERÍA

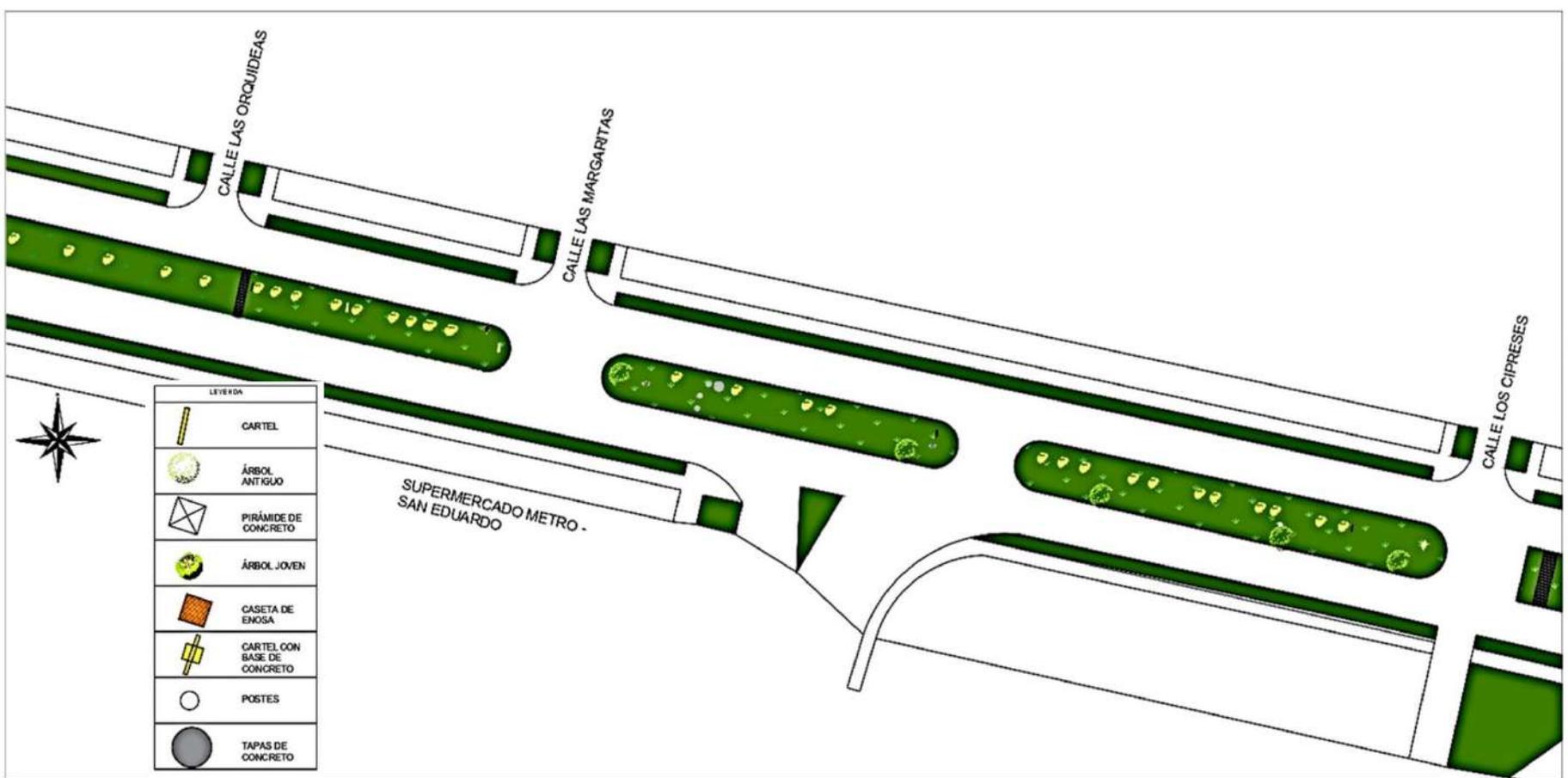
DISEÑO GEOMÉTRICO DE CICLOVÍA EN
AVENIDA LAS PALMERAS

GARCÍA FRANCO, ADRIANA
PEDRAZA ALTAMIRANO, EDUARD
PÉREZ HEREDIA, JAMERSON
YRIGOYEN BUSTAMANTE, VALERIA

PLANO
ARQUITECTÓNICO
DE LA AVENIDA LAS
PALMERAS

ESCALA
1:1000

PLANO
A-03



UNIVERSIDAD DE PIURA
FACULTAD DE INGENIERÍA

DISEÑO GEOMÉTRICO DE CICLOVÍA EN
AVENIDA LAS PALMERAS

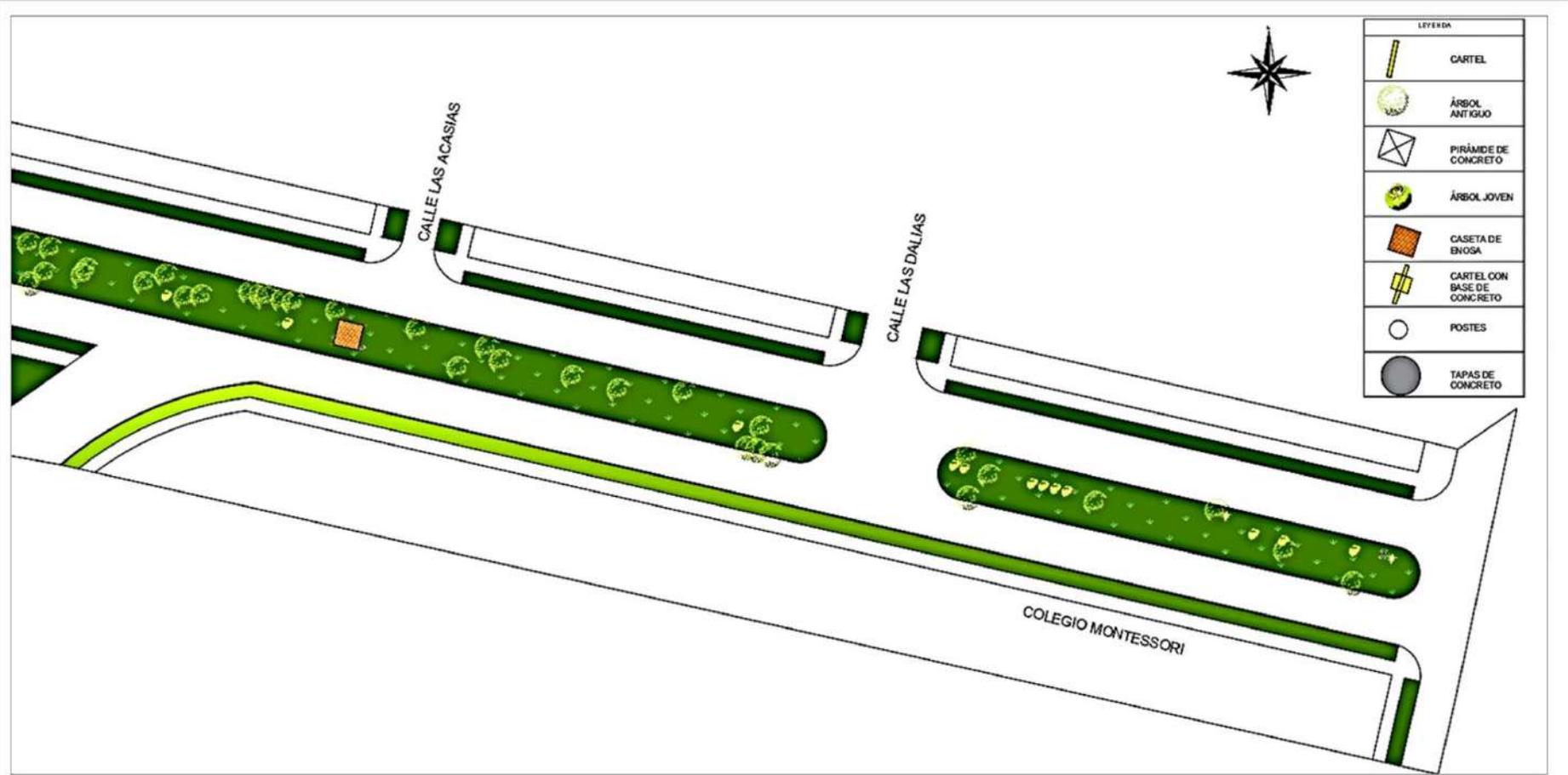
GARCÍA FRANCO, ADRIANA
PEDRAZA ALTAMIRANO, EDUARD
PÉREZ HEREDIA, JAMERSON
YRIGOEYEN BUSTAMANTE, VALERIA

PLANO
ARQUITECTÓNICO
DE LA AVENIDA LAS
PALMERAS

ESCALA
1:1000

PLANO
A-04

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK



CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

UNIVERSIDAD DE PIURA
FACULTAD DE INGENIERÍA

DISEÑO GEOMÉTRICO DE CICLOVÍA EN
AVENIDA LAS PALMERAS

GARCÍA FRANCO, ADRIANA
PEDRAZA ALTAMIRANO, EDUARD
PÉREZ HEREDIA, JAMERSHON
YRIGOYEN BUSTAMANTE, VALERIA

PLANO
ARQUITECTONICO
DE LA AVENIDA LAS
PALMERAS

ESCALA

1:1000

PLANO

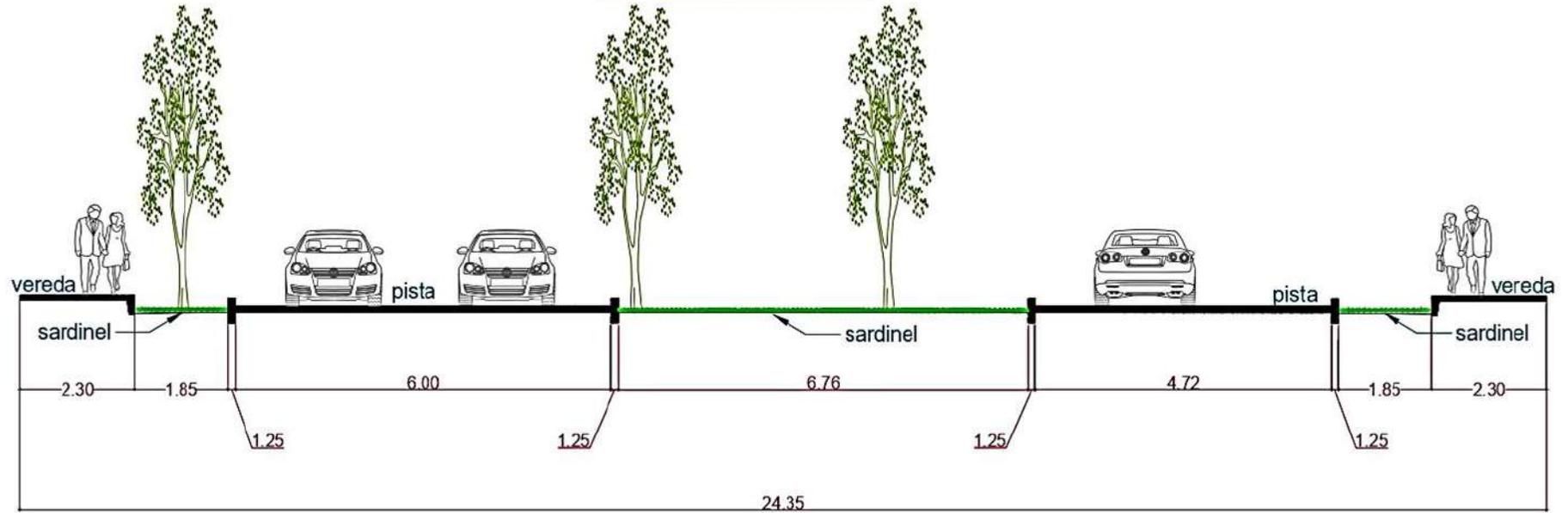
A-05

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

SECCION A-A
Av. Las Palmeras



UNIVERSIDAD DE PIURA

FACULTAD DE INGENIERÍA

DISEÑO GEOMÉTRICO DE CICLOVÍA EN
AVENIDA LAS PALMERAS

GARCÍA FRANCO, ADRIANA
PEDRAZA ALTAMIRANO, EDUARD
PÉREZ HEREDIA, JAMERSHON
YRIGOYEN BUSTAMANTE, VALERIA

SECCIÓN A - A DE LA
AVENIDA LAS
PALMERAS

ESCALA

1:1200

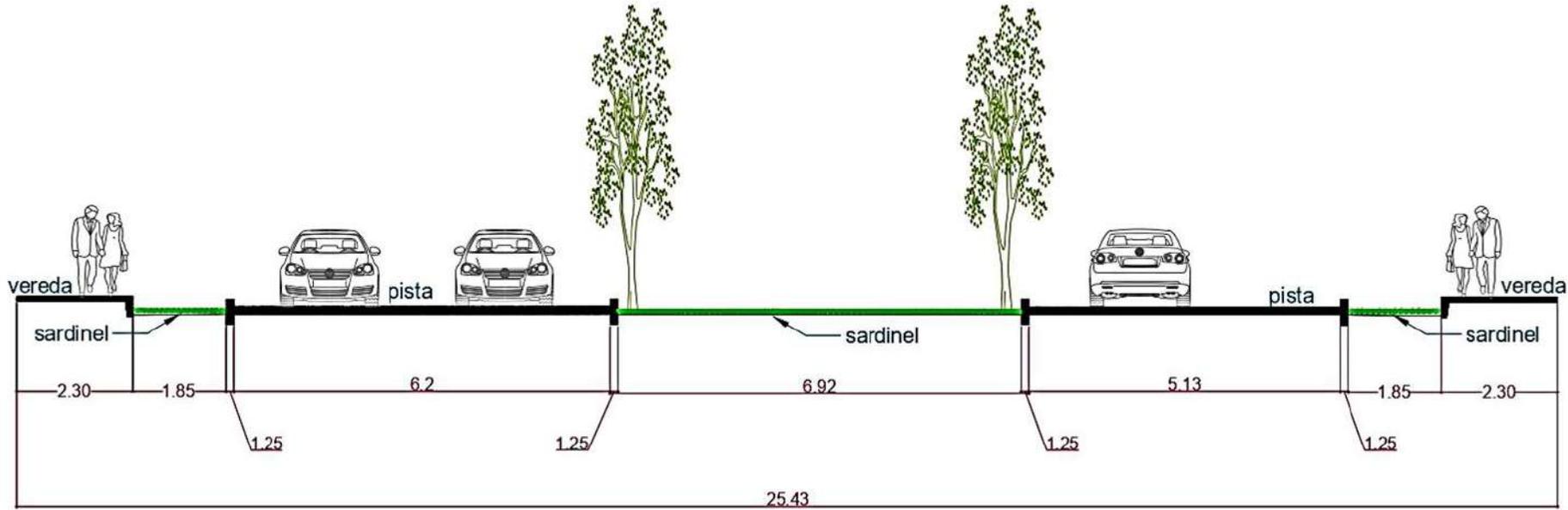
PLANO

A-06

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

SECCION B-B
Av. Las Palmeras



UNIVERSIDAD DE PIURA
FACULTAD DE INGENIERÍA

DISEÑO GEOMÉTRICO DE CICLOVÍA EN
AVENIDA LAS PALMERAS

GARCÍA FRANCO, ADRIANA
PEDRAZA ALTAMIRANO, EDUARD
PÉREZ HEREDIA, JAMERSHON
YRIGOYEN BUSTAMANTE, VALERIA

SECCIÓN B - B DE LA
AVENIDA LAS
PALMERAS

ESCALA

1:1200

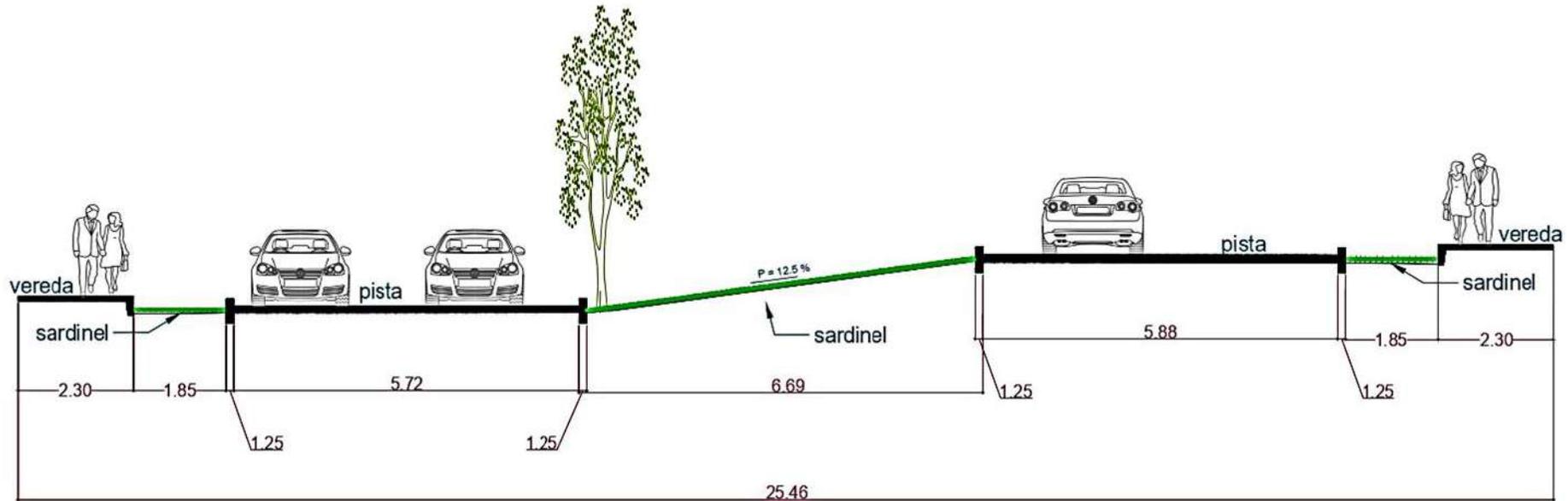
PLANO

A-07

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

SECCION C-C
Av. Las Palmeras

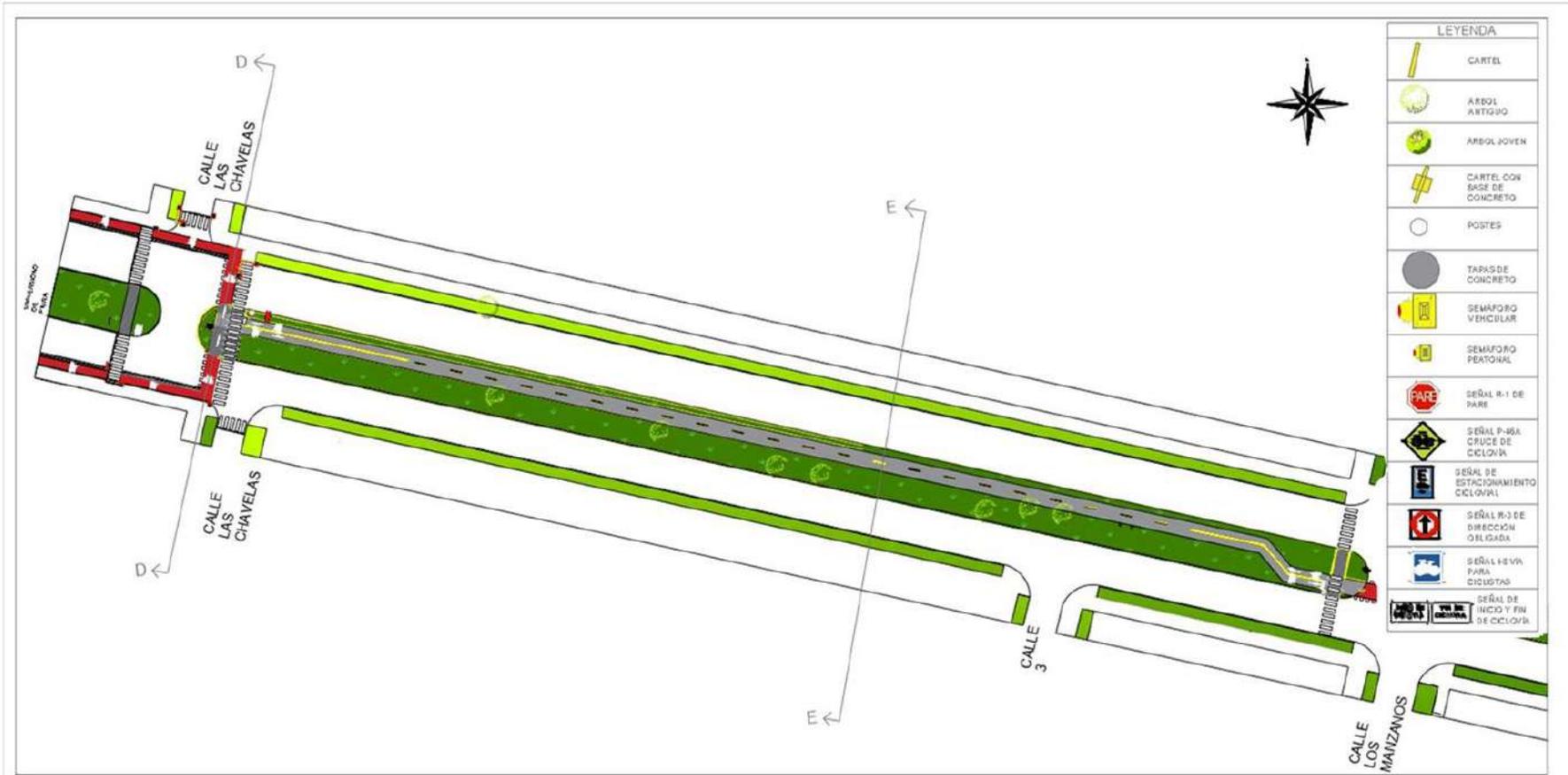


UNIVERSIDAD DE PIURA FACULTAD DE INGENIERÍA		
DISEÑO GEOMÉTRICO DE CICLOVÍA EN AVENIDA LAS PALMERAS	SECCIÓN C - C DE LA AVENIDA LAS PALMERAS	ESCALA 1:1200
GARCÍA FRANCO, ADRIANA PEDRAZA ALTAMIRANO, EDUARD PÉREZ HEREDIA, JAMERSHON YRIGOYEN BUSTAMANTE, VALERIA		PLANO A-08

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

Anexo 5: Planos arquitectónicos de ciclovia, propuesta 1

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK



LEYENDA

	CARTEL
	ARBOL ANTIGUO
	ARBOL JOVEN
	CARTEL CON BASE DE CONCRETO
	POSTES
	TAPAS DE CONCRETO
	SEMAFORO VEHICULAR
	SEMAFORO PEATONAL
	SEÑAL R-1 DE PARE
	SEÑAL P-20A CRUCE DE CICLOVIA
	SEÑAL DE ESTACIONAMIENTO CICLOVIAL
	SEÑAL R-3 DE DIRECCION OBLIGADA
	SEÑAL H-5V PARA CICLISTAS
	SEÑAL DE INICIO Y FIN DE CICLOVIA

UNIVERSIDAD DE PIURA
FACULTAD DE INGENIERÍA

DISEÑO GEOMETRICO DE CICLOVIA EN AVENIDA LAS PALMERAS	PLANO ARQUITECTONICO DE LA AVENIDA LAS PALMERAS PROPUESTA 1	ESCALA 1:1000
GARCÍA FRANCO, ADRIANA PEDRAZA ALTAMIRANO, EDUARD PÉREZ HEREDIA, JAMERSON YRIGOYEN BUSTAMANTE, VALERIA		PLANO A-09

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

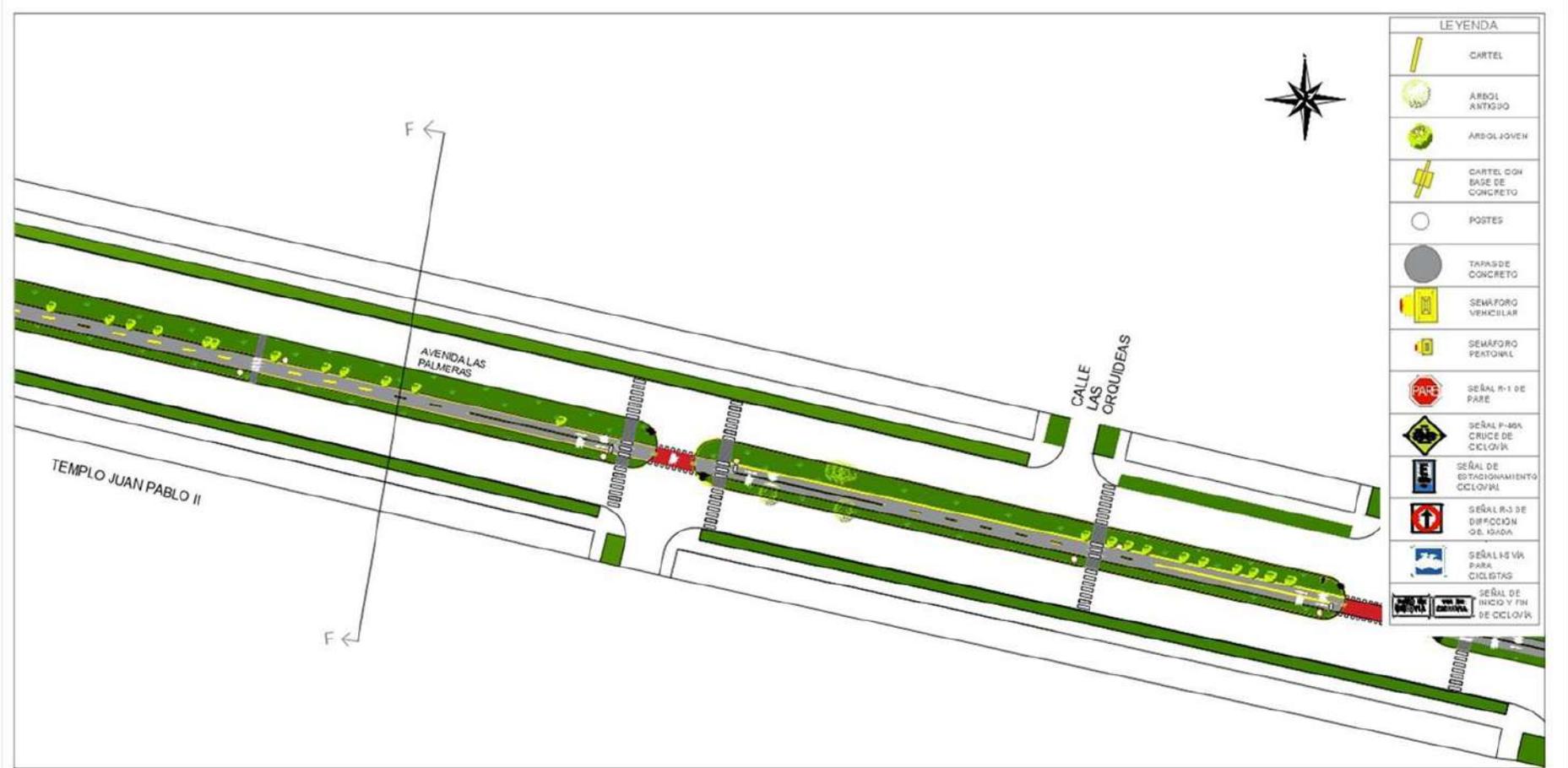
CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK



UNIVERSIDAD DE PIURA
FACULTAD DE INGENIERÍA

DISEÑO GEOMÉTRICO DE CICLOVÍA EN AVENIDA LAS PALMERAS	PLANO ARQUITECTONICO DE LA AVENIDA LAS PALMERAS PROPUESTA 1	ESCALA 1:1000
GARCÍA FRANCO, ADRIANA PEDRAZA ALTAMIRANO, EDUARD PÉREZ HEREDIA, JAMERSHON YRIGOYEN BUSTAMANTE, VALERIA		PLANO A-10



UNIVERSIDAD DE PIURA
FACULTAD DE INGENIERÍA

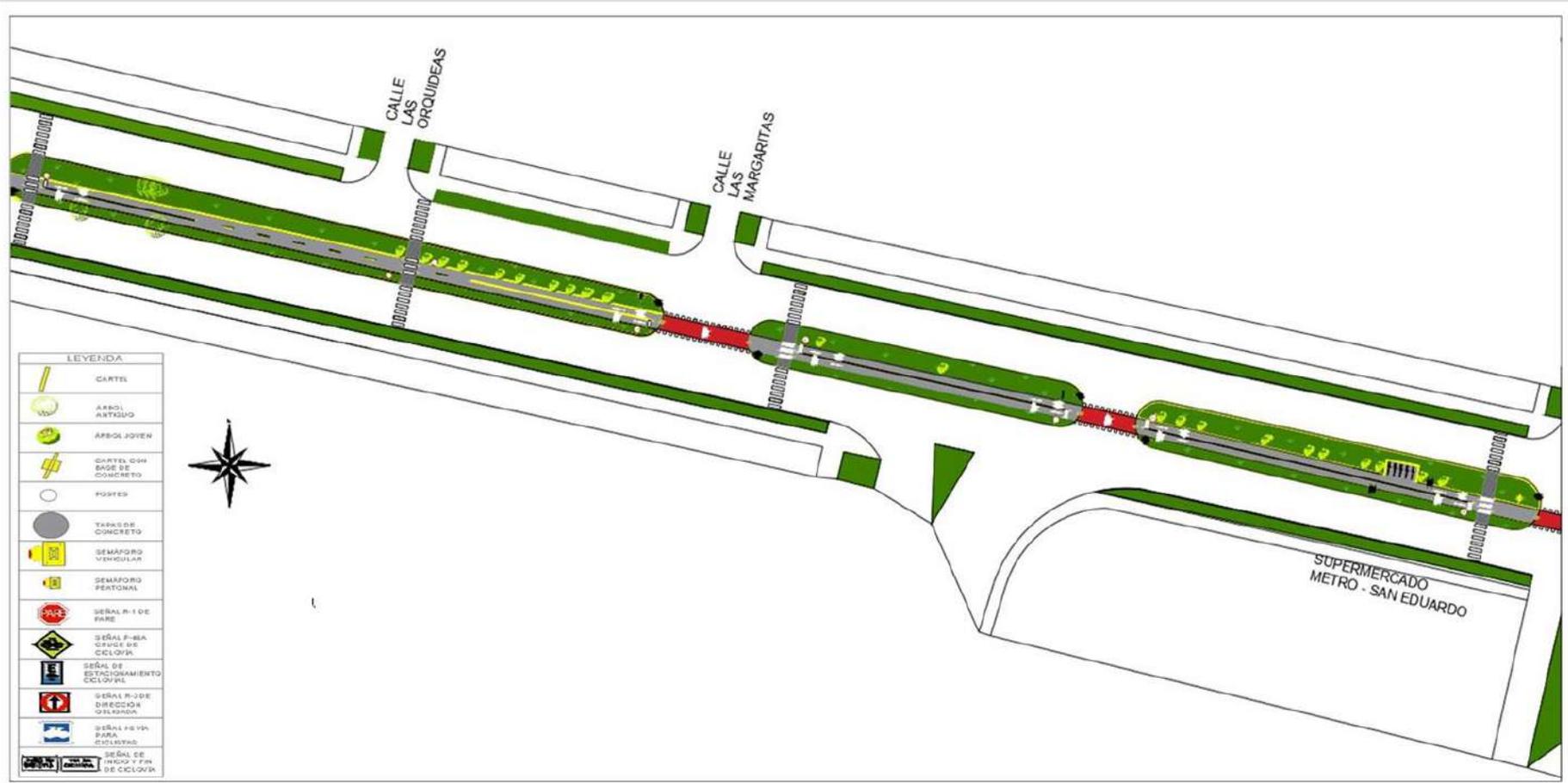
DISEÑO GEOMÉTRICO DE CICLOVÍA EN
AVENIDA LAS PALMERAS

GARCÍA FRANCO, ADRIANA
PEDRAZA ALTAMIRANO, EDUARD
PÉREZ HEREDIA, JAMERSON
YRIGOEYEN BUSTAMANTE, VALERIA

PLANO
ARQUITECTONICO
DE LA AVENIDA LAS
PALMERAS
PROPUESTA 1

ESCALA
1:1000

PLANO
A-11



UNIVERSIDAD DE PIURA FACULTAD DE INGENIERÍA		
DISEÑO GEOMÉTRICO DE CICLOVÍA EN AVENIDA LAS PALMERAS	PLANO ARQUITECTONICO DE LA AVENIDA LAS PALMERAS PROPUESTA 1	ESCALA 1:1000
GARCÍA FRANCO, ADRIANA PEDRAZA ALTAMIRANO, EDUARD PÉREZ HEREDIA, JAMERSON YRIGOYEN BUSTAMANTE, VALERIA		PLANO A-12

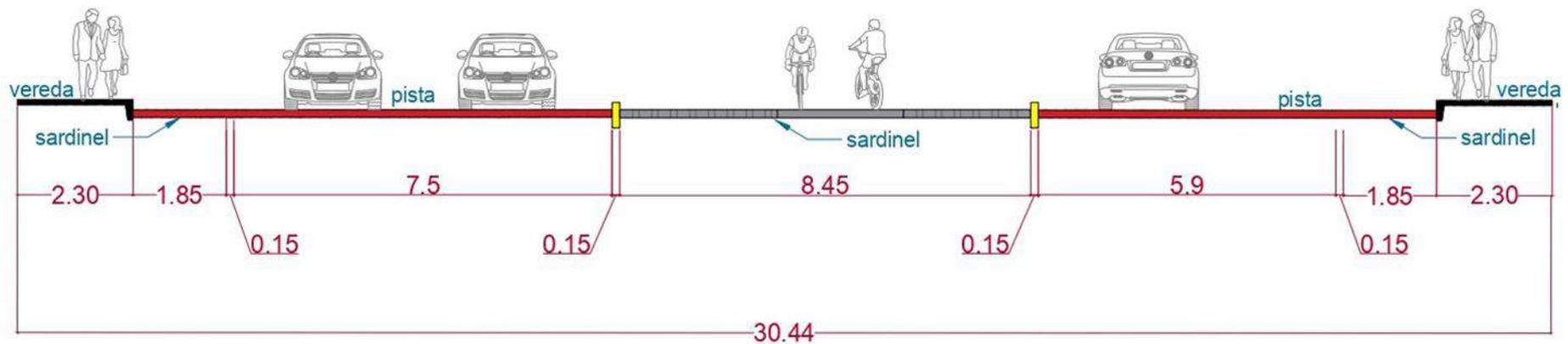


UNIVERSIDAD DE PIURA FACULTAD DE INGENIERÍA		
DISEÑO GEOMÉTRICO DE CICLOVÍA EN AVENIDA LAS PALMERAS	PLANO ARQUITECTONICO DE LA AVENIDA LAS PALMERAS PROPUESTA 1	ESCALA 1:1000
GARCÍA FRANCO, ADRIANA PEDRAZA ALTAMIRANO, EDUARD PÉREZ HEREDIA, JAMERSON YRIGROYEN BUSTAMANTE, VALERIA		PLANO A-13



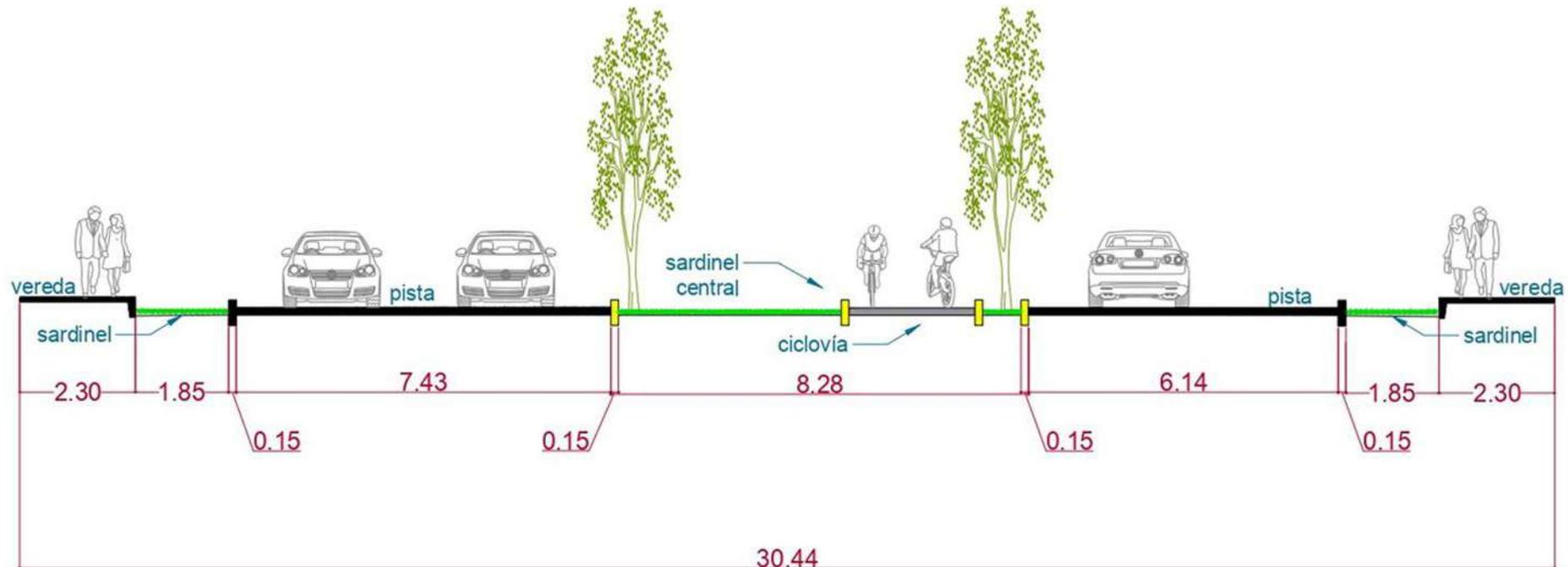
LEYENDA	
	CARTEL
	ARBOL ARTIFICIO
	ARBOL ADIEN
	CARTEL CON BASE DE CONCRETO
	POSTES
	TUPLAS DE CONCRETO
	SEMAFORO VEHICULAR
	SEMAFORO PEATONAL
	SEÑAL P-1 DE PASO
	SEÑAL P-43A CRUCE DE CICLOVIA
	SEÑAL DE ESTACIONAMIENTO CICLOVIA
	SEÑAL P-3 DE DIRECCION OBLIGADA
	SEÑAL SE VEA PARA CICLISTAS
	SEÑAL SE INICIO Y FIN DE CICLOVIA

UNIVERSIDAD DE PIURA FACULTAD DE INGENIERÍA		
DISEÑO GEOMÉTRICO DE CICLOVÍA EN AVENIDA LAS PALMERAS	PLANO ARQUITECTONICO DE LA AVENIDA LAS PALMERAS PROPUESTA 1	ESCALA 1:1000
GARCÍA FRANCO, ADRIANA PEDRAZA ALTAMIRANO, EDUARD PÉREZ HEREDIA, JAMERSON YRIGROYEN BUSTAMANTE, VALERIA		PLANO A-14



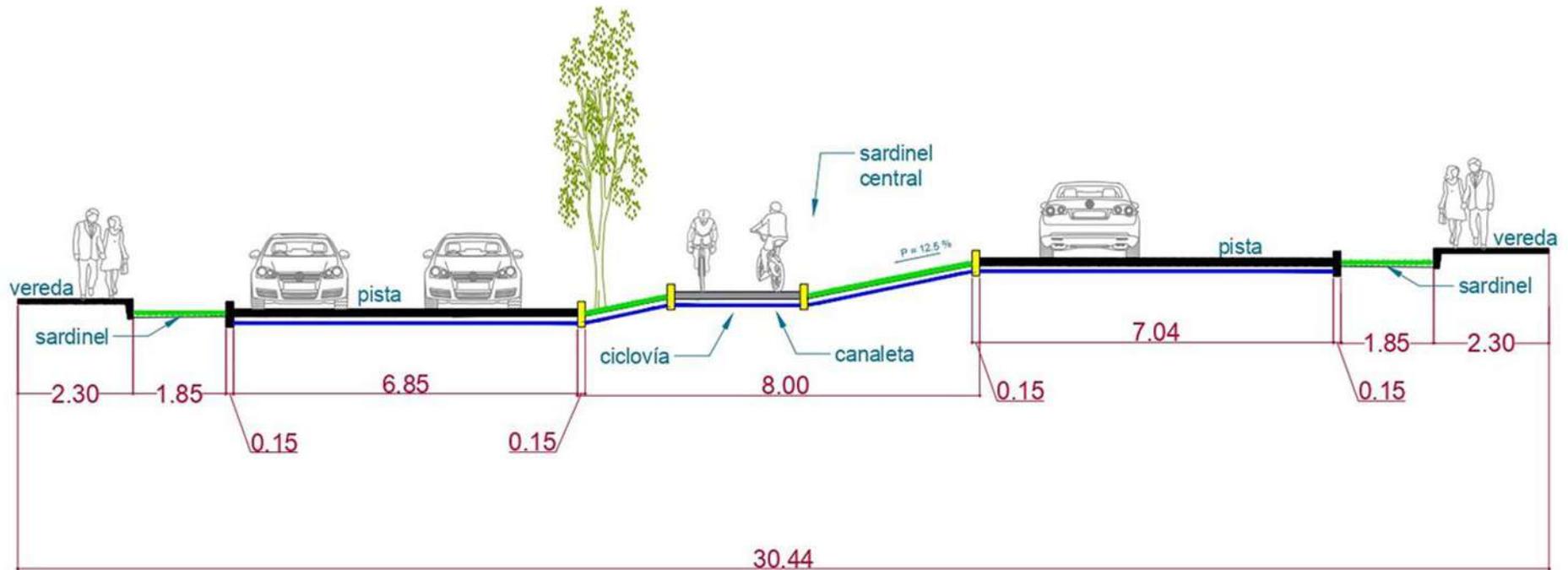
SECCION D-D
Av. Las Palmeras

UNIVERSIDAD DE PIURA FACULTAD DE INGENIERÍA		
DISEÑO GEOMÉTRICO DE CICLOVÍA EN AVENIDA LAS PALMERAS	SECCIÓN D-D DE LA PROPUESTA 1 DE LA AVENIDA LAS PALMERAS	ESCALA 1:130
GARCÍA FRANCO, ADRIANA PEDRAZA ALTAMIRANO, EDUARD PÉREZ HEREDIA, JAMERSON YRIGOYEN BUSTAMANTE, VALERIA		PLANO A-15



SECCION E-E
Av. Las Palmeras

UNIVERSIDAD DE PIURA FACULTAD DE INGENIERÍA		
DISEÑO GEOMÉTRICO DE CICLOVÍA EN AVENIDA LAS PALMERAS	SECCIÓN E-E DE LA PROPUESTA 1 DE LA AVENIDA LAS PALMERAS	ESCALA 1:130
GARCÍA FRANCO, ADRIANA PEDRAZA ALTAMIRANO, EDUARD PÉREZ HEREDIA, JAMERSHON YRIGOYEN BUSTAMANTE, VALERIA		PLANO A-16



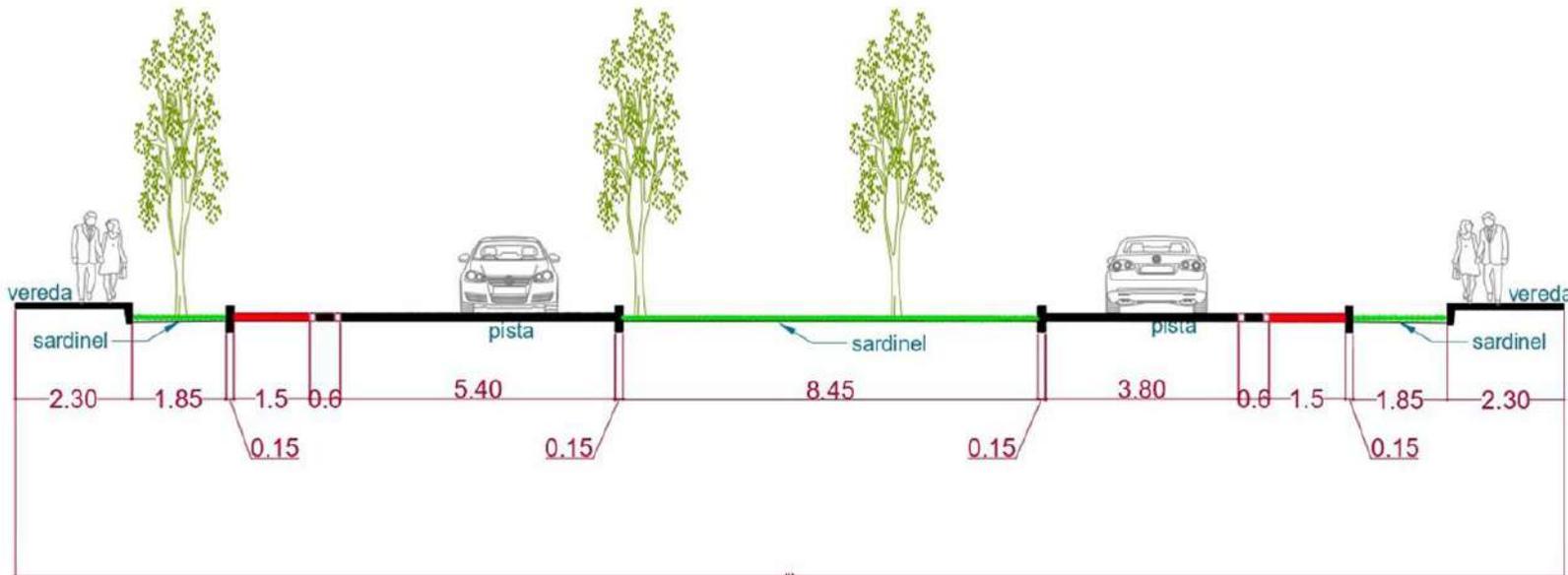
SECCION F-F
Av. Las Palmeras

UNIVERSIDAD DE PIURA FACULTAD DE INGENIERÍA		
DISEÑO GEOMÉTRICO DE CICLOVÍA EN AVENIDA LAS PALMERAS	SECCIÓN F-F DE LA PROPUESTA 1 DE LA AVENIDA LAS PALMERAS	ESCALA 1:130
GARCÍA FRANCO, ADRIANA PEDRAZA ALTAMIRANO, EDUARD PÉREZ HEREDIA, JAMERSHON YRIGROYEN BUSTAMANTE, VALERIA		PLANO A-17

Anexo 6: Planos arquitectónicos de ciclovía, propuesta 2

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK



SECCION A-A
PROPUESTA 2
Av. Las Palmeras

UNIVERSIDAD DE PIURA FACULTAD DE INGENIERIA	
DISEÑO GEOMÉTRICO DE CICLOVÍA EN AVENIDA LAS PALMERAS	ESCALA 1:130
GARCIA FRANCO, ADRIANA PEDRAZA ALTAMIRANO, EDUARD PÉREZ HEREDIA, JAMERSHON YRIGOEYEN SUASTA JUANITA ALEJANDRA	SECCION A-A PROPUESTA 2 CICLOVIA AVENIDA LAS PALMERAS PLANO A-18

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK