

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

"OPTIMIZACIÓN DE LAS UBICACIONES DE ESTACIONES DE BICICLETAS EXISTENTES APLICANDO EL MÉTODO DE MÁXIMA COBERTURA PARA LA MEJORA DE LAS CONDICIONES DEL FLUJO DE TRÁNSITO, SANTIAGO DE SURCO, LIMA 2021"

Tesis para optar el título profesional de:

INGENIERA CIVIL

Autoras:

Angela Syavilin Meza Cadillo Katherine Rosa Lucero Ureta Bocanegra

Asesor:

Mg. Aldo Juan Poma Zumaran

Lima - Perú

2021



DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo a mis queridos padres, quienes me enseñaron el valor de luchar a no rendirme jamás, por su apoyo incondicional y consejos, a mis bellos hermanos que siempre están a mi lado cuidándome. Un agradecimiento especial a mi pareja, compañero de vida, motivador constante para alcanzar mis anhelos, a mi hermosa hija, que a su corta edad me ha enseñado el amor infinito.

Gracias por formar parte de mi vida los amo mucho.

Angela Syavilin Meza Cadillo

La presente tesis la dedico a toda mi familia, principalmente a mi madre por su apoyo incondicional tanto moral como económico en mis estudios, por estar a mi lado en todo momento, por creer en mí y por darme palabras de aliento para no darme por vencida, a mi novio gracias por estar siempre en esos momentos difíciles brindándome su apoyo y comprensión.

Katherine Rosa Lucero Ureta Bocanegra



AGRADECIMIENTO

A Dios por ser el guía durante toda la etapa universitaria.

A nuestro asesor de tesis, el Ing. Aldo Juan Poma Zumaran por la paciencia, dedicación y criterio que nos brindó para la realización de esta tesis.

A Nuestra casa de estudios (UPN) por habernos permitido formarnos en sus aulas y brindarnos las herramientas necesarias para realizar esta tesis.

.



TABLA DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO	3
ÍNDICE DE TABLAS	5
ÍNDICE DE FIGURAS	6
ÍNDICE DE ECUACIONES	9
RESUMEN	10
ABSTRACT	11
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	12
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	54
CAPÍTULO III. RESULTADOS	87
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN	103
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES	106
CAPÍTULO VI. REFERENCIAS	107
CAPÍTULO VII. ANEXOS	109



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Necesidades de los ciclistas	21
Tabla 2: Tipos de vías no segregadas	26
Tabla 3: Tipos de vías segregadas	28
Tabla 4: Beneficios de estaciones de bicicletas	30
Tabla 5: Población estimada y proyectada, por superficie y densidad poblacional	55
Tabla 6: Valores de K y nivel de confianza	58
Tabla 7: Avenidas y semaforización primera verificación	73
Tabla 8: Avenidas y semaforización segunda verificación	73
Tabla 9: Medición de tiempo	83
Tabla 10: Número mínimo de corridas	84
Tabla 11: Parámetros de Wiedemann 74	84
Tabla 12: Tiempo de viaje en segundos software Vissim	85
Tabla 13: Comparación de resultados durante la validación	86
Tabla 14: Resultados máxima cobertura 8 estaciones	88
Tabla 15: Distancia entre las estaciones obligatorias Existentes	88
Tabla 16: Distancia obtenida por la ubicación del Arcgis entre las estaciones obligatorias existentes	90
Tabla 17: Distancia obtenida entre las estaciones existentes y las estaciones proyectadas	91
Tabla 18: Nombre de las 12 estaciones óptimas	93
Tabla 19: Resultado de las 4 estaciones actuales y proyectadas	97
Tabla 20: Resultado de las 12 estaciones con su distancia	98
Tabla 21: Resultado de simulación escenario actual	100

"OPTIMIZACIÓN DE LAS UBICACIONES DE ESTACIONES DE BICICLETAS EXISTENTES APLICANDO EL MÉTODO DE MÁXIMA COBERTURA PARA LA MEJORA DE LAS CONDICIONES DEL FLUJO DE TRANSITO, SANTIAGO DE SURCO, LIMA 2021"

Tabla 22: Resultado de simulación escenario proyectado	101
Tabla 23: Resultado de simulación escenario proyectado	101
Tabla 24: Resultados de comparación de los promedios de las ciclovias	102
ÍNDICE DE FIGURAS	
Figura1: Representación esquemática del concepto de la congestión de tránsito	14
Figura 2: Antigüedad de la flota toral de vehículos de transporte público en lima metropolitana	15
Figura 3. Funcionamiento de un sistema de bicicletas públicas	20
Figura 4: Esquema de la red de infraestructura ciclovial	24
Figura 5: Ejemplo de vía compartida	26
Figura 6: Ejemplo esquemático de ciclovía unidireccional	29
Figura 7: Ejemplo esquemático de ciclovía (bidireccional) en separador central	29
Figura 8: Tipo de infraestructura recomendado según las condiciones de velocidad y volumen	
de los motorizados de la vía	29
Figura 9: Medidas de la estación Precursores	31
Figura 10: Medidas de la estación Ayacucho	31
Figura 11: Medidas de la estación Benavides	32
Figura 12: Medidas de la estación Jacaranda	32
Figura 13: Porcentaje de transito publico	34
Figura 14: Mapa Político del Distrito de Santiago de Surco	36
Figura 15: Flujograma Máxima Cobertura	49
Figura 16: Flujograma Microsimulación Vissim 9	51
Figura 17: Mapa del distrito de Santiago de Surco por sectores	55
Figura 18: Estaciones de Bicicletas en el distrito de Santiago de Surco	56
Figura 19: Ciclovías en el distrito de Santiago de Surco	56
Figura 20: Zonas atractoras en el distrito de Santiago de Surco	57

Figura 21: Estación Precursores	60
Figura 22: Midiendo la ciclovia	60
Figura 23: Cartel de guía de zonas que enlazan las ciclovias	61
Figura 24: Estacion Ricardo Palma	61
Figura 25: Tomando medidas de la estación Ricardo Palma	62
Figura 26: Inicio de la ciclovía que conecta la Estación Ricardo Palma con la Estación Ayacucho	62
Figura 27: Estación Ayacucho	63
Figura 28: Tomando medidas del Estacionamiento Ayacucho	63
Figura 29. Estación Jacarandá	64
Figura 30. Tomando medidas de la Estación Jacarandá	64
Figura 31. Ubicación de calles, avenidas y jirones del distrito de Santiago de Surco	65
Figura 32. Nodos de ubicación de las estaciones de bicicleta	66
Figura 33. Ubicación de estaciones ya existentes en el Distrito de Santiago de Surco	67
Figura 34. Ubicaciones de estaciones existentes con proyectadas	68
Figura 35. Ubicación de estaciones proyectadas	69
Figura 36. Ubicación de estaciones proyectadas y descartadas	70
Figura 37. Ubicación de 8 estaciones proyectadas	71
Figura 38: Espacio delimitado de 18 metros	74
Figura 39: Fase 1 Ciclo semafórico	74
Figura 40: Fase 2 Ciclo semafórico	75
Figura 41: Construcción de la red vial	76
Figura 42: Tipología y clase vehicular considerada	77
Figura 43: Ajustes de las características operacionales de los vehículos	78
Figura 44: Ajustes de rutas con sus respectivos volúmenes vehiculares	78
Figura 45: Planes de tiempos semafóricos	79

Figura 46: Definición de velocidad ciclista	80
Figura 47: Volúmenes por sentido de tránsito	80
Figura 48: Tiempo de estabilidad del sistema	81
Figura 49: Resultados de la calibración	85
Figura 50: Resultados de Validación	86
Figura 51: Ubicación de 8 estaciones proyectadas y 4 existentes	87
Figura 52: Distancia entre las 4 estaciones existentes	89
Figura 53: Estaciones existentes y estaciones existentes ubicadas por el programa Arcgis	89
Figura 54: Distancia entre las 4 estaciones existentes ubicadas por el programa Arcgis	90
Figura 55: Estaciones óptimas Santiago de Surco – Lima	92
Figura 56: Estación Manuel Olguín	93
Figura 57: Estación Gardenias	94
Figura 58: Estación guardia civil	94
Figura 59: Estación tradición	95
Figura 60: Estación bolichera	95
Figura 61: Estación Villa Alegre	96
Figura 62: Estación baca flor	96
Figura 63: Estación Gardenias	97
Figura 64: Escenario actual y Escenario proyectado	99
Figura 65: Resultado del tiempo	100



ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1	57
Ecuación 2	82



RESUMEN

Esta investigación tiene por objetivo, determinar en qué medida la optimización de las ubicaciones de estaciones de bicicletas existentes, aplicando el método de "Máxima Cobertura" mejorará las condiciones del flujo de tránsito en el distrito de Santiago de Surco en la actualidad, por ello se realizó un análisis comparativo con las estaciones de bicicletas existentes y un tramo de la ciclovias, además se recopilo información de revistas, artículos, fotografías y visita a campo y también para el análisis de datos se utilizó el programa ArcGIS con el Método Máxima Cobertura y el programa VISSIM 9, con toda la recopilación y análisis de datos se obtiene resultados que resolverán la realidad problemática y a la hipótesis.

La metodología de esta tesis es cualitativa y su tipo de investigación es descriptiva, porque recolectamos, analizamos, observamos, y examinamos datos que se trabajan en el tema, utilizando los implementos de gráficos y tablas. Su enfoque es el diseño no experimental en el tiempo transversal.

En los resultados obtenidos, se concluye que la distancia promedio de las cuatro estaciones existentes es de 1924.23 m y la distancia promedio de las cuatro estaciones obtenidas con el método máxima cobertura es de 2005.89 m, se obtuvo en los resultados que se deberían agregar 8 estaciones de bicicletas en el distrito de Santiago de surco, también se concluye que los resultados del tiempo de viaje promedio en las estaciones de bicicletas actuales (Estación Benavides – Estación Ayacucho) de un punto de partida hacia un punto de llegada es de 07:01.3 mm y el tiempo de viaje promedio en las estaciones de bicicletas propuestas (Estación Benavides – Estación Tradición – Estación Ayacucho) de un punto de partida hacia un punto de llegada es de 06:49.7 mm.

Palabras claves: Máxima Cobertura, ARCGIS, VISSIM 9, estaciones de bicicletas y transversal.



ABSTRACT

The objective of this research is to determine to what extent the optimization of the locations of existing bicycle stations, applying the "Maximum Coverage" method, will improve the traffic flow conditions in the district of Santiago de Surco at present. carried out a comparative analysis with the existing bicycle stations and a section of the bicycle lanes, in addition, information was collected from magazines, articles, photographs and field visits and also for the data analysis the ArcGIS program was used with the Maximum Coverage Method and the VISSIM 9 program, with all the data collection and analysis, results are obtained that will resolve the problematic reality and the hypothesis.

The methodology of this thesis is qualitative and its type of research is descriptive, because we collect, analyze, observe, and examine data that is worked on the subject, using the tools of graphs and tables. His approach is non-experimental design in cross-sectional time.

In the results obtained, it is concluded that the average distance of the four existing stations is 1924.23 m and the average distance of the four stations obtained with the maximum coverage method is 2005.89 m, it was obtained in the results that 8 stations should be added. bicycles in the district of Santiago de surco, it is also concluded that the results of the average travel time in the current bicycle stations (Benavides Station - Ayacucho Station) from a starting point to an arrival point is 07: 01.3 mm and the average travel time at the proposed bicycle stations (Benavides Station - Tradition Station - Ayacucho Station) from a starting point to an arrival point is 06: 49.7 mm.

Keywords: Maximum Coverage, ARCGIS, VISSIM 9, bike and cross stations.



CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, existe como preocupación fomentar un modelo de transporte público que sea saludable y sostenible, ya que el uso de vehículos motorizados ha colapsado las vías, generando en la mayor parte de Lima congestionamiento vehicular.

"El uso del carro particular saturo las vías, el transporte público planificado hace una década quedo corto ante el crecimiento de la población" (Cortés, 2013, pp. 1-4).

El distrito de Santiago de Surco, cuenta con cuatro estaciones de bicicletas, lo cual se verificará si están correctamente ubicadas con el método de "Máxima Cobertura", conociendo su localización y su condición de flujo de transito mediante el SIG (Sistema de Información Geográfica).

Acero (2011) afirma: "Garantizar la condición de movilidad de los habitantes es una responsabilidad de las ciudades, para cumplir con esta responsabilidad algunas ciudades se han implementado sistema de movilidad sostenibles conocidos con el nombre de sistemas de bicicletas públicas" (pp. 1-14).

La incorporación de un sistema de bicicletas públicas en el distrito de Santiago de Surco reducirá el tiempo de viaje desde una zona generadora hacia una zona atractora. Para ello es necesario conocer las ubicaciones de estaciones de bicicletas existentes.

Tipos de estaciones:

- Estaciones Obligatorias
- Estaciones Generadoras de viajes
- Estaciones Atractoras de viajes



1.1. Realidad problemática

Numerosas ciudades están implementando programas de bicicletas públicas para incrementar el uso de la bicicleta. La localización de las estaciones en relación a la demanda potencial (población, actividades, estaciones de transporte público) es uno de los factores clave en el éxito de estos programas. En esta comunicación se va a valorar la utilidad de modelos de localización óptima de servicios implementados en entornos SIG (Sistema de Información Geográfica) para optimizar la localización de las bases de bicicletas. Se comparan los resultados obtenidos mediante distintos tipos de soluciones (mínima impedancia y máxima cobertura) y para diferentes escenarios (en función del número de bases a implantar). Para los objetivos de este trabajo, el modelo de máxima cobertura es más adecuado. A la vez, en ambos casos se observaron rendimientos decrecientes al incrementar el número de estaciones, reduciéndose las mejoras tanto en las poblaciones cubiertas, como en la reducción de las distancias a recorrer en el acceso a las estaciones (Latorre, Gutiérrez y Garcia, 2012, pp.1-31).

En algunos lugares existen problemas de la congestión vehicular, esto es a causa de que en las horas puntas existen una concentración de vehículos, ya que generalmente todas las empresas de trabajo tienen como horario de entrada y de salida iguales, ocasionando que las personas se desplacen a la misma hora para ir a su lugar de trabajo que pueden quedan ubicados en distintos lugares, la mayoría de las personas suelen hacer los viajes en auto propio, taxi y buses, hay algunos conductores que son desordenada e indisciplinados cuando manejan, ya que algunos de ellos no están capacitados adecuadamente en el sistema de Transporte.

Thomson y Bull (2001) afirma: La fricción entre los vehículos en el flujo de tránsito. Hasta un cierto nivel de tránsito, los vehículos pueden circular a una velocidad



relativamente libre, determinada por los límites de velocidad, la frecuencia de las intersecciones, etc. Sin embargo, a volúmenes mayores, cada vehículo adicional estorba el desplazamiento de los demás, es decir, comienza el fenómeno de la congestión. Entonces, una posible definición objetiva sería: "la congestión es la condición que prevalece si la introducción de un vehículo en un flujo de tránsito aumenta el tiempo de circulación de los demás". A medida que aumenta el tránsito, se reducen cada vez más fuertemente las velocidades de circulación. Véase la Figura 1, que presenta, mediante la función t = f(q), el tiempo (t) necesario para transitar por una calle, a diferentes volúmenes de tránsito (q). La otra curva, d(qt)/dt = t + qf'(q), se deriva de la anterior. La diferencia entre ambas curvas representa, para cualquier volumen de tránsito (q), el aumento del tiempo de viaje de los demás vehículos que están circulando, a causa de la introducción del vehículo adicional (pp. 1-33).

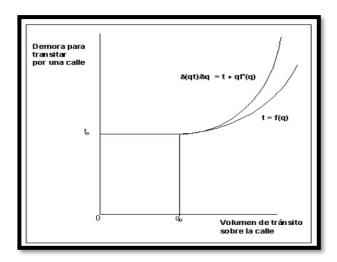


Figura 1. Representación esquemática del concepto de la congestión de tránsito. Fuente: Thomson y Bull, 2001, págs.1-33.

En la mayoría de países de Latinoamérica existe problemas de transporte, ya que una de las causas principales es el excesivo número de vehículos, ya sean formales e informales. Esto



es debido a que la mayoría de conductores no respetan la vigencia de los permisos de transitabilidad que consiste en que cada vehículo del transporte público no debe tener más de 5 años realizando viajes como taxi, cuando se cumple el periodo el transporte ya no debe realizar viajes públicos. También hay una congestión vehicular debido a que la gran mayoría de transporte público que tiene demasiados años transitando ni van a revisión técnica y al transcurso del camino se quedan varados ocasionando interrupción en la vía y generando que los otros vehículos no puedan avanzar con la debida transitabilidad.

Thomson y Bull (2001) afirma: El excesivo número de vehículos de transporte público contribuye a agravar la congestión, como sucede en algunas ciudades. Una de las características de los modelos económicos en vigor es la desregulación. En el área del transporte urbano de pasajeros, una amplia desregulación tiene normalmente como consecuencia una expansión acentuada en las flotas de buses y taxis y un descenso en el orden y en la disciplina asociadas con su operación. Esa ocurrencia fue un factor importante en el deterioro en la congestión en Santiago en el decenio de 1980 y en Lima en la década siguiente. (pp. 1-33).

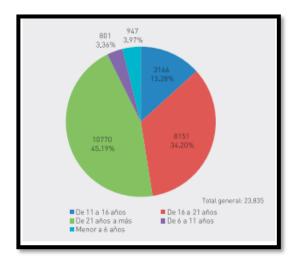


Figura 2. Antigüedad de la flota toral de vehículos de transporte público en lima metropolitana. Fuente: Gerencia de Transporte Urbano – Municipalidad Metropolitana de Lima 2011.



Antigüedad de la flota Lo más destacable de este gráfico es que permite ver que el 45% de la flota total de vehículos (10,770 unidades) tiene 21 o más años de antigüedad, y sólo el 4% (947 unidades) tiene una antigüedad menor a 6.

Gutierrez y Taipe (2020) en su tesis de título "Propuesta para la ubicación de estaciones de bicicletas públicas mediante la metodología de Máxima Cobertura para la reducción de los tiempos de viajes en el distrito de San Borja – Lima" afirma: Es en este punto que entra en prioridad implantar el uso urbano de bicicletas públicas como medio de transporte (...) el uso de este modelo de transporte constituye un medio eficaz y económico para realizar viajes a distintos lugares con distancias máximas de 7 km, para que este sea atractivo y pueda permitir a más personas integrarse a él. Sin embargo, en diferentes países la implementación de este medio de transporte saludable no funcionó por la inadecuada ubicación de las estaciones de bicicletas públicas (pp. 1-73); también afirma: Las mejoras deben ser enfocadas no solo en un usuario, sino deben fomentar la interconexión de los distintos modos de transporte que se presentan en la intersección. Es decir, se deben incluir paraderos inclusivos y estacionamientos para bicicletas para que este último medio de transporte pueda articularse con el transporte público. Esto también debe complementarse con una red integral de ciclovías en la ciudad (p. 90).

El desconocimiento de las rutas o vías de accesibilidad adecuadas, es una causa del tráfico porque los conductores no tienen la suficiente información de que otras vías son de acceso que no hay tanta demanda y de ese modo poder dirigirse sin perder demasiado tiempo y ocasionar trafico yendo por la misma vía que otros van. Por ello en esta tesis se comprende que las estaciones de bicicletas públicas deberían estar conectadas con los distintos distritos y no solo pensar en un usuario recreativo sino en usuarios que puedan transportarse por las



ciclovías hacia su centro de trabajo y otros puntos importantes, reduciendo el tiempo de llegada.

Thomson y Bull (2001) afirma: Un inadecuado diseño o mantenimiento de la vialidad es causa de una congestión innecesaria. En muchas ciudades es frecuente encontrar casos de falta de demarcación de los carriles de circulación, inesperados cambios en su cantidad, ubicación de los paraderos de buses justo en puntos de una reducción en el ancho de la calzada y otras deficiencias que entorpecen la fluidez del tránsito. Asimismo, el mal estado del pavimento, especialmente la presencia de baches, genera crecientes restricciones de capacidad y aumenta la congestión. En muchas ciudades latinoamericanas, como Caracas, la lluvia acumulada sobre las calzadas reduce la capacidad de las vías y, por ende, aumenta la congestión (pp. 1-33).

EL aporte que nos brinda esta tesis, es los efectos que pueden causar desconocer las vías de transito es que hacen que los conductores pierdan demasiado kilometraje al ir de un lugar a otro, ya que desconocen de otro lugar que es de poca distancia y más accesible. Una alternativa seria que los conductores de cada medio de transporte tengan conocimiento de las rutas que son más cortas para poder llegar en un menor tiempo a su lugar de destino. También que haya una buena infraestructura vial por donde ellos puedan desplazarse sin ningún problema.

Quispuscoa y Vega (2018) "Diseño Geométrico de la Interconexión de las ciclovías de la Av. Angélica Gamarra y Av. Industrial para Garantizar la Continuidad de la Red Vial" afirma: Las autoridades responsables del transporte en la ciudad deben implementar ciclovías para usuarios con fines no exclusivamente recreativos sino, que sea utilizado como medio de transporte en forma habitual para sus actividades diarias, buscando



integrarlas a una red de ciclovías que en el futuro abarque toda la ciudad, teniendo en cuenta a la bicicleta como un medio de transporte sostenible (p. 96).

De esta tesis se comprende que tan importante es la planificación en el diseño geométrico de las estaciones de bicicletas y ciclovías, porque sin ello no se podría tener un adecuado enfoque de distribuir y conectar la red vial, su aporte es que las estaciones de bicicletas publicas estén al servicio de la población y que poco a poco abarque todo un distrito y conecte con otro, realizando un adecuado estudio de las ciclovías.

Manchego (2016) "Propuesta de sistema de bicicleta publica en Arequipa Perú" afirma: Las ciudades deben facilitar el uso de los medios no motorizados, a pie y bicicleta, así promover desplazamientos urbanos más saludables, equipando el espacio público de Infraestructura ciclo incluyente y mobiliario urbano ciclista (p. 84).

De esta tesis se comprende que tener en cada ciudad un estudio adecuado para colocar las estaciones de bicicletas y ciclovías, aportara mucho para que la población pueda usar bicicletas como transporte primordial para ir a su centro de trabajo o estudio, etc, ayudara mucho a la salud y economía de cada persona. También no menciona que la implementación de estaciones de bicicletas debe colocarse en puntos estratégicos, para la seguridad de cada poblador.

Kitsuta (2016) en su tesis de título "Guía de planificación y diseño de un sistema de bicicletas públicas ejemplo para el distrito de San Miguel" afirma: Los sistemas de bicicletas públicas son una herramienta fundamental para promover la intermodalidad en el transporte urbano. Por medio de la presente investigación, se pudo afirmar que con estos es posible complementar el uso de los medios de transporte público masivo pues representan una facilidad para el usuario al momento de movilizarse hacia los paraderos o hacia su



destino final. Por otra parte, representan una alternativa más económica para los ciudadanos que utilizan medios de transporte público alimentadores para movilizarse desde los paraderos hacia su destino o viceversa. En el caso de Lima, se recomienda que se localicen las estaciones de manera que se logre complementar la bicicleta pública con las líneas de metro proyectadas y la línea existente (p. 87).

De esta tesis se comprende que tan importante es las estaciones de bicicletas y ciclovías porque es un medio de transporte sostenible y adecuado para toda la población, también que las ciclovías estén unidas con el transporte público para que la movilización sea más efectiva, esta tesis aporta variedad de conocimientos sobre las estaciones de bicicletas y que cada ciudad, distrito, debería contar con una red de ciclovías.

1.2.Marco Teórico

Para abordar este proyecto es necesario establecer ciertas guías teóricas que permitirán orientar el desarrollo de los objetivos, por esto es fundamental encontrar los referentes teóricos que den sustento a este proceso. Por ello este proyecto está orientado a proponer soluciones desde la planificación territorial que faciliten la movilidad de la bicicleta, apoyado en las herramientas de Sistema de Información Geográfica (SIG), por consiguiente se inicia este marco teórico con la definición general de que es la planificación territorial, seguido del papel que cumple los Sistemas de Información Geográfica (SIG) en la planificación del territorio, la bicicleta como medio alternativo para la movilización y por último pero no menos importante las condiciones que se deben tener en cuenta a la hora de planificar la construcción infraestructuras ciclísticas.

Un sistema de bicicletas públicas (SBP) o programa de bicicletas públicas es un servicio público de préstamo de bicicletas dentro de un espacio urbano específico (figura 3). Se puede



apreciar la manera en que dichos sistemas funcionan. Un usuario inicia su viaje desde un punto de partida y se dirige primero hacia una estación de bicicletas públicas (Estación A). Posteriormente, toma una bicicleta y llega a otra estación cercana a su destino (Estación B). Finalmente, la bicicleta es devuelta y el usuario se dirige a su destino final. A lo largo del tiempo, estos han evolucionado en diversos aspectos, tales como el diseño y control de las bicicletas, así como en el modo de atención a los usuarios y el modo de pago por el servicio. Dichos programas ofrecen ciertos beneficios tanto a los usuarios como a la ciudad en sí. Sin embargo, existen ciertos factores que dificultan la implantación de dichos sistemas en un lugar. Actualmente, existen muchos SBP en todo el mundo. A continuación, se darán mayores detalles de todo lo mencionado anteriormente (Kitsuta, 2016).



Figura 3. Funcionamiento de un sistema de bicicletas públicas. Fuente: Propia.

1.2.1. Planificación de las estaciones de bicicletas

Piensa en las necesidades de los ciclistas: Es conveniente que prestemos atención a las diferencias que existen entre los lugares a los que acudimos a diario –destino– y a los que retornamos a dormir –origen–, dado que plantean retos distintos al momento de crear facilidades para estacionar bicicletas (Tabla 1).



Tabla 1 Necesidades de los ciclistas

NECESIDADES

Lugares de destino

Es conveniente colocar estaciones de bicicletas en los principales lugares de destino de la gente –centros de estudio, mercados, zonas de oficinas, restaurantes, bancos, establecimientos del Estado, entre otros—, así como próximos a la vialidad ciclista, logrando de esta forma su visibilidad y disponibilidad para una gran cantidad de usuarios potenciales.

Lugares de origen

Debido a que el uso de la bicicleta como medio de transporte se encuentra poco extendido en las ciudades peruanas, no es común encontrar las estaciones de bicicletas en condominios, edificaciones multifamiliares o zonas residenciales, tanto en espacios de propiedad privada como pública. Para promover su uso, puedes colocar estaciones de bicicletas en los espacios comunes a las viviendas. Si bien puedes guardar tu bicicleta en tu hogar, es posible que te sea realmente incómodo hacerlo, en especial si para ingresar a ella debes subir pisos.

Fuente: Proyecto ocupa tu calle, Lima, 2019.

1.2.2. Optimización de bicicletas

Romero (2013) en su tesis doctoral titulada "Modelos de optimización para la planificación y gestión operativa de sistemas de bicicleta pública" afirma: En esta tesis se han desarrollado una serie de modelos para simular, planificar y gestionar sistemas de bicicleta urbana, considerando a esta como un modo de transporte más en los viajes cotidianos. Para lograr este objetivo se ha hecho uso de distintas herramientas matemáticas que han permitido modelizar sistemas de transporte donde, además de los clásicos modos de transporte privado (auto) y público (bus), se ha incorporado la bicicleta. Posteriormente a la modelización del sistema trimodal autobus-bici, esta ha sido incorporado a un problema de programación matemática multinivel para optimizar, por un lado, aspectos de planificación como es la ubicación de los puntos de préstamo y por otro lado aspectos de gestión operativa como es la redistribución de bicicletas entre puntos excedentes y deficitarios de bicis (p. 195); también afirma: Si bien la implementación de carriles bici aumenta el uso de la bici, no es la variable más importante. La ubicación de los puntos de préstamo es el



aspecto más importante para la captación de viajeros ya que tiempos de acceso largos de las zonas a los puntos de préstamo hacen que el modo bici no sea competitivo frente a otros modos de transporte (auto y bus) (p. 196).

1.2.3. Parámetros de diseño de ciclovías

Los parámetros de diseño de la infraestructura se deben definir en función de las condiciones de vulnerabilidad y versatilidad del ciclista urbano y de su bicicleta, así como de su modo y motivo de desplazamiento. Los ciclistas urbanos o cotidianos no deben considerarse como deportistas, puesto que su velocidad y propósito de viaje son completamente diferentes. Quienes utilizan la bicicleta de manera utilitaria (al trabajo, al estudio, de compras, etc.) buscan que sus desplazamientos sean cortos, directos, seguros y atractivos.

Los ciclistas, por su distinta condición física (edad, género, estatura, etc.), no son un grupo homogéneo y por tanto se movilizan de acuerdo con sus habilidades físicas y mentales. Esto significa que todos tienen necesidades diferentes (por ejemplo, pueden ir a diferentes ritmos o velocidades) que además deben considerarse frente a los demás actores de la vía.

El diseño y planificación de vías ciclo-inclusivas debe tener en cuenta que el ciclista se desplaza gracias a su esfuerzo físico y por tanto las condiciones de la infraestructura (cambios de nivel, textura del pavimento, desvíos) afectan directamente su rendimiento, comodidad y seguridad.

Su vulnerabilidad está dada porque se moviliza al aire libre y por tanto su cuerpo está expuesto no sólo a las condiciones climáticas, sino que también es su elemento de amortiguación frente a obstáculos, golpes o caídas. También se dice que el uso de la bicicleta con frecuencia propicia encuentros sociales o desplazamientos en grupo y es



necesario que tanto las normas de tránsito para ciclistas como la infraestructura permitan como mínimo la circulación de dos ciclistas en paralelo en el mismo sentido. Esto además garantiza sobrepasos seguros y mejor respuesta al incremento de usuarios, por ejemplo, en horas punta. P. Calderón, C. Pardo, & J. J. Arrué, Eds. (2017). Manual de Normas Técnicas para la Construcción de Ciclovías y Guía De Circulación de Bicicletas, 2017, Municipalidad de Lima.

1.2.4. Infraestructura de ciclovias

Una infraestructura amigable con la bicicleta o ciclo-inclusiva es definitiva para generar y fortalecer no sólo las políticas que promueven su uso, sino que garantiza la inclusión y priorización de la bicicleta en la red vial y de transporte bajo condiciones de seguridad y eficiencia, provee mayor cobertura y acceso, y trae como resultado un incremento significativo de usuarios y en el porcentaje de viajes diarios que se realizan en bicicleta en la ciudad.

1.2.4.1.Red de ciclovias

Esta red está conformada por diferentes tipos de vías ciclo-inclusivas que diferencian por su entorno, jerarquía y función y permiten una conexión coherente desde las vías locales hasta las vías arteriales y colectoras, vinculando diferentes puntos de interés en la ciudad, garantizando así la distribución equitativa de las vías para todos sus usuarios.

1.2.4.2. Consideraciones de diseño sobre las tipologías cicloviales

A partir de los parámetros de diseño mencionados anteriormente, las tipologías y secciones cicloviales se definen en términos de su función, forma, uso e intensidad del flujo de ciclistas (usuarios) y se combinan con dos factores: velocidad y



volumen del flujo vehicular motorizado (entorno), para determinar las necesidades de segregación que garanticen la protección a los ciclistas (véase Figura 9 3). Así mismo, se deben considerar las necesidades de flujos peatonales, quienes siempre deberán tener prioridad sobre los demás modos.

Los requisitos de diseño ciclovial varían dependiendo del tipo de vía (arterial, colectora o local). Por regla general, las vías arteriales y colectoras requieren secciones viales con infraestructura segregada o delimitada para la bicicleta y las vías locales no requieren esta segregación, gracias a que por lo regular son calles con velocidades menores (máximo 30 km/h) y poco tráfico (máximo 10.000 vehículos motorizados/día). De acuerdo a lo expuesto se toman como base para determinar las tipologías las secciones normativas definidas en la Ordenanza N° 341, así como los términos y tipos de infraestructura definidos en la Ordenanza 1851, su modificación en curso y se clasifican de manera que los diseñadores y planificadores puedan identificar y definir técnicamente las diferentes secciones viales que se presentan en las tipologías de la red ciclovial. Esta clasificación se presenta en la figura 4 y cada una se describe en detalle en la sección de tipologías.



Figura 4. Esquema de la red de infraestructura ciclovial.

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



Para establecer la sección o tipología vial adecuada, los planificadores y diseñadores deben considerar como principales determinantes de diseño la seguridad y comodidad de los ciclistas. En este sentido, la velocidad de los motorizados se convierte en un factor necesario a controlar, especialmente en las zonas de baja velocidad y por tanto la sección vial debe diseñarse de manera integral bajo el principio de calles completas (complete streets, ver sección definiciones), de manera que se garanticen condiciones adecuadas para todos los actores de la vía (peatones, ciclistas y motorizados). En consecuencia, la definición del tipo de infraestructura a implementar debe responder a las condiciones del entorno (velocidad y volumen vehicular, volumen peatonal, usos del suelo) y no a la disponibilidad de espacio o a la implementación generalizada de una misma tipología (sólo ciclovías o sólo ciclocarriles). Así mismo, la infraestructura ciclovial se debe diseñar lo más próxima al carril de baja velocidad, de forma unidireccional, en el mismo sentido de circulación del tránsito automotor y procurando alta visibilidad en las intersecciones (ITDP & I-CE, 2011).

1.2.4.3. Tipologías

a) Vías no segregadas o compartidas:

Las vías compartidas por sus condiciones de baja velocidad y volumen del tráfico motorizado (figura 5), recuperan el orden, la convivencia y la seguridad para peatones y ciclistas, mejorando la calidad de vida de sus residentes y transeúntes y por tanto son las que mejor responden a los criterios de priorización de la pirámide de modos. Se pueden considerar como las vías conectoras o alimentadoras de la red principal ciclovial. El ciclista puede circular compartiendo con los demás usuarios y siempre en el mismo sentido de circulación de los motorizados. Se recomienda su implementación en las vías locales o en vías de baja velocidad (máximo 30 km/h) -por



lo común estas vías se localizan al interior de los barrios, zonas residenciales o centros históricos – o con bajos volúmenes vehiculares (hasta 10.000 vehículos/día). Se dividen en dos tipos: vías compartidas y ciclocarril (Tabla 2).



Figura 5. Ejemplo de vía compartida. Fuente: Patricia Calderón. Barcelona.

Tabla 2

Tipos de vías no segregadas

	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·
TIPOS	DEFINICIÓN

Vía compartida o Carril compartido

En este tipo de vías el ciclista es la prioridad y pueden circular por el centro del carril o calzada, sin que los vehículos intenten sobrepasarlo a alta velocidad o pedirle que se haga a un lado y por tanto la premisa es: a menor velocidad mayor seguridad. La velocidad máxima permitida para los vehículos motorizados es de 30 km/h, dado que así se reducen las probabilidades de accidentes fatales y resulta ser más amable tanto para los ciclistas como para peatones.

Es una franja delimitada de la calzada que guía la circulación de bicicletas, siempre en sentido unidireccional. Está señalizado por el pictograma de bicicleta, la flecha que indica el sentido de circulación y está delimitada por una o dos líneas. De manera ocasional puede ser utilizada por vehículos motorizados, por ejemplo, para evitar obstáculos o ingresar o salir de una zona de estacionamiento en vía. El pavimento del ciclocarril puede estar pintado con color contrastante (rojo para el caso de Lima), lo cual mejora la visibilidad de los ciclistas.

Ciclocarril

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



b) Vías segregadas:

Conforman la red principal de la infraestructura ciclovial y permiten conectar diferentes sectores de la ciudad, y por lo general cubren grandes distancias. Se prefieren en vías arteriales o colectoras con velocidades superiores a 40 km/h y flujos mayores a 10.000 vehículos/día.

Son espacios en el perfil vial reservados de manera exclusiva para la circulación en bicicleta, que pueden estar integrados a la calzada, a la vereda o al separador lateral o central. Pueden ser unidireccionales o bidireccionales dependiendo de las condiciones del entorno. Están demarcadas con pintura, con un color contrastante y segregadas del tránsito motorizado y de los peatones. Es preciso demarcar la infraestructura ciclovial de color diferente al de la calzada o la vereda para que sea fácilmente detectable para todos los usuarios de la vía. Para el caso de Lima Metropolitana, la ML ha definido el color rojo a efectos de generar un contraste con el entorno y el pavimento. En esta categoría (Tabala 3), además de las ciclovías y cicloaceras, están las ciclosendas que se implementan en espacios diferentes a los perfiles viales como alamedas, parques lineales, bordes de cuerpos de agua o corredores verdes, que muchas veces pueden estar en espacios compartidos con peatones. Permiten mayor continuidad y conectividad, por lo general acortan recorridos y son la infraestructura más atractiva en términos de paisaje, sombra y calidad del aire.



Tabla 3 *Tipos de vías segregadas*

TIPOS DEFINICIÓN

Este tipo de infraestructura está integrada al nivel de la calzada o al separador lateral o central, y se prefiere porque hace más cómoda y directa la ruta del ciclista, si se compara con las cicloaceras ubicadas sobre la vereda, y por tanto los conflictos en las intersecciones se reducen tanto con peatones como con motorizados. Puede ser bidireccional o unidireccional. Cuando es unidireccional, se localiza preferiblemente en el costado derecho de la vía, porque facilita a los ciclistas desplazarse en el mismo sentido del flujo vehicular e integrarse fácilmente a una nueva calle al cambiar de dirección. Además, son las de mayor costo eficiencia dado que son intervenciones de bajo costo, rápida implementación y proveen seguridad y comodidad a los ciclistas (Figura 6 y 7).

Cicloacera y Ciclosenda

Ciclovía

Por estar integradas a la vereda o en espacios compartidos con peatones, se deben planear en entornos con bajo flujo peatonal o que cuenten con el ancho necesario para garantizar la circulación cómoda y segura tanto de ciclistas como de peatones, según lo establecido en el Reglamento Nacional de Edificaciones. En las cicloaceras, es necesario reducir al mínimo los cambios de nivel (rampas con pendientes máximas del 8% o instalación de pasos pompeyanos) y solucionar de manera adecuada y casi puntual cada intersección para no generar conflictos con peatones, quienes siempre tendrán la prioridad en las veredas (figura 8). Por otra parte, las ciclosendas no siguen el trazado de una vía motorizada sino que están vinculadas a parques lineales, malecones, alamedas, corredores verdes u otra infraestructura donde no circulan vehículos motorizados.

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



Figura 6. Ejemplo esquemático de ciclovía unidireccional.

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



Figura 7. Ejemplo esquemático de ciclovía (bidireccional) en separador central. Fuente: Manual de Criterios de Diseño de Infraestructura Ciclo-inclusiva y Guía de Circulación del Ciclista, 2017.

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

Figura 8. Tipo de infraestructura recomendado según las condiciones de velocidad y volumen de los motorizados de la vía.

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



1.2.5. Estaciones de bicicletas

También conocidos como estacionamientos bici, biciestacionamientos cicloestaciones (término usado principalmente cuando se trata de un sistema de bicicletas compartidas), las estaciones de bicicletas son infraestructuras de distintas formas y capacidades, cuya finalidad es permitir el parqueo de bicicletas a sus usuarios (tabla 4).

Tabla 4

Beneficios de estaciones de bicicletas

BENEFICIOS	DESCRIPCIÓN
Más ciclistas en la ciudad	Ofrecen la posibilidad de ir a más lugares en bicicleta, como centros educativos y establecimientos comerciales o del Estado. ¡Ciclovías y estaciones de bicicletas son un complemento perfecto!
Más seguridad y comodidad	Un buen estacionamiento de bicicletas no solo le ofrecerá un espacio en donde dejar su bicicleta a un ciclista, sino que le ofrecerá seguridad. Además, debe ser sencillo de usar.
Más opciones de viaje	La colocación de estaciones de bicicletas en paraderos y estaciones del transporte público hace que las personas dependan menos de los vehículos motorizados, ya que se les brinda la opción de hacer una parte del viaje en bicicleta y la otra en transporte público.
Más opciones en la ruta	La existencia de estaciones de bicicletas en diversos puntos de la ciudad permite que los ciclistas tengan más lugares de destino en la ruta. Esto no solo beneficia a los usuarios de la bicicleta, sino que amplía la cantidad de personas acudiendo a diversos establecimientos, sean comerciales o no.

Fuente: Proyecto ocupa tu calle, Lima, 2019.



1.2.5.1.Medidas de las estaciones de bicicletas en el distrito de Santiago de Surco

a) Estación Precursores:

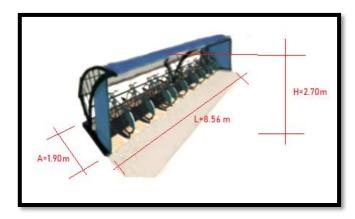


Figura 9. Medidas de la estación Precursores. Fuente: Propia.

b) Estación Ayacucho:

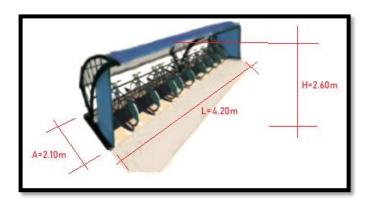


Figura 10. Medidas de la estación Ayacucho. Fuente: Propia.

c) Estación Benavides:

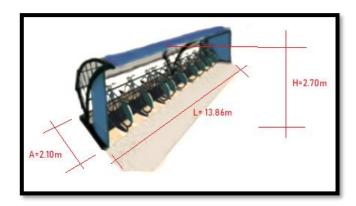


Figura 11. Medidas de la estación Benavides. Fuente: Propia.

d) Estación Jacaranda:

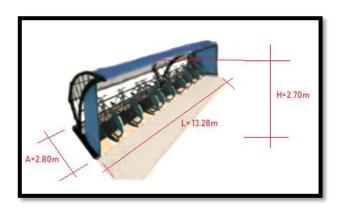


Figura 12. Medidas de la estación Jacaranda. Fuente: Propia.

1.2.6. Condiciones de flujo de transito

En algunos lugares existen problemas de la congestión vehicular, esto es a causa de que en las horas puntas existen una concentración de vehículos, ya que generalmente todas las empresas de trabajo tienen como horario de entrada y de salida iguales,



ocasionando que las personas se desplacen a la misma hora para ir a su lugar de trabajo que pueden quedan ubicados en distintos lugares, la mayoría de las personas suelen hacer los viajes en auto propio, taxi y buses, hay algunos conductores que son desordenada e indisciplinados cuando manejan, ya que algunos de ellos no están capacitados adecuadamente en el sistema de Transporte.

1.2.7. Condiciones de tránsito

El desconocimiento de las rutas o vías de accesibilidad adecuadas, es una causa del tráfico porque los conductores no tienen la suficiente información de que otras vías son de acceso que no hay tanta demanda y de ese modo poder dirigirse sin perder demasiado tiempo y ocasionar trafico yendo por la misma vía que otros van. Un inadecuado diseño o mantenimiento de la vialidad es causa de una congestión innecesaria. En muchas ciudades es frecuente encontrar casos de falta de demarcación de los carriles de circulación, inesperados cambios en su cantidad, ubicación de los paraderos de buses justo en puntos de una reducción en el ancho de la calzada y otras deficiencias que entorpecen la fluidez del tránsito. Asimismo, el mal estado del pavimento, especialmente la presencia de baches, genera crecientes restricciones de capacidad y aumenta la congestión. En muchas ciudades latinoamericanas, como Caracas, la lluvia acumulada sobre las calzadas reduce la capacidad de las vías y, por ende, aumenta la congestión (Thomson y Bull, 2001).

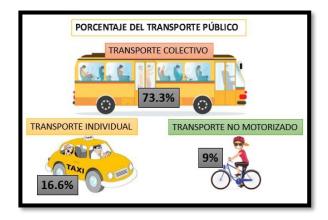


Figura 13. Porcentaje de transporte público. Fuente: Lima como vamos.

1.2.8. Municipalidad de Santiago de Surco

En el año 2021, Santiago de Surco es un Distrito con tradición, valores y conciencia ciudadana; educación de calidad y oportunidades para todos. Donde coexisten armónicamente actividades residenciales, comerciales, empresariales y de servicios; con una eficiente articulación vial y condiciones favorables para la economía local. Es un distrito seguro, saludable y ambientalmente sostenible; donde se promueven actividades culturales de nivel metropolitano, en base a un liderazgo municipal con participación de autoridades, instituciones y ciudadanos. MDSS.

http://www.munisurco.gob.pe/

a) Localización:

El presente proyecto se desarrollará en la ciudad de lima centro, DISTRITO DE SANTIAGO DE SURCO.

Distrito localizado en la provincia y departamento de Lima, fue creado el 16 de diciembre de 1929, mediante Ley 6644, es uno de los distritos con mayor proyección económica de Lima Metropolitana.



b) Limitantes:

- ✓ Por el Norte: Distrito de Ate Vitarte (Salamanca) y el Distrito de San Borja
 (Av. Primavera y Panamericana Sur).
- ✓ Por el Este: Distrito de La Molina (Camacho y Colegio Recoleta) y el
 Distrito de San Juan de Miraflores (Panamericana Sur y Pamplona).
- ✓ Por el Sur: Distrito de Barranco y el Distrito de Chorrillos (Zona de Villa en disputa).
- ✓ Por el Oeste: el Distrito de Surquillo (Urb. Los Jazmines del Naranjal) y el
 Distrito de Miraflores (Óvalo Higuereta).
- c) Políticamente está ubicado en:
 - ✓ Departamento: Lima.
 - ✓ Provincia: Lima.
 - ✓ Distrito: Santiago de Surco.
- d) Coordenadas Geográficas
 - ✓ Sur 12° 09′ 00″
 - ✓ Oeste 77° 01′ 00″
 - ✓ Altitud sobre el nivel del mar: 72 m



Figura 14. Mapa Político del Distrito de Santiago de Surco.

Fuente: www.google.com/maps.

1.3. Marco Histórico

1.3.1. Investigación relacionada con el tema

Kitsuta (2016) en su tesis de título "Guía de planificación y diseño de un sistema de bicicletas públicas ejemplo para el distrito de San Miguel" afirma: Los sistemas de bicicletas públicas (SBP) van ganando aceptación en muchas ciudades del mundo como un medio de transporte complementario. En el caso de Lima, sería conveniente implementarlos a fin de satisfacer de mejor manera la necesidad de movilidad de los ciudadanos. Sin embargo, la ciudad no cuenta con la experiencia suficiente en este tipo de proyectos. El objetivo principal de esta tesis es la elaboración de una guía de diseño y planificación de sistemas de bicicletas públicas (SBP) y posteriormente, una lista de recomendaciones para una futura implementación en el distrito de San Miguel, en el departamento y provincia de Lima. Asimismo, se realiza un ejemplo de diseño de un SBP ubicado en un área de este distrito (p. 2).



Mora (2011) en su tesis de título "Los Sistemas de bicicleta pública vistos desde la relación servicio-producto" afirma: Garantizar la condición de movilidad a sus habitantes es una responsabilidad de las ciudades, pero sobre todo cuando dicha condición trae asociadas problemáticas que inciden en la actual crisis ambiental, como la contaminación por efecto de la combustión de motores. Para cumplir con esta responsabilidad algunas ciudades han desarrollado propuestas para mejorar las condiciones para peatones y ciclistas, de hecho, ya en varias ciudades del mundo han implantado sistemas de movilidad sostenible conocidos con el nombre de sistemas de bicicletas públicas. La base conceptual sobre la cual se mueve el esquema propuesto, es la completar edad que surge de la metodología de los sistemas producto - servicio y, el concepto de movilidad urbana sostenible, esta relación ofrece formas en las que el proceso creativo incorpora nuevos valores, nuevas maneras de innovar y crear riqueza (Rocchi, 2002), diferentes enfoques a las prácticas tradicionales de la eco-eficiencia y la gestión ambiental, más orientadas a los procesos de gestión y/o productos. La propuesta es una herramienta para la implementación y seguimiento, de los sistemas de bicicletas públicas actuales. Toma como eje direccional los sistemas de relaciones -productos y servicios - programa, este último enmarcado en el desarrollo conceptual de las experiencias de diseño. Construir una propuesta conceptual para el Programa de bicicletas-BicirrUN-de la Universidad Nacional de Colombia, en el marco del concepto de movilidad sostenible y la relación servicio-producto.

La desmaterialización incorporada al concepto de movilidad urbana, es viable dentro de esquemas de transporte con servicios de uso compartido, lo cual permite que la movilidad minimice en el caso de BicirrUN sus efectos. Por lo cual se sugiere hacer estudios más específicos, que puedan consolidar la plataforma de BicirrUN (valoración contingente).



Gómez (2018) "La bicicleta como medio de transporte en la Movilidad Sustentable" afirma: Cuadros Analíticos de Propuestas Legislativas No. 23, Instituto Belisario Domínguez, Senado de la República, México, 14p. Los sistemas de bicicleta pública vistos desde la relación servicio-producto. México es otro de los países que busca mejorar el desplazamiento, la asequibilidad y disponibilidad de los medios de transporte, por tal razón en el 2014 se lanzó la Estrategia de Movilidad Urbana Sustentable (EMUS) que pretende transformar los hábitos de desplazamiento de las y los mexicanos e incentivar el uso eficiente del espacio público (SEDATU, 2014). La mencionada estrategia tiene como finalidad transitar de un modelo tradicional de transporte a una movilidad sustentable porque las ciudades se encuentran diseñadas para el uso de los automóviles, a estar constantemente construyendo avenidas, carreteras y autopistas, lo cual ha llevado a que el parque vehicular aumente de manera considerable, desplazando otros tipos de movilidad. México es otro de los países que busca mejorar el desplazamiento, la asequibilidad y disponibilidad de los medios de transporte, por tal razón en el 2014 se lanzó la Estrategia de Movilidad Urbana Sustentable (EMUS) que pretende transformar los hábitos de desplazamiento de las y los mexicanos e incentivar el uso eficiente del espacio público (SEDATU, 2014). La mencionada estrategia tiene como finalidad transitar de un modelo tradicional de transporte a una movilidad sustentable porque las ciudades se encuentran diseñadas para el uso de los automóviles, a estar constantemente construyendo avenidas, carreteras y autopistas, lo cual ha llevado a que el parque vehicular aumente de manera considerable, desplazando otros tipos de movilidad. Promocionar la bicicleta como medio de transporte en la Movilidad Sustentable a raíz de la constante expansión de las manchas urbanas, en el mundo se está desarrollando una nueva visión respecto a la movilidad sustentable. Situación que ha llevado, a que los países realicen acciones encaminadas a



implementar proyectos de largo alcance que fortalezcan y diversifiquen el transporte urbano. Como es el caso de Suiza y Alemania ciudades en donde la tecnología, la creación de aplicaciones móviles (APP) para la intermodalidad, el transporte eléctrico e híbrido, la reducción de impuestos para bicicletas eléctricas, el compartir medios de transporte, ha jugado un importante papel para la reducción de contaminantes, acciones que bien pueden ser replicables en otros países. Aunado a lo anterior, México es otro de los países que busca mejorar el desplazamiento, la asequibilidad y disponibilidad de los medios de transporte, por tal razón en el 2014 se lanzó la Estrategia de Movilidad Urbana Sustentable (EMUS) que pretende transformar los hábitos de desplazamiento de las y los mexicanos e incentivar el uso eficiente del espacio público (SEDATU, 2014). La mencionada estrategia tiene como finalidad transitar de un modelo tradicional de transporte a una movilidad sustentable porque las ciudades se encuentran diseñadas para el uso de los automóviles, a estar constantemente construyendo avenidas, carreteras y autopistas, lo cual ha llevado a que el parque vehicular aumente de manera considerable, desplazando otros tipos de movilidad. Rojas (2013) en tu tesis de título "Implementación de la bicicleta en Bogotá como un modelo de transporte eficaz, saludable, sustentable e integral" afirma: Es claro para muchos que Bogotá no atraviesa su mejor momento en temas de movilidad resultado de la corrupción política; la ciudad ha colapsado en cada uno de sus sistemas de transporte. El uso del carro particular saturo las vías, el transporte público planificado hace una década quedo corto ante el crecimiento de la población, y el transporte público convencional no se logró renovar, integrándose a un único sistema. La principal demanda de la ciudad en cuanto a infraestructura de la bicicleta fueron aquellas personas que por necesitad vieron ese medio de transporte alternativo, logrando posicionar la ciudad como un referente a nivel mundial gracias al Plan Maestro de Ciclo



rutas de 1998, pero debido a un desinterés político de las últimas administraciones, el desarrollo y mantenimiento de dicha infraestructura y nuevas políticas a favor de la bicicleta se detuvieron.

Implementar la bicicleta como un medio de transporte eficaz. En materia de movilidad es clave entender cada uno de los sistemas que ya existen y así poder aprovechar estos recursos a la hora de proponer.

Igualmente, la contextualización del sistema con la misma ciudad, especialmente la geografía, la cual permite el desarrollo de modelos, si bien no tanto innovadores si acordes a la problemática actual. El tema no es simplemente adecuar unas bicicletas para el uso público, se debe garantizar infraestructura adecuada tanto para aquel que usa este servicio como para el usuario que en definitiva maneja la bici como su medio de transporte principal, al igual se debe garantizar su seguridad dentro como fuera de la Ciclo rutas.

Yeh (1996). An integrated GIS and location-allocation approach to public facilities planning - An example of open space planning, Computers, Environment and Urban Systems 20 (4/5), 339-350. La planificación de las instalaciones públicas normalmente aplica un estándar de planificación, como cuántas hectáreas de espacio abierto se requieren para un cierto número de personas en un distrito, Pero las normas de planificación solo especifican el área requerida y rara vez especificar dónde debe ubicarse la instalación pública. Un modelo de asignación de ubicación que intenta los mejores sitios para las instalaciones es una herramienta más útil para el público planificación de instalaciones, Aunque su aplicación ha estado limitada por la disponibilidad de datos, incluso esto ha cambiado con la disponibilidad de los sistemas de información muchas ciudades. En consecuencia, este documento analiza la integración de SIG y un modelo de



ubicación y asignación para la planificación de instalaciones públicas, utilizando espacios abiertos planificación en Hong Kong como ejemplo. Demuestra cómo ese espacio el sistema de apoyo a la decisión puede proporcionar un conjunto de espacios de solución sobre qué decisión los fabricantes pueden enfocar sus discusiones y tomar decisiones colectivas. También puede habilitar los responsables de la toma de decisiones para tener una mejor visión del problema y para probar diferentes escenarios variando los objetivos, restricciones y parámetros de los modelos. Modelos de gis y ubicación-asignación en planificación de instalaciones públicas el enfoque de estándares de planificación en la planificación de instalaciones públicas especifica el área de instalaciones que se requieren para cada región, pero no especifica la ubicación de tales instalaciones. Además, las instalaciones públicas se asignan a menudo de acuerdo con la disponibilidad de los sitios, y los factores de ubicación se descuidan con frecuencia en la selección del sitio de las instalaciones públicas. Esta la deficiencia se puede superar mediante la integración de GIS con la ubicación-asignación Modelo como se demuestra en este estudio. Dicho método puede incorporarse fácilmente en el sistema de información terrestre, como el que se ha desarrollado en Hong Kong.

1.4. Estructura Teórica Geográfica

1.4.1. Planificación Territorial Sostenible

La planificación territorial hace referencia al establecimiento apropiado de cada uno de los componentes territoriales, a través de políticas que deben ser seguidas por la población y otros agentes económicos en cuanto al uso de los recursos naturales, la protección del medio ambiente (Bosque y García, 2000). Sin embargo, la sostenibilidad debe atravesar verticalmente todas las acciones planificadoras definida



ésta por la Comisión Mundial de Medio Ambiente y Desarrollo CMMAD de las Naciones Unidas en el informe titulado Nuestro Futuro Común o informe Brundtland en 1987, como "la satisfacción de las necesidades de la generación presente, sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades". la planificación urbana no sólo constituye una gama de instrumentos de planificación y de mecanismos de gestión que facilita una apropiada organización del uso del suelo, sino también, una proyección espacial de las políticas sociales, económicas, ambientales y culturales de una ciudad que regulan la vida económica y social de sus ciudadanos. Por ello, actuaciones tales como la mejora física de los espacios públicos, la mejora de la accesibilidad y habitabilidad, pueden ayudar a lograr una mayor cohesión e integración social que fomente la sostenibilidad (Echebarría y Aguado, 2003).

1.4.2. Sistemas de Información Geográfica como herramienta de planificación

Con el desarrollo de la informática, los sistemas de información geográfica se han convertido en pieza fundamental a la hora de planificar el territorio, ya que su campo de acción es muy diverso a la hora de realizar un análisis geográfico. Dentro de todas las posibilidades a las que puede responder un SIG, el cuestionamiento ¿Dónde debe estar ubicado X elemento?, es clave a la hora de planificar ya que permite dentro de unos criterios establecidos asignar el lugar óptimo para la ubicación de dicho elemento. Las funciones empleadas por los SIG para dar respuesta a la hora de planificar el territorio son las siguientes:

- a) Búsqueda selectiva de información.
- b) Exploración y descripción de los datos.



- c) Generación de modelos explicativos y su confirmación con la información preexistente.
- d) Manipulación de la información: superposición, cambio de tipo de elemento geográfico, etc (Bosque y García, 2000).

Por lo tanto, ya que el objetivo planteado es dar respuesta a la posible ubicación de un elemento en el espacio, es necesaria la implementación de todas estas funciones. Los Sistemas de Información Geográfica pueden estar presentes en diversas etapas del proceso la planificación territorial como son: La identificación del problema: por su capacidad de examinar los datos geográficos que definen el problema a tratar, así como el aporte de la cartografía para identificar la cuestión a tratar.

La especificación de los objetivos: aunque los SIG no están diseñados para este tipo de aportes, la generación y visualización de la cartografía permite considerar criterios de tipo económicos y políticos a la hora de planificar el territorio. Generación de alternativas: los SIG están altamente preparados para la combinación de datos existente y el uso de modelos que permitan generar respuesta al problema en cuestión. Evaluación de las alternativas: una vez generada las alternativas de solución, los SIG permiten evaluar las consideraciones teniendo en cuenta nueva información y los objetivos plantados para escoger la mejor opción de solución. Organización: en esta fase los SIG no tiene ese potencial ya que no permiten la estructuración y visualización de las actividades a desarrollar, por la cual se requiera el uso de otras herramientas como el diagrama de Gantt o PERT para la gestión en la planificación. Control de la aplicación: los SIG pueden ser una interesante herramienta, dada su capacidad de comparar dos realidades espaciales, lo que se planifica, y la que realmente ocurre en la realidad. Los SIG son útiles en bastantes



momentos del proceso de planificación, por ello parece cada vez más necesario su uso en estas tareas (Bosque y García, 2000).

1.4.3. Localización óptima de elementos geográficos de tipo lineal

Los Sistemas de Información Geográfica permiten de una forma sistémica representar la realidad territorial en diferentes capas (puntos, líneas y polígonos). Para este análisis es de interés específicamente el tipo de capas lineales, ya que en ésta residen todos los elementos del territorio que llevan una forma de línea como por ejemplo los trazados de carreteras, caminos, líneas férreas, ríos, canales, arroyos, entre otros. Existen diversos tipos de problemas de planificación territorial sobre la localización óptima de elementos lineales, que los SIG pueden responder: a) Localización de caminos/rutas óptimas sobre redes de transporte ya existentes. b) Determinación del nuevo trazado de carreteras u otro tipo de infraestructuras lineales, también en este caso se pueden plantear dos modalidades: 1° Se encuentran diferentes trazados de una nueva ruta, es necesario evaluar cuál es el más adecuado, cada ruta se evalúa por separado y se elige la que sea más corta o barata de construir. 2º Se emplea un procedimiento de búsqueda ex-novo de un recorrido óptimo teniendo en cuenta los criterios necesarios que miden lo adecuado que es el paso por cada punto del territorio. (Bosque y García, 2000).

Análisis de redes de comunicación; una red es un sistema interconectado de elementos lineales, que forma una estructura espacial por la que pueden pasar flujos de algún tipo: personas, mercancías, energía o información (Bosque y Sendra, 1997). Una red, gráficamente está constituida por dos tipos de elementos relacionados entre sí: nodos o vértices y arcos o aristas. Los nodos o vértices de la red pueden venir



constituidos por los puntos de origen y destino de los intercambios (ciudades, puertos, aeropuertos o centros de zona -denominados centroides). Los arcos o aristas se identifican con las rutas, tanto si tienen estructura física de soporte (rutas terrestres) como si no cuentan con ella (rutas marítimas, aéreas), o con los flujos (pasajeros, mercancías) que por ellas circulan cuando se trata de redes valorizadas (Seguí Pons, 1995).

Los nodos pueden adquirir importancia dependiendo de su grado de funcionalidad, lo que los puede convertir en puntos de atracción o de paso; por otro lado, los arcos adquieren más importancia de acuerdo a la cantidad de flujos o funciones que atribuya cada elemento, lo que permite generar una jerarquía de la red (Soto y López, 2005).

Al interior de la red existen reguladores que se denominan impedancia y se asocia al costo del desplazamiento a través de la red. La bicicleta como medio de trasporte sostenible; el desafío actual del transporte es la sostenibilidad, para ello se apuesta por reducir las distancias y favorecer desplazamientos sostenibles, ya sean a pie o en bicicleta (Latorres, 2012).

Muchas ciudades en el mundo están asumiendo el desafío de fomentar la intermodal dad y la complementariedad entre modos de transporte público y el incremento de los viajes a pie o en bicicleta. La elección modal de un usuario está basada en diferentes aspectos que varían en función de las necesidades y el medio elegido para el desplazamiento. Se plantea el uso de la bicicleta como modo óptimo de transporte urbano ya que pueden llegar a cubrir distancias normales de siete kilómetros, y al escaso espacio que ocupa su infraestructura, ya sea en convivencia con medios motorizados o con los peatones (Latorres, 2012).



Por otra parte, la bicicleta es un medio de transporte autónomo, flexible, accesible y limpio, lo que le hace de este medio de transporte un medio adecuado para los desplazamientos cotidianos.

1.4.4. Condiciones Específicas para la Construcción de la Ciclovías

Los movimientos en favor de una mejor calidad del ambiente, la recuperación del espacio público y mejorar la calidad de vida ha suscitado la búsqueda de la posibilidad de introducir un cambio de actitud favorable al transporte nomotorizado, el cual muy seguramente se verá reflejado en el incremento del mercado de la bicicleta. Una infraestructura que no conecta a ningún lugar o no responde a una demanda de viajes, no sirve de nada. La ciclovías no es un componente por defecto de la faja vial, sino un dispositivo de respuesta a una necesidad de viajes cuando la participación de la bicicleta dentro de las pistas de automóviles es peligrosa o demasiado conflictiva, para la circulación de bicicletas. En cualquier caso, toda cicloruta materializada debe obedecer a unos principios generales.

- Coherencia: lo cual es el estado de continuidad y consistencia entre las cosas.
- Directa: todos los factores que influyen en el tiempo de viaje son parte del concepto de rutas directas; la infraestructura ciclista debe trazar una ruta lo más directa posible.
- Segura: esta debe tratar de evitar los encuentros con tránsito motorizado de alta velocidad, ya sea disminuyendo la velocidad de los autos o creando una separación física y/o espacial. Cómoda: que el viaje en bicicleta sea una experiencia placentera y cómoda ayuda a alentar su uso.



 Atractiva: debe tener un ambiente seguro y amable, el cual se refiere a la estética de la arquitectura y a un entorno natural agradable.

1.5. Modelos de localización óptima

En los estudios de carácter espacial, es necesario contar con una herramienta de ayuda a la toma de decisiones que integre la componente geográfica. Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) permite esta integración. Existen experiencias internacionales en las que mediante los SIG se realizan evaluaciones multicriterio para la planificación de infraestructura ciclista.

En los diferentes estudios se han tenido en cuenta factores favorables para la circulación en bicicleta (densidad de población, localización de actividades económicas, centros educativos, zonas de recreo) así como factores inhibidores (colisiones, ausencia de seguridad vial, vandalismo) (Latorre 2012, p.8).

En esta misma línea, existe una preocupación por hallar localizaciones óptimas mediante herramientas de información geográfica. Entre estas preocupaciones destacan estos cuatro temas:

- Demanda: distribución espacial de la misma
- Oferta: distribución espacial de los lugares donde se oferta el servicio o la localización de estaciones obligatorias.
- Lugares candidatos: en los cuales es posible situar los nuevos puestos de oferta.
- Red de comunicaciones: red con plena conectividad por la cual tendrán lugar

En los entornos SIG se han desarrollado herramientas de localización óptima de servicios que pueden ser de gran utilidad a la hora de localizar las estaciones de bicicletas en función de la distribución de la demanda (Latorre 2012: 8).



En este sistema destaca la formalización de la noción de ubicación y distribución, donde varias instalaciones se localizan en el espacio y la demanda discreta es asignada a un centro. Este modelo consiste en encontrar, entre un conjunto de sitios, la ubicación de las instalaciones de un determinado tipo, así como su capacidad, con el fin de cumplir con un objetivo predefinido, al tiempo que satisfacen la demanda de un determinado número de centros (Latorre 2012, p.8).

1.5.1. Mínima Impedancia

En el modelo de Mínima Impedancia las estaciones de bicicletas se ubican de modo a minimizar la suma de todos los costes ponderados entre los puntos de demanda y las instalaciones de la solución. Las bases se eligen de tal modo que se minimiza la suma de las impedancias ponderadas, es decir, la demanda asignada a una base (Latorre 2012, p.8).

1.5.2. Máxima Cobertura

En el modelo de Máxima Cobertura las estaciones se ubican de tal modo que el máximo número de puntos de demanda se asignen a instalaciones de la solución situadas dentro de la tolerancia de impedancia. Las bases se eligen de tal modo que la máxima demanda posible de viajes potenciales queda cubierta por la tolerancia de impedancia de las instalaciones (doscientos metros). En este método no se considera la demanda de las bases que queden fuera de la tolerancia de doscientos metros (Latorre, 2012, p.8). En la Figura 15, se muestra la metodología de máxima cobertura para posteriormente poder determinar las estaciones óptimas de bicicletas.



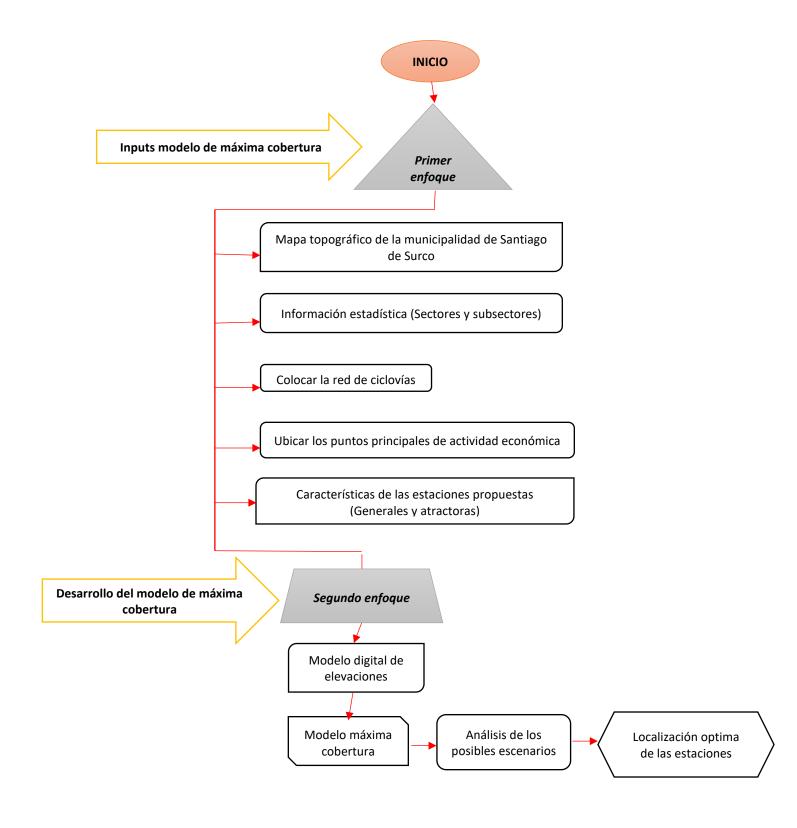


Figura 15. Flujograma Máxima Cobertura.

Fuente: Propia (2020).



1.6. Microsimulación Vissim 9

La microsimulación es una herramienta utilizada cotidianamente en ingeniería de transporte, para analizar el comportamiento de los vehículos con un alto nivel de detalle, una red de transporte en un determinado tiempo y espacio con el fin de predecir el funcionamiento del sistema (Gutierrez y Taipe, 2020, p.19). La Microsimulación con el software Vissim 9, el cual tiene como finalidad el comportamiento del ciclista, midiendo el tiempo de las estaciones en la red ciclista existente en el área de estudio:

- a) La calidad de un programa de micro-simulación depende principalmente de la calidad de sus modelos de comportamiento vehicular. Dentro de Vissim existen cuatro modelos de comportamiento vehicular:
 - ✓ Modelo de seguimiento vehicular (Following).
 - ✓ Modelo de cambios de carril (Lane Change).
 - ✓ Modelo de comportamiento lateral (Lateral).
 - ✓ Modelo de reacción a la luz amarilla (Signal Control).
- b) La construcción de un Modelo en Vissim.

Un modelo de Microsimulación en Vissim está integrado por las cuatro áreas que se muestran abajo, las tres primeras corresponden a los insumos que se necesitan para construirlo y la última es la de los productos que son posibles obtener del mismo.

- ✓ Red vial: Se representa la infraestructura física en términos de vialidades y vías.
- ✓ Elementos de control: Se definen las reglas con que se resuelven los conflictos vehiculares que se presentarán en una red.
- ✓ Demanda vehicular: Se representan los flujos vehiculares en volumen, movimientos y comportamiento.
- ✓ Productos: Indicadores y visualizaciones generadas luego de correr los modelos.



En la Figura 16, se muestra la Microsimulación Vissim 9 para posteriormente poder determinar reducción del tiempo de viaje.

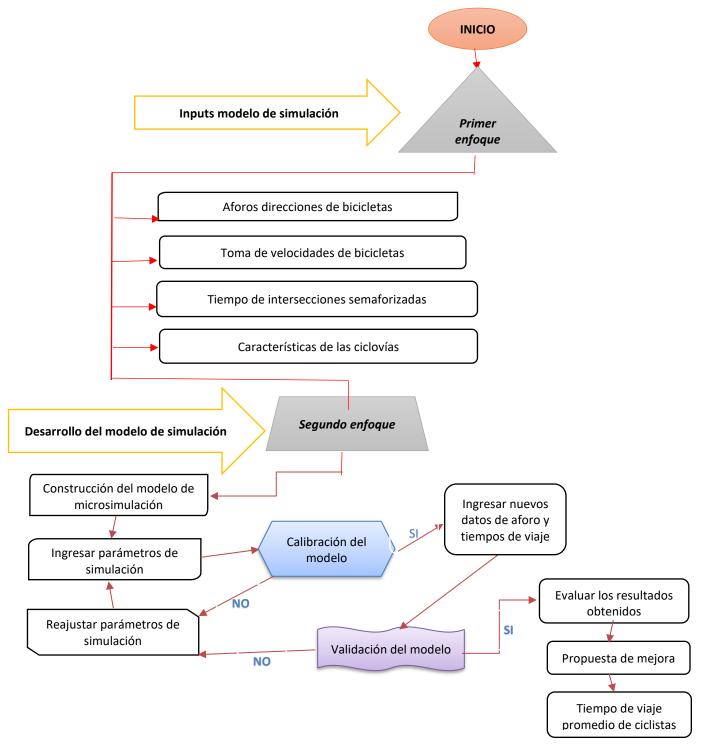


Figura 16. Flujograma Microsimulación Vissim 9. Fuente: Propia (2020).



1.7. Aspectos éticos

La investigación cumple con las normas, los reglamentos y con un accionar correcto, como estipula la Universidad Privada del Norte.

1.8. Formulación del problema

¿En qué medida la optimización de las ubicaciones de estaciones de bicicletas existentes, aplicando el método de "Máxima Cobertura" mejorará las condiciones del flujo de tránsito, Santiago de Surco, Lima 2021?

1.8.1. **Problemas específicos**

- √ ¿En qué medida la optimización de las ubicaciones de estaciones de bicicletas
 existentes con el método de "Máxima Cobertura" mejorará las distancias del diseño
 de las ciclovías, Santiago de Surco, Lima 2021?
- ✓ ¿En qué medida la optimización de las ubicaciones de estaciones de bicicletas
 existentes con el método "Máxima Cobertura" reducirá el tiempo de viaje de origen
 destino, Santiago de Surco, Lima 2021?

1.9. Objetivos

1.9.1. Objetivo general

Determinar en qué medida la optimización de las ubicaciones de estaciones de bicicletas existentes, aplicando el método de "Máxima Cobertura" mejorará las condiciones del flujo de tránsito, Santiago de Surco, Lima 2021.

1.9.2. Objetivos específicos

✓ Determinar en qué medida la optimización de las ubicaciones de estaciones de bicicletas existentes, con el método de "Máxima Cobertura" mejorará las distancias del diseño de las ciclovías, Santiago de Surco, Lima 2021.



✓ Determinar en qué medida la optimización de las ubicaciones de estaciones de bicicletas existentes, con el método "Máxima Cobertura" reducirá el tiempo de viaje de origen – destino, Santiago de Surco, Lima 2021.

1.10. Hipótesis

1.10.1. Hipótesis general

La optimización de las ubicaciones de estaciones de bicicletas existentes, aplicando el método de "Máxima Cobertura" mejorará significativamente las condiciones del flujo de tránsito, Santiago de Surco, Lima 2021.

1.10.2. Hipótesis específicas

- ✓ La optimización de las ubicaciones de estaciones de bicicletas existentes, con el método de "Máxima Cobertura" mejorará significativamente las distancias del diseño de las ciclovías, Santiago de Surco, Lima 2021.
- ✓ La optimización de las ubicaciones de estaciones de bicicletas existentes, con el método "Máxima Cobertura" reducirá significativamente el tiempo de viaje de origen destino, Santiago de Surco, Lima 2021.



CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo y diseño de la investigación

2.1.1. Tipo de investigación

Hernández (2010) Las investigaciones cualitativas se basan más en una lógica y proceso inductivo (explorar y describir, y luego generar perspectivas teóricas) (p.8). La presente tesis es de investigación cualitativa, porque recolectamos, evaluamos y examinamos datos con los instrumentos, para obtener una comprensión más lógica de la realidad problemática y su tipo de investigación es descriptiva porque analizamos y observamos los datos que se trabajan en el tema utilizando los implementos de gráficos y tablas.

2.1.2. Diseño de investigación

El enfoque de la tesis es el diseño no experimental. "Estudios que se realizan sin la manipulación deliberada de variables y en los que sólo se observan los fenómenos en su ambiente natural para analizarlos" (Hernández, 2010, p.152).

También está enfocado en el tiempo transversal. "Los diseños de investigación transeccional o transversal recolectan datos en un solo momento, en un tiempo único. Su propósito es describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado. Es como "tomar una fotografía" de algo que sucede" (Hernández, 2010, p. 154).

2.2.Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos)

2.2.1. Población

Hernández (2010) La población (el universo) es un conjunto de todos los casos los cuales que concuerdan con determinadas especificaciones, la población debe situarse en torno a sus características de contenido, del lugar y en el tiempo (p. 174).



La población de 329,152 habitantes, con una densidad poblacional de 9171,13 (Hab./Km2), datos utilizados del INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática) censo 2017, el distrito de Santiago de surco cuenta con cuatro estaciones de bicicletas y una red de ciclovías.

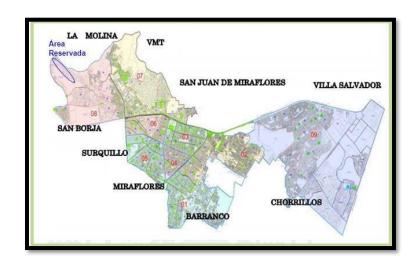


Figura 17. Mapa del distrito de Santiago de Surco por sectores. Fuente: Municipalidad de Santiago de Surco.

Tabla 5 Población estimada y proyectada, por superficie y densidad poblacional

SECTOR	POBLACIÓN	SUPERFICIE (Km2)	DENSIDAD POBLACIONAL (Hab/Km2)
Sector 1	82,044	4,7	17,493
Sector 2	115,182	6,4	17,997
Sector 3	35,242	2,2	16,241
Sector 4	14,090	1,1	13,292
Sector 5	31,206	2,7	11,515
Sector 6	18,271	1,8	9,984
Sector 7	33,629	7,1	4,750
Sector 8	34,704	7,3	4,741
Sector 9	164,029	11,5	14,313
Total	528,397	44,72	11,816

Fuente: Compendio Estadístico Municipal 2018 de la MSS-GPP.



Figura 18. Estaciones de Bicicletas en el distrito de Santiago de Surco. Fuente: Propia (Google Earth).



Figura 19. Ciclovías en el distrito de Santiago de Surco. Fuente: Propia (Google Earth).

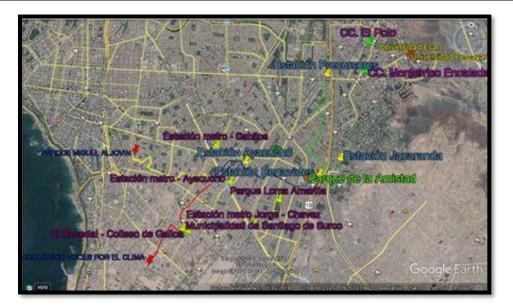


Figura 20. Zonas atractoras en el distrito de Santiago de Surco. Fuente: Propia (Google Earth).

2.2.2. Muestra

Hernández (2010) En el proceso cualitativo, grupo de personas, eventos, sucesos, comunidades, etc., sobre el cual se habrán de recolectar los datos, sin que necesariamente sea estadísticamente representativo del universo o población que se estudia. (p.384).

De acuerdo a la población del distrito de Santiago de Surco se realizará la muestra probabilística.

Hernández (2010) afirma: Muestra probabilístico subgrupo de la población en el que todos los elementos tienen la misma posibilidad de ser elegidos (p. 175).

La muestra para la presente investigación es de **178 habitantes**, que se obtuvo de la muestra probabilística.

Para obtener una muestra representativa a un nivel de confianza del 95.0% y con un margen de error del 5.0%, se aplicó la formula adjunta, donde el valor de K proviene



de la tabla 1. Para calcular la muestra de realiza de acuerdo a la población, de tal forma que ese es número mínimo de encuestas que han de realizarse para validar el estudio.

Tabla 6 Valores de K y nivel de confianza

Valor de K	1.15	1.28	1.44	1.65	1.96	2.24	2.58
Nivel de confianza	75%	80%	85%	90%	95%	97.50%	99%

Fuente: CPVS.

Ecuación 1:

$$n = \frac{k^2 N p q}{e^2 (N-1) + k^2 p q}$$

Donde:

n: Tamaño de la muestra.

N: Tamaño de la población.

• k^2 : Valor tabulado.

• P: Probabilidad de no ocurrencia de la característica observada.

q: Probabilidad de no ocurrencia de la característica observada.

• e: Error de muestro permitido.

Reemplazando:

$$n = \frac{1.96^2(329,152)(0.5)(0.5)}{0.05^2(329,152-1) + 1.96^2(0.5)(0.5)}$$

$$n = 177.516 \approx 178 habitantes$$



2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

Hernández (2010) afirma: Técnica es un conjunto de reglas y procedimientos que la permiten al investigador establecer una la relación con el objeto o sujeto de la investigación (p.488).

Técnica de procesamiento

En el presente trabajo de investigación se utilizará la técnica de procesamiento para la recolección de datos, que serán evaluados y ordenados, para obtener una correcta información y luego aplicarlo en el programa Arcgis y el programa Vissim.

2.3.1. Instrumentos de recolección de datos

La recolección de datos implica elaborar un plan detallado de los procedimientos que nos conduzcan a reunir los datos con un propósito específico. (Hernández, 2010, p. 198).

Los instrumentos que se utilizaran para la recolección de datos, para nuestro tema de investigación son los siguientes:

- ✓ *Observaciones directas*: Visita a campo, Fotografías y google earth.
- ✓ *Documentos:* revista (encuesta) Lima como vamos, 2019.

2.3.2. Análisis de datos

En el análisis de datos cualitativos el proceso esencial consiste en que recibimos datos no estructurados y los estructuramos e interpretamos (Hernandez, 2010, p. 460).

En esta investigación para el análisis de datos se aplicará los siguientes programas:

- ✓ Programa ArcGIS con el Método Máxima Cobertura.
- ✓ Programa VISSIM 9.



2.4. Procedimiento

2.4.1. Recolección de datos

Ubicación de estaciones existentes en el distrito de Santiago de Surco, se realizó la visita a campo para analizar las dimensiones y distancias de ciclovías.



Figura 21. Estación Precursores.

Fuente: Propia.



Figura 22. Midiendo la ciclovía.

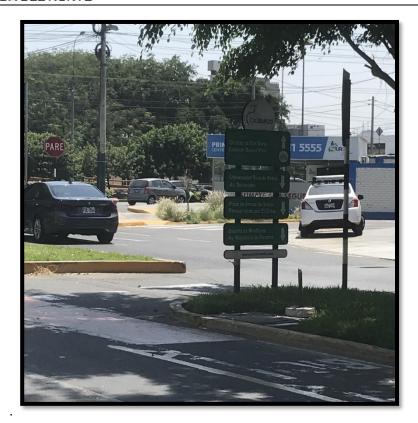


Figura 23. Cartel de guía de zonas que enlazan las ciclovías.



Figura 24. Estación Ricardo Palma.



Figura 25. Tomando medidas de la estación Ricardo Palma.



Figura 26. Inicio de la ciclovía que conecta la Estación Ricardo Palma con la Estación Ayacucho.



Figura 27. Estación Ayacucho.



Figura 28. Tomando medidas del Estacionamiento Ayacucho.



Figura 29. Estación Jacarandá.



Figura 30. Tomando medidas de la Estación Jacarandá.



2.4.2. Máxima cobertura

Una vez recolectado los datos requeridos del distrito de Santiago de Surco, se procede a insertar lo valores al programa Arcgis mediante el método de máxima cobertura para que se proceda y se obtenga la ubicación de estaciones de bicicletas proyectadas y existentes.

 a) En el programa a un inicio para proponer estaciones de bicicletas en el distrito de Santiago de Surco se hizo un análisis en donde se ingresó las calles, avenidas y jirones.

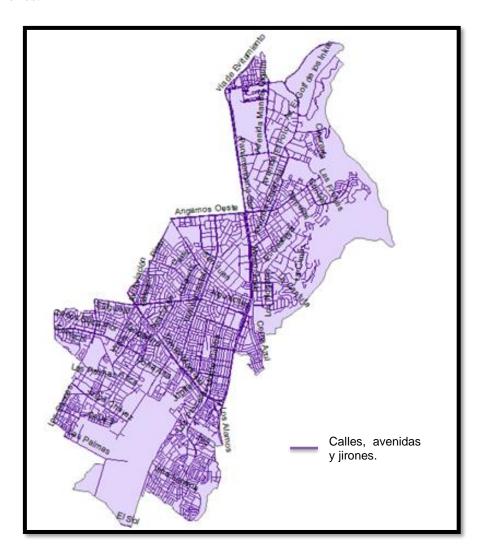


Figura 31. Ubicación de calles, avenidas y jirones del distrito de Santiago de Surco. Fuente: Arcgis.



- b) Después de registrar las calles, avenidas y jirones, se analizó los tipos para poder poner las jerarquías de tiempo, velocidades y distancias de una ubicación a otra.
- c) Una vez obtenido la tabla de datos, de acuerdo a eso el programa Arcgis va analizar los nodos de las calles, avenidas y jirones para proponer donde va ir una estación de bicicleta en la estación de Santiago de surco.

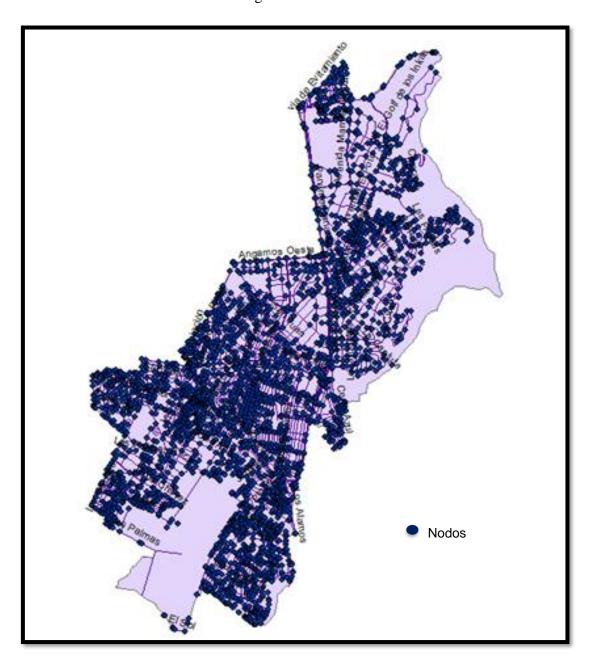


Figura 32. Nodos de ubicación de las estaciones de bicicleta. Fuente: Arcgis.



d) Luego se procedió a ingresar en el programa las estaciones ya existentes que eran 4
en total, para poder saber cuánto de distancia tendría con las otras estaciones
proyectadas.

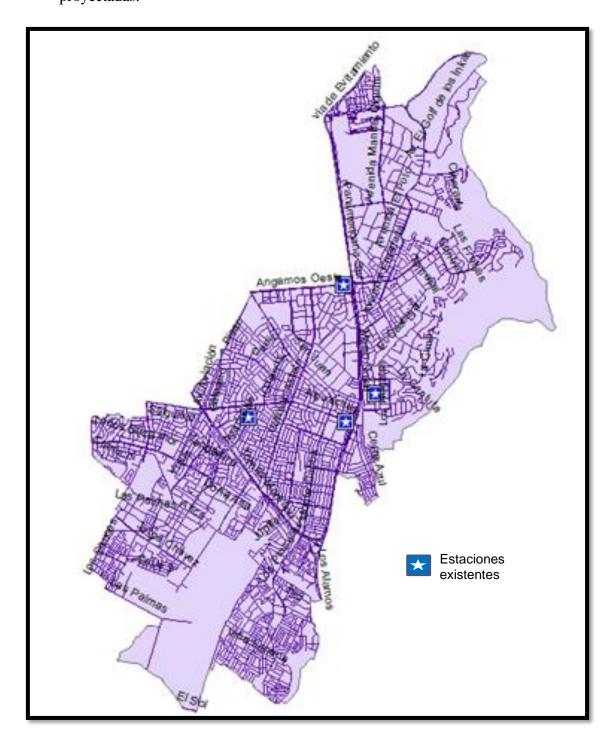


Figura 33. Ubicación de estaciones ya existentes en el Distrito de Santiago de Surco. Fuente: Arcgis.



e) Una vez ubicado las estaciones existentes y puntos donde posiblemente iría una estación el programa analizara donde irían algunas estaciones proyectadas.

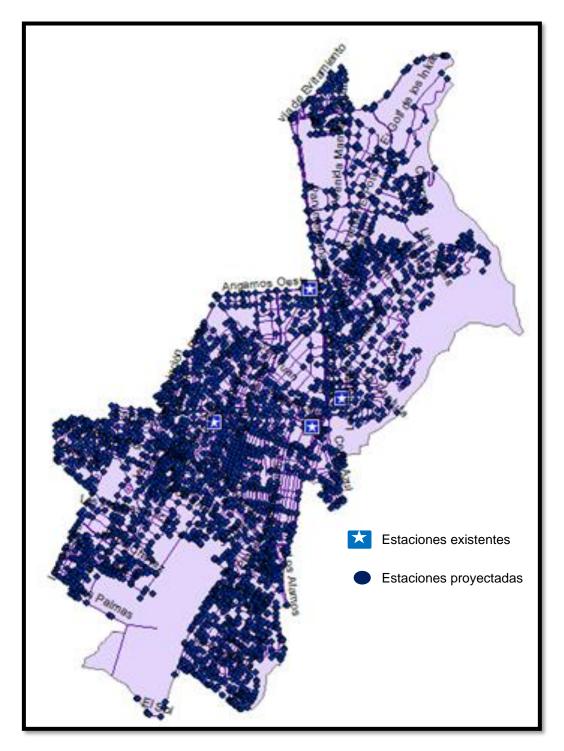


Figura 34. Ubicaciones de estaciones existentes con proyectadas. Fuente: Arcgis.



 f) Según análisis de estaciones proyectadas el programa dará como resultado donde se ubicarán.

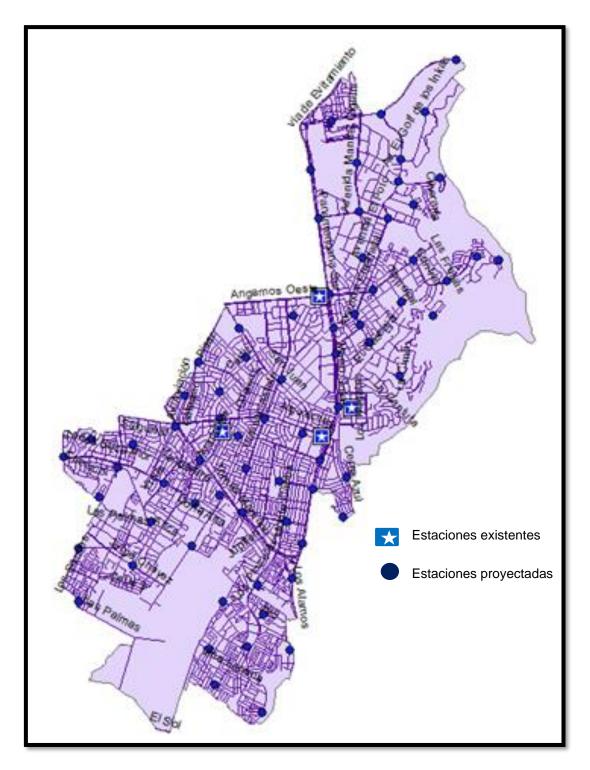


Figura 35. Ubicación de estaciones proyectadas. Fuente: Arcgis.



g) Para poder diferenciar mejor las ubicaciones existentes de las proyectadas el programa; la diferencia de color naranja a las posibles estaciones que pueden ir y las rojas son las descartadas por el programa.

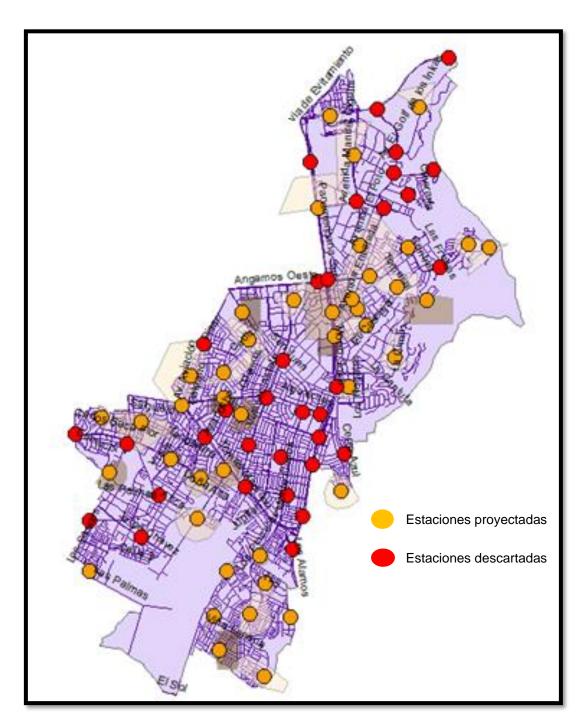


Figura 36. Ubicación de estaciones proyectadas y descartadas. Fuente: Arcgis.



h) Al final luego de analizar varias posibles ubicaciones proyectadas, el programa
 Arcgis realiza un recorte, con la finalidad de obtener estaciones que sean más
 cercanas a las ya existentes.

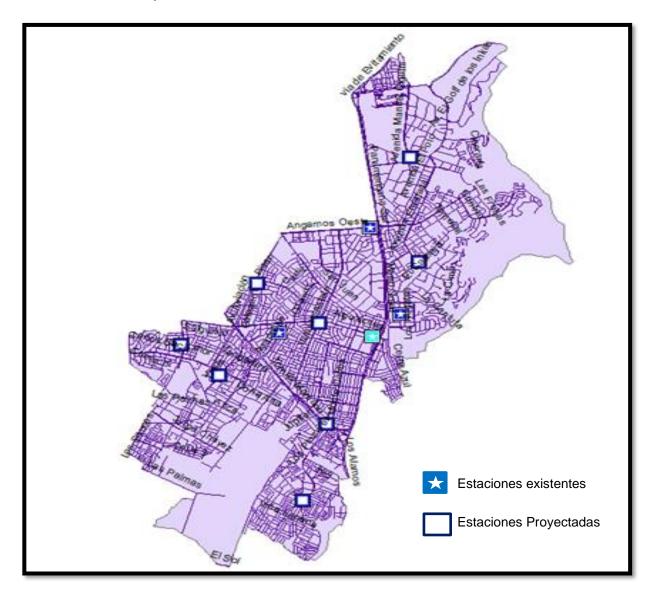


Figura 37. Ubicación de 8 estaciones proyectadas. Fuente: Arcgis.

 i) Después de ingresar la información requerida necesaria para realizar la metodología de máxima cobertura se planteará 8 estaciones proyectadas, teniendo en cuenta que se ubican en zonas de mayor demanda de personas.



2.4.3. Microsimulación Vissim 9

a) Recolección de datos para la Microsimulación

- Se identificó la ubicación de la zona de estudio que está ubicada en el distrito de Santiago de Surco de la estación Benavides a la estación Ayacucho, en esta zona hay ciclovías existentes, ya que hace algunos años se viene implementando en el distrito Surco en Bici, generando de esta manera que los vecinos puedan dirigirse en bicicleta a los lugares de mayor demanda.
- La zona que se utilizó para la recolección de datos para la Microsimulación cuenta con la mayor cantidad de viajes realizados en bicicleta, ya que cerca de la estación Benavides se encuentra la Universidad Ricardo palma y la panamericana, mientras que la estación Ayacucho está cerca a la estación Ayacucho del tren eléctrico, lo cual permite la intermodalidad siendo una zona atractora y generadora de viajes.
- La Microsimulación es una herramienta que nos permite analizar el comportamiento de la red ciclista, para lo cual se levantaron información tales como velocidades, tiempos de ciclo y fases semafóricas, características de las ciclovías (anchos de carril bici, operación direccional o bidireccional), después toda esa información fue ingresada al software VISSIM 9.

Tiempo de semáforos

Verificación del tiempo del ciclo de semaforización de las avenidas del distrito de Santiago de Surco de la estación Benavides a la estación Ayacucho, se realizó la visita a campo para analizar el recorrido y el tiempo de cambio de cada semáforo.



> Primera Verificación: De la estación Benavides hacia la estación Ayacucho.

Tabla 7

Avenidas y semaforización primera verificación

AVENIDAS	SE	MA	FORO
	Verde	Rojo	Ambar
Caminos del Inca	30 seg	55 <i>seg</i>	2 seg
Velasco Astete	30 seg	55 <i>seg</i>	2 seg
Ayacucho	55 seg	87 <i>seg</i>	3 seg

Fuente: Propia.

Segunda Verificación: De la estación Benavides hacia la estación Tradición hacia la estación Ayacucho.

Tabla 8

Avenidas y semaforización segunda verificación

AVENIDAS	SE	MA	FORO
	Verde	Rojo	Ambar
Caminos del Inca	30 seg	55 <i>seg</i>	2 seg
Los Nazarenos	55 seg	55 <i>seg</i>	2 seg
Ayacucho	55 seg	87 <i>seg</i>	3 seg

Fuente: Propia.

❖ Tiempos de Viaje

Se registró el tiempo que tardan los ciclistas en cruzar el espacio delimitado de dieciocho metros, tal como se observa en la Figura 37.



Figura 38. Espacio delimitado de 18 metros. Fuente: Propia (2021).

En la figura 39 y 40, se muestra las fases del semáforo en el cruce de las avenidas Caminos del Inca Velasco Astete, Nazarenos y Ayacucho.



Figura 39. Fase 1 Ciclo semafórico. Fuente: Propia (2021).

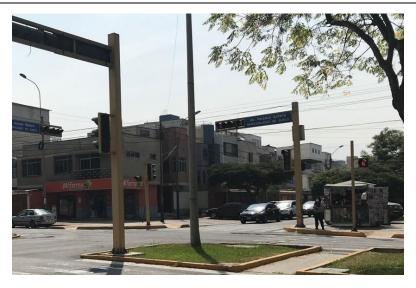


Figura 40. Fase 2 Ciclo semafórico. Fuente: Propia (2021).

❖ Metodología para la Microsimulación en el Vissim 9

Para la realización de la modelación vial con el software PTV VISSIM se parte inicialmente de un análisis del comportamiento operacional del entorno materia de estudio, para lo cual se levantaron información tales como volumen de ciclistas, velocidades, prioridad de paso, tiempos de ciclo y fases semafóricas, características de las ciclovías (anchos de carril bici, operación direccional o bidireccional), otros. Luego toda esta información fue ingresada al software.

Ajustes de los datos por default

Para que la simulación sea representativa y se asemeje a las características físicas y operacionales del área de modelación, se realizó los primeros pasos de calibración del modelo ajustando los parámetros del modelo de seguimiento vehicular, comportamiento lateral, cambio de carril y comportamiento ante la luz ámbar de los semáforos.



Construcción de la red vial

Para construir la red vial se utilizó como plano de referencia el Google earth que trae por defecto VISSIM, luego se procedió a construir la red vial utilizando las características y parámetros obtenidos en campo respecto a las características de la geometría vial. Para construir la red vial se utilizó el comando **links.**

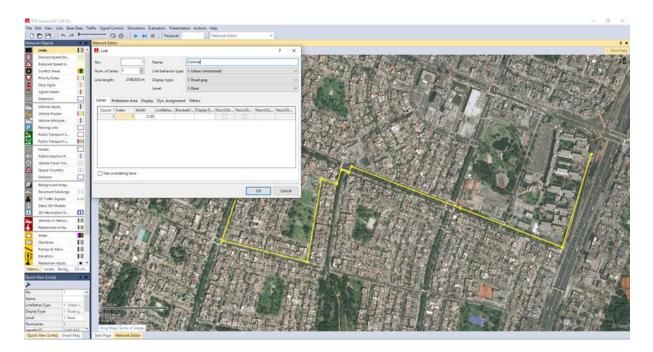


Figura 41. Construcción de la red vial. Fuente: Vissim 9.



Determinación del tipo y clase vehicular

A través de los conteos de tráfico efectuados en campo, se determinaron la tipología y clase vehicular cuya información fue ingresada al software. Se empleó el comando de base data-> vehicle clases y vehicle types.

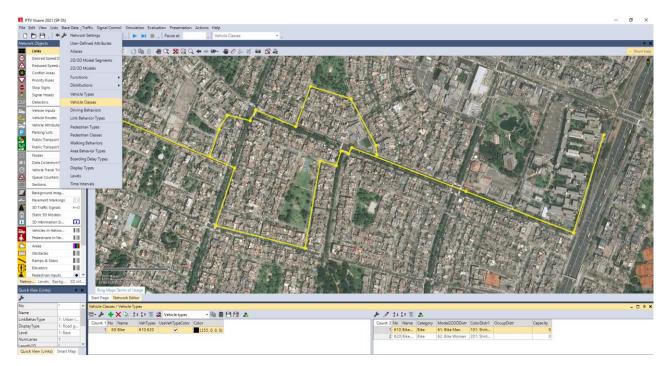


Figura 42. Tipología y clase vehicular considerada. Fuente: Vissim 9.

Una vez ingresado los vehículos se procedió a realizar ajustes de acuerdo a sus características operacionales identificadas en campo, longitudes, distribución de velocidades, distribución de aceleraciones, otros. Lo cual permite que el modelo se asemeje con la operacionalidad del área de influencia.

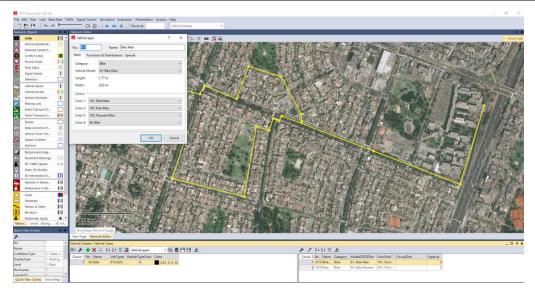


Figura 43. Ajustes de las características operacionales de los vehículos. Fuente: Vissim 9.

Ingreso de rutas

Una vez definido los vehículos que van a interactuar en la red, se les asigna sus recorridos, estos recorridos o movimientos son obtenidos del Flujograma del estudio de tráfico o de las observaciones de campo, el cual representa la hora de máxima demanda vehicular. Se empleó el comando **vehicle routes**.

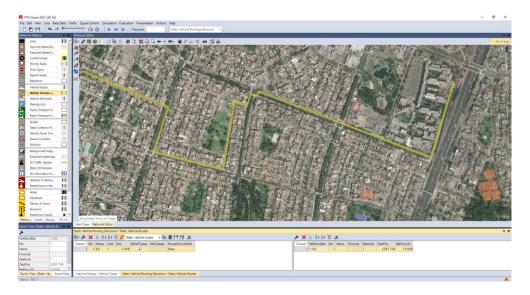


Figura 44. Ajustes de rutas con sus respectivos volúmenes vehiculares. Fuente: Vissim 9.



Ingreso de los planes de tiempos semafóricos

Se ingresaron los tiempos de ciclos en las intersecciones de influencia de las rutas modeladas (ejemplo: intersección Av. Nazarenas con Av. Caminos del Inca).



Figura 45. Planes de tiempos semafóricos. Fuente: Vissim 9.

➤ Ingreso de velocidades

Para ingresar un tipo de velocidad al modelo para determinado vehículo lo realizamos desde la pestaña base data-> distributions-> desired speed.

De acuerdo a los trabajos de campo se observó que los ciclistas viajan con una velocidad promedio de 20km/h, pero no siempre es constante por lo que se consideró una franja límite entre 15 km/h y 25km/h.

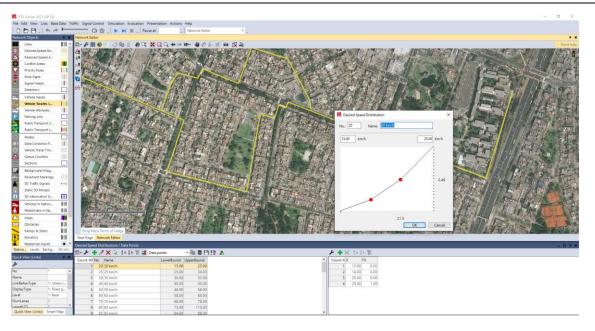


Figura 46. Definición de velocidad ciclista.

Fuente: Vissim 9.

Ingreso volumen de ciclista

Creadas las rutas se procedió a asignar los volúmenes por sentido de tránsito. Se utilizó el comando vehicle inputs.

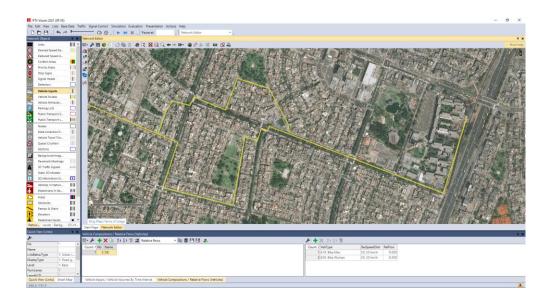


Figura 47. Volúmenes por sentido de tránsito.



➤ Warm up – tiempo de estabilidad del sistema

La evaluación se realizó con un periodo de una hora, se realizaron precorridas para identificar el tiempo de calentamiento o estabilidad del modelo, en estas precorridas se identificó que el sistema alcanzaba una estabilidad a partir de los 15 minutos, razón por la cual estos 15 minutos no fueron considerados en la modelación. El modelamiento se realizó desde el segundo 900 hasta los 4500.

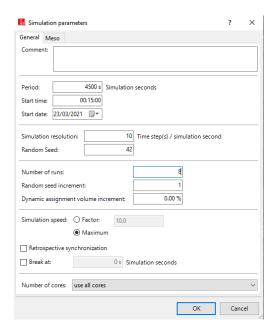


Figura 48. Tiempo de estabilidad del sistema.

Fuente: Vissim 9.

Calibración y validación del modelo

Calibración del modelo - Parámetro de comparación: Estadístico GEH. Para contrastar los datos de campo con los obtenidos con los datos resultantes del modelo, se utilizó el estadístico GEH. El estadístico GEH por enlace, aceptado por la mayoría de los consultores como un indicador de calibración sobre la red.



Su formulación es:

Ecuación 2:

$$GEH(i) = \sqrt{\frac{(C_i - A_i)^2}{(C_i + A_i)/2}}$$

Dónde:

Ci = es el dato observado.

Ai = es el dato asignado por el modelo en el enlace i.

Un punto de aforo está ajustado cuando las diferencias de porcentajes son pequeñas o, si éstas son grandes, el estadístico GEH es menor de 10. Si GEH<10 el ajuste es adecuado, aunque tiende a ser un estadístico excesivamente restrictivo para cifras elevadas.

De acuerdo con los resultados del modelamiento, se observa que el flujo de bicicletas identificadas en campo en hora punta fue de 15 bicicletas en el sentido este oeste y que el flujo promedio de bicicletas en el modelo es de 14. Al comparar estos valores a través del parámetro estadístico GEH nos da un valor de 0.26, lo cual representa un grado alto de confiabilidad del modelo y veracidad de los resultados.

Medición del tiempo

Se tomó los datos en campo del tiempo que recorren 20 bicicletas en recorrer de un lugar a otro.



Tabla 9 *Medición de tiempo*

N° Bicicleta	Tiempo (s)
1	6.4
2	6.0
3	6.6
4	7.12
5	7.2
6	6.7
7	6.8
8	6.2
9	6.2
10	6.4
11	6.4
12	6.6
13	6.6
14	6.5
15	6.6
16	6.2
17	6.5
18	6.4
19	6.6
20	6.5

Fuente: Propia (2021).



• Número de Corridas

Tabla 10 Número mínimo de corridas

	Número mínimo de corridas
Distancia (m)	18
N (campo)	40
N (min)	25

Fuente: Propia (2021).

Para el proceso de calibración se ha considerado 40 corridas, ya que cumple con el número mínimo de corridas sugeridas por la FHWA.

Por medio del modelo de Microsimulación se realizaron 8 simulaciones con diferentes parámetros de Wiedemann 74, los cuales se muestran en la siguiente Tabla11.

Tabla 11 Parámetros de Wiedemann 74

Nro	Ax	Bx	Bxmult	VISSIM	CAMPO
				(tiempos de viaje)	(tiempos de viaje)
1	2	2	2	6.62	6.53
2	2.75	3.5	4	6.47	6.53
3	2.75	3.5	4	7.18	6.53
4	3.5	3.5	3.5	6.42	6.53
5	5	5	6	6.38	6.53
6	2.75	3	5	6.68	6.53
7	3.75	4	4	6.43	6.53
8	4.00	4.00	5	6.52	6.53

Fuente: Propia (2021).



Los valores más cercanos a los tiempos de viaje que se obtuvieron en campo son los valores Ax, Bx y Bxmult correspondiente a 4, 4 y 5 respectivamente. Estoy valores serán corroborados en el proceso de validación del modelo de tránsito.

Tabla 12 Tiempo de viaje en segundos software Vissim

	Campo	Simulación
Valor Promedio	6.53	6.59
Desviación Estándar	0.29	0.24
Valor Mínimo	6.00	6.38
Valor Máxima	7.20	7.18

Fuente: Propia (2021).

• Con la finalidad de encontrar respuesta a la hipótesis planteada, se simulo el sistema para 20 ciclistas, los cuales se tomaron datos del tiempo en hora pico, considerando los valores por defecto del sistema y utilizando el modelo Wiedemann 74, el cual contiene como parámetros los valores mostrados en la figura 49. Los resultados se muestran en la Tabla 12.

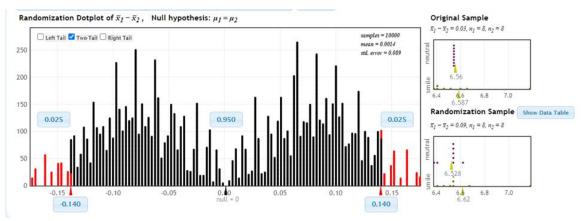


Figura 49. Resultados de la calibración. Fuente: Propia.



La diferencia de medias es de 0,03 y cae dentro del intervalo de confianza en 95%, por lo tanto se puede decir que el sistema ya está calibrado estadísticamente por tiempo de viaje.

Validación

Una vez obtenido los resultados de calibración se procede a realizar la validación con los datos obtenidos por la calibración.

Tabla 13

Comparación de resultados durante la validación

	Campo	Simulación
Valor Promedio	6.53	6.56
Desviación Estándar	0.29	0.24
Valor Mínimo	6.00	6.35
Valor Máxima	7.20	7.15

Fuente: Propia (2021).

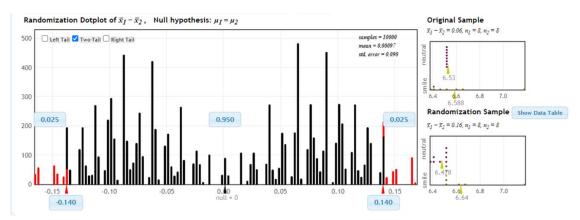


Figura 50. Resultados de Validación. Fuente: Propia.

Finalmente, la diferencia de medias, resulta menor teniendo como resultado 0,06 y este valor se encuentra dentro del intervalo de confianza asumido en un 95%. Por tal razón, podemos decir que el modelo de simulación esta calibrado y validado.



CAPÍTULO III. RESULTADOS

a) Análisis de las estaciones utilizando el modelo de máxima cobertura:

El modelo máxima cobertura se encarga de localizar las estaciones de bicicletas en los 9 sectores del distrito de Santiago de Surco, con el objetivo de buscar una ubicación eficiente, para ello se basa en las mayores áreas de mayor densidad de demanda.

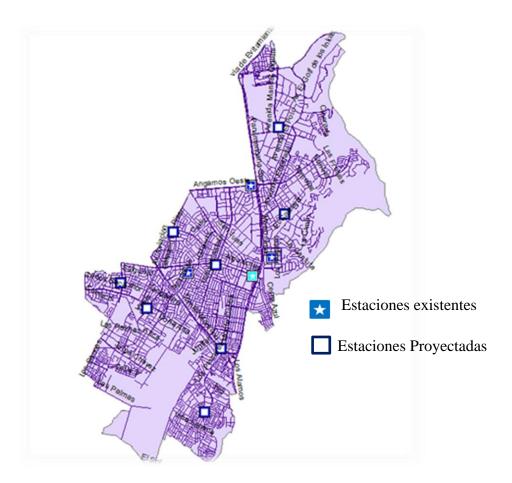


Figura 51. Ubicación de 8 estaciones proyectadas y 4 existentes.

Fuente: Propia.

El escenario de 8 estaciones propuestas y 4 existentes da como resultado una distancia media entre las estaciones proyectadas.



De los resultados obtenidos en la Tabla 14, se observa como propuesta 12 estaciones, debido a que la distancia media entre estaciones es la recomendada de 230 metros.

Tabla 14

Resultados máxima cobertura 8 estaciones

Estaciones	Distancia entre estaciones (m) Media	Distancia máxima (m)
12	1680.1	3002.77

Fuente: Propia (2021).

Se debe resaltar que las estaciones propuestas son 12, ya que puede ser cualquier número entero que determine valores cercanos a las distancias recomendadas de caminatas hasta la estación más próxima.

Tabla 15
Distancia entre las estaciones obligatorias Existentes

ESTACIÓN	DISTANCIA (m)
Estación Precursores - Estación Benavides	2792.98 m
Estación Benavides - Estación Jacaranda	867.18 m
Estación Benavides - Estación Ayacucho	2112.54 m

Fuente: Propia (2021).



En la figura 52, se observa la ubicación de las 4 estaciones existentes y donde se proyecta la medida de una estación a otra.

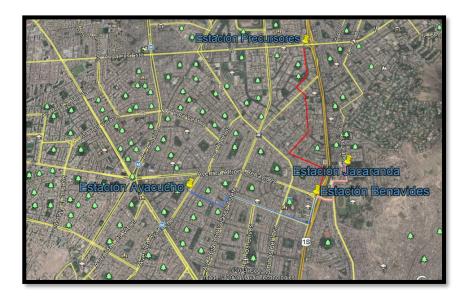


Figura 52. Distancia entre las 4 estaciones existentes.

Fuente: Propia (Google Earth).

En la figura 53, se observa que ubicación de las estaciones de color morado son obtenidas con el programa Arcgis mientras que las de color azul son las estaciones existentes que ya están ubicadas.

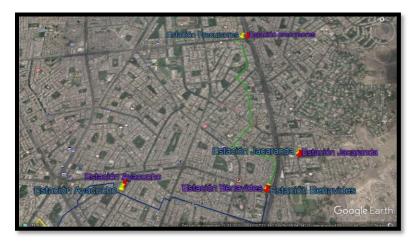


Figura 53. Estaciones existentes y estaciones existentes ubicadas por el programa Arcgis.

Fuente: Propia (Google Earth).



En la tabla 16, se observa las distancias de una estación a otra estación que fueron ubicadas por el programa Arcgis.

Tabla 16

Distancia obtenida por la ubicación del Arcgis entre las estaciones obligatorias existentes

ESTACIÓN	DISTANCIA (m)
Estación Precursores - Estación Benavides	2952.56 m
Estación Benavides - Estación Jacaranda	932.38 m
Estación Benavides - Estación Ayacucho	2132.72 m

Fuente: Propia (2020).



Figura 54. Distancia entre las 4 estaciones existentes ubicadas por el programa Arcgis.

Fuente: Propia (Google Earth).



En la siguiente tabla 17, se observa las medidas obtenidas de las distancias entre las estaciones existentes y proyectadas.

Tabla 17

Distancia obtenida entre las estaciones existentes y las estaciones proyectadas

ESTACIÓN	DISTANCIA (m)
Estación Precursores – Estación Manuel Olguin	2062.37 m
Estación Precursores - Estación Guardia Civil	2658.54 m
Estación Precursores - Estación Benavides	2946.35 m
Estación Benavides - Estación Jacaranda	883.90 m
Estación Jacaranda - Estación Las Gardenias	862.22 m
Estación Benavides – Estación Tradición	1224.92 m
Estación Tradición – Estación Ayacucho	1102.83 m
Estación Ayacucho - Estación Baca Flor	2395.15 m
Estación Ayacucho - Estación Vicus	1486.36 m
Estación Ayacucho – Estación Bolichera	2515.63 m
Estación Bolichera – Estación Villa Alegre	2025.70 m

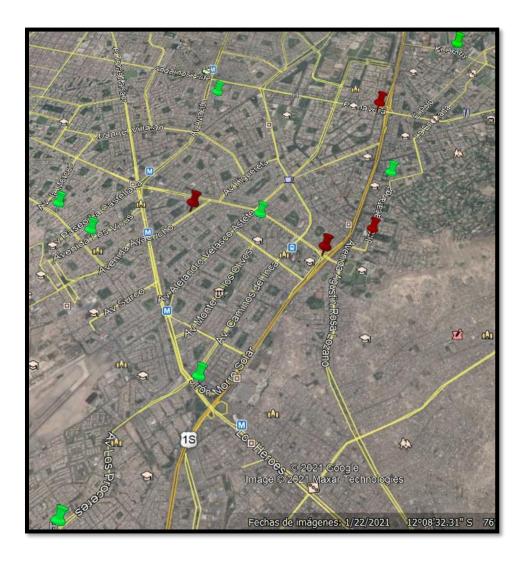
Fuente: Propia (2020).

b) Localización de las estaciones óptimas

La localización de las estaciones viene determinada por la demanda potencial asignada, en función de cada uno de los escenarios planteados. Esta localización determina la accesibilidad de cada una de las estaciones en los diferentes escenarios. En la Figura 36 se presentan los resultados obtenidos siendo el escenario de 12 estaciones el que más alcance tiene sobre la población del distrito de Santiago de Surco.



En la siguiente figura 55, se observa la distribución de las estaciones, tanto las 4 estaciones existentes del programa Surco en Bici (Estaciones obligatorias), como las 8 estaciones complementarías obtenidas.



 ${\it Figura~55}. \ {\it Estaciones~\'optimas~Santiago~de~Surco-Lima}.$

Tabla 18

Nombre de las 12 estaciones óptimas

N°	ESTACIÓN
1	Estación Precursores
2	Estación Manuel Olguin
3	Estación Guardia Civil
4	Estación Tradición
5	Estación Ayacucho
6	Estación Bolichera
7	Estación Villa Alegre
8	Estación Baca Flor
9	Estación Benavides
10	Estación Vicus
11	Estación Las Gardenias
12	Estación Jacaranda

Fuente: Propia (2020)

En las Figuras 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62 y 63 se observan lugares en donde se dio como resultado la localización óptima de las estaciones, las cuales fueron movidas a sitios cercanos como parques, ya que se pueden ubicar las estaciones.



Figura 56. Estación Manuel Olguín.



Figura 57. Estación Gardenias.



Figura 58. Estación guardia civil.

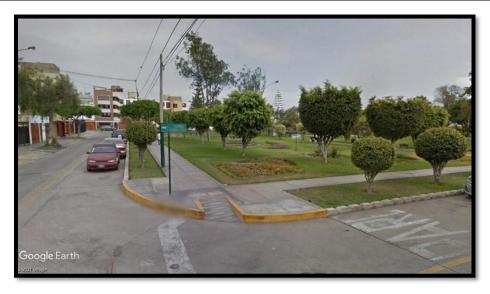


Figura 59. Estación tradición.



Figura 60. Estación bolichera.



Figura 61. Estación Villa Alegre.



Figura 62. Estación baca flor.



Figura 63. Estación Gardenias.

Tabla 19

Resultado de las 4 estaciones actuales y proyectadas

Estaciones Existentes	Distancia (m)	Estaciones Proyectadas (Arcgis)	Distancia (m)
Estación Precursores - Estación Benavides	2792.98 m	Estación Precursores - Estación Benavides	2952.56 m
Estación Benavides - Estación Jacaranda	867.18 m	Estación Benavides - Estación Jacaranda	932.38 m
Estación Benavides - Estación Ayacucho	2112.54 m	Estación Benavides - Estación Ayacucho	2132.72 m
Promedio	1924.23 m	Promedio	2005.89 m

Fuente: Propia.



Tabla 20

Resultado de las 12 estaciones con su distancia

ESTACIÓN	DISTANCIA (m)
Estación Precursores – Estación Manuel Olguin	2062.37 m
Estación Precursores - Estación Guardia Civil	2658.54 m
Estación Precursores - Estación Benavides	2946.35 m
Estación Benavides - Estación Jacaranda	883.90 m
Estación Jacaranda - Estación Las Gardenias	862.22 m
Estación Benavides – Estación Tradición	1224.92 m
Estación Tradición – Estación Ayacucho	1102.83 m
Estación Ayacucho - Estación Baca Flor	2395.15 m
Estación Ayacucho - Estación Vicus	1486.36 m
Estación Ayacucho – Estación Bolichera	2515.63 m
Estación Bolichera – Estación Villa Alegre	2025.70 m
Promedio	1833.09 m

Fuente: Propia.

La Tabla 19 muestra el resultado de la distancia de la ubicación entre las estaciones actuales que es 1924.23 m y muestra la distancia de las ubicaciones obtenidas con el método máxima cobertura que es 2005.89 m, esto mejoraría las distancias del diseño de las ciclovías, ya que para obtener las ubicaciones se tomaron datos y no fueron empíricamente.

En la Tabla 20 se observa los resultados de las distancias entre las estaciones proyectadas y existentes ubicadas por el método máxima cobertura, se observa que el promedio de la distancia es de 1833.09 y que este resultado permitió que exista un mejoramiento en la ciclovía, ya que se aumentaron más estaciones para que el ciclista tenga lugares de estacionamientos más cercanos y pueda dirigirse de un lugar a otro. La optimización de las ubicaciones de estaciones de bicicletas existentes, con el método "Máxima Cobertura" mejorara significativamente las distancias del diseño de las ciclovías Santiago de Surco, Lima 2021.



c) Análisis del tiempo de viaje de origen – destino con la Microsimulación del Vissim 9

De acuerdo con los resultados del modelamiento, se observa que el flujo de bicicletas identificadas en campo en hora punta fue de 15 bicicletas en el sentido este oeste y que el flujo promedio de bicicletas en el modelo es de 14. Al comparar estos valores a través del parámetro estadístico GEH nos da un valor de 0.26, lo cual representa un grado alto de confiabilidad del modelo y veracidad de los resultados.

Reducción tiempos de viaje

✓ El escenario actual tiene como punto de salida la estación Benavides y punto de llegada la estación Ayacucho, siendo ambas estaciones pertenecientes al programa Surco en Bici. La estación Benavides es una generadora de viajes, ya que permite la intermodalidad con la Universidad Ricardo Palma y la Panamericana Norte. La estación Ayacucho es una receptora de viajes, ya que se encuentra en el sector de mayor población y cerca al tren eléctrico.



Figura 64. Escenario actual y Escenario proyectado.



Figura 65. Resultado del tiempo.

Fuente: Vissim 9.

En la Tabla 21 se muestra el resultado obtenido de la simulación del escenario actual, el tiempo de recorrido de la Estación Benavides a la Estación Ayacucho.

Tabla 21

Resultado de simulación escenario actual

N° de Simulación	Intervalo de tiempo	Tramo	N° de Ciclistas	Tiempo de Viaje	Distancia
1	0-3600	Est. Benavides – Est. Ayacucho	14	07:01.5	2375.21
2	0-3600	Est. Benavides – Est. Ayacucho	12	07:29.6	2375.21
3	0-3600	Est. Benavides – Est. Ayacucho	20	06:49.8	2375.21
4	0-3600	Est. Benavides – Est. Ayacucho	17	06:58.4	2375.21
5	0-3600	Est. Benavides – Est. Ayacucho	9	07:15.4	2375.21
6	0-3600	Est. Benavides – Est. Ayacucho	16	06:52.2	2375.21
7	0-3600	Est. Benavides – Est. Ayacucho	12	06:47.6	2375.21
8	0-3600	Est. Benavides – Est. Ayacucho	14	06:55.9	2375.21
Promedio	0-3600	Est. Benavides – Est. Ayacucho	14	07:01.3	2375.21
Desviación Estandar	0-3600	Est. Benavides – Est. Ayacucho	3	00:14.3	0
Minimo	0-3600	Est. Benavides – Est. Ayacucho	9	06:47.6	2375.21
Máximo	0-3600	Est. Benavides – Est. Ayacucho	20	07:29.6	2375.21



En la Tabla 22 y Tabla 23 se obtienen los resultados de la simulación del tiempo de la Estación proyectada que es de la Estación Benavides a la Estación Tradición y luego a la Estación Ayacucho.

Tabla 22

Resultado de simulación escenario proyectado

N° de Simulación	Intervalo de tiempo	Tramo	N° de Ciclistas	Tiempo de Viaje	Distancia
1	0-3600	Est. Benavides – Est. Tradición	14	03:12.9	1184.94
2	0-3600	Est. Benavides – Est. Tradición	8	03:19.3	1184.94
3	0-3600	Est. Benavides – Est. Tradición	12	03:09.7	1184.94
4	0-3600	Est. Benavides – Est. Tradición	8	03:29.8	1184.94
5	0-3600	Est. Benavides – Est. Tradición	16	03:17.8	1184.94
6	0-3600	Est. Benavides – Est. Tradición	22	03:13.9	1184.94
7	0-3600	Est. Benavides – Est. Tradición	16	03:20.3	1184.94
8	0-3600	Est. Benavides – Est. Tradición	19	03:11.3	1184.94
Promedio	0-3600	Est. Benavides – Est. Tradición	14	03:16.9	1184.94
Desviación Estandar	0-3600	Est. Benavides – Est. Tradición	5	03:06.5	0
Minimo	0-3600	Est. Benavides – Est. Tradición	8	03:09.7	1184.94
Máximo	0-3600	Est. Benavides – Est. Tradición	22	03:29.8	1184.94

Fuente: Vissim 9.

Tabla 23

Resultado de simulación escenario proyectado

N° de Simulación	Intervalo de tiempo	Tramo	N° de Ciclistas	Tiempo de Viaje	Distancia
1	0-3600	Est. Tradición – Est. Ayacucho	15	03:50.7	1124.54
2	0-3600	Est. Tradición – Est. Ayacucho	14	03:28.9	1124.54
3	0-3600	Est. Tradición – Est. Ayacucho	20	03:28.5	1124.54
4	0-3600	Est. Tradición – Est. Ayacucho	20	03:13.4	1124.54
5	0-3600	Est. Tradición – Est. Ayacucho	7	03:21.4	1124.54
6	0-3600	Est. Tradición – Est. Ayacucho	10	03:55.1	1124.54
7	0-3600	Est. Tradición – Est. Ayacucho	15	03:23.1	1124.54
8	0-3600	Est. Tradición – Est. Ayacucho	12	03:41.1	1124.54
Promedio	0-3600	Est. Tradición – Est. Ayacucho	14	03:32.8	1124.54
Desviación Estandar	0-3600	Est. Tradición – Est. Ayacucho	5	03:14.7	0
Minimo	0-3600	Est. Tradición – Est. Ayacucho	7	03:13.4	1124.54
Máximo	0-3600	Est. Tradición – Est. Ayacucho	20	03:55.1	1124.54



En la Tabla 21, los resultados de la simulación en el escenario actual se puede observar que el tiempo de viaje promedio de ir desde el punto de partida al punto de llegada (Estación Benavides – Estación Ayacucho) es de aproximadamente 7 minutos, mientras que en la tabla 22 y 23 los resultados de la simulación de la estación proyectada en el tiempo de viaje promedio de ir desde el punto de partida al punto de llegada (Estación Benavides – Estación Tradición – Estación Ayacucho) es de aproximadamente 6 minutos. Por ende, el recorrido de la simulación de la estación proyectada es en menor tiempo que el recorrido de la estación actual.

Tabla 24
Resultados de comparación de los promedios de las ciclovias

TRAMO		TRAMO	TIEMPO
ACTUAL		PROPUESTO	DE VIAJE
Est. Benavides – Est. Ayacucho	07:01.3	Est. Benavides – Est. Tradición – Est. Ayacucho	06:49.7

Fuente: Propia (2021)

En la tabla 24, al comparar los promedios del tramo actual (Est. Benavides – Est. Ayacucho) y el tramo propuesto (Est. Benavides – Est. Tradición – Est. Ayacucho), se observó que el tiempo se reduce y es de aproximadamente 1 mm, entonces el tramo proyectado es una buena propuesta.



CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN

Según afirma Gutierrez y Taipe (2020) en su tesis de título "Propuesta para la ubicación de estaciones de bicicletas públicas mediante la metodología de Máxima Cobertura para la reducción de los tiempos de viajes en el distrito de San Borja – Lima" afirman el análisis de máxima cobertura con la propuesta de 30 estaciones nos dio como resultado que se logra cubrir el 60% de la demanda requerida, permitiendo a más vecinos del distrito integrarse al sistema, en esta tesis se basa que el distrito debe contar con 30 estaciones de bicicletas, pero no realizan un estudio si las ciclovias están conectadas para que se requiera un correcto uso entonces, entonces se concluye que no necesariamente es la cantidad de estaciones de bicicletas que dé contra un distrito, en nuestra tesis de investigación se menciona que el distrito de Santiago de surco debe contar con 12 estaciones de bicicletas conectadas con sus ciclovias y se debe dar un uso constante por población.

Asimismo nos menciona Solórzano (2015) en el centro urbano de la ciudad de Guayaquil, se creó la ciclovía como parte de una iniciativa para mejorar la calidad de vida y como un medio de transporte; este circuito se encuentra ubicado alrededor de lugares turísticos, siendo una vía de atracción turística, en esta tesis solo se enfoca que las estaciones de bicicletas y ciclovias deben estar colocadas en lugares turísticos, pero en nuestro estudio de investigación va más enfocado a un análisis de todo un distrito y beneficios para toda la población donde las estacione de bicicletas y ciclovias deben estar colocadas en lugares donde haya más centros de trabajo, centros atractivos, entre otros lugares que ayuden a la sociedad del distrito de Santiago de Surco.



Por otro lado, Manchego (2016), en su tesis "Propuesta de sistema de bicicleta publica en Arequipa Perú" afirma que la ciudad de Arequipa presenta características de relieve, climatologías y urbanas idóneas para el uso de la bicicleta como transporte urbano, lamentablemente su infraestructura ciclista es escasa, 2 kilómetros de ciclovías. Por tanto, solo el 0,3% de los desplazamientos se realizan con este medio de transporte. Sin embargo, existen una demanda de la población por infraestructuras ciclo-incluyentes y por medios de transporte más sostenibles, en esta tesis no se ha realizado un estudio más profundo de donde debería ir las intersecciones de las estaciones de bicicletas, en cambio en nuestro tema de investigación en la tabla 15 mencionamos cuales son las intersecciones y cuantas estaciones de bicicletas debería tener el distrito de Santiago de surco con sus respectiva distancia y así sucesivamente contribuimos a una mejora en el distrito ayudando a la población es su movilización tanto a su centro de trabajo, estudio, etc.

Por último, Kitsuta (2016) en su tesis de título "Guía de planificación y diseño de un sistema de bicicletas públicas ejemplo para el distrito de San Miguel" afirma que los sistemas de bicicletas públicas son una herramienta fundamental para promover la intermodalidad en el transporte urbano. Por medio de la presente investigación, se pudo afirmar que con estos es posible complementar el uso de los medios de transporte público masivo pues representan una facilidad para el usuario al momento de movilizarse hacia los paraderos o hacia su destino final. En el caso de Lima, se recomienda que se localicen las estaciones de manera que se logre complementar la bicicleta pública con las líneas de metro proyectadas y la línea existente, esta tesis se va específicamente donde debería ir un estacionamiento de bicicleta y que tan influyente es, pero hay un detalle importante que esta tesis no lo menciona y en nuestro tema de



investigación sí que un estudio adecuado y análisis del distrito respectivo usando el programa ARCGIS "Máxima Cobertura", nos proporciona una solución más exacta de cómo deberían ir colocadas las estaciones de bicicletas en puntos estratégicos para el beneficios de la comunidad, verificando así que tan optimas son los paraderos para conectarse con las ciclovias, ayudando así sucesivamente a todo el distrito de Santiago de surco que tenga una red de ciclovias adecuada.



CAPÍTULO V. CONCLUSIONES

5.1. General:

De las tablas 19, 20, 21, 22, 23 y 24 se concluye que la optimización de las ubicaciones de estaciones de bicicletas existentes, aplicando el método de "Máxima Cobertura" mejorará significativamente las condiciones del flujo de tránsito del distrito Santiago de Surco, mejorará significativamente las distancias del diseño de las ciclovías y reducirá significativamente el tiempo de viaje de origen – destino.

5.1.1. Específico 01:

De las tablas 19 y 20 se concluye que la optimización de las ubicaciones de estaciones de bicicletas existentes, con el método de "Máxima Cobertura" mejorará significativamente las distancias del diseño de las ciclovías del distrito Santiago de Surco, ya que la distancia actual del promedio de las 4 estaciones existentes con sus ciclovias es de 1924.23m y con el programa Arcgis "Método Máxima Cobertura" se obtuvo que al evaluar las 4 estaciones existentes con sus nuevas ciclovias es de de 2995.89 m (los datos que se obtuvo son empíricos) y también se propone unas 8 estaciones más con sus ciclovias, en total en el distrito de Santiago de Surco deberían tener 12 estaciones de bicicletas conectadas con sus respectivas ciclovias.

5.1.2. Específico 02:

De la tabla 24 se concluye que la optimización de las ubicaciones de estaciones de bicicletas existentes, con el método "Máxima Cobertura" reducirá significativamente el tiempo de viaje de origen – destino del distrito de Santiago de Surco, ya que el tiempo de viaje que existe (Estación Benavides – Estación Ayacucho) es de 7 mm y con la implementación de las estaciones (Estación Benavides – Estación Tradición – Estación Ayacucho) es de 6 mm, por ello el tiempo que se reducirá será de aproximadamente 1 mm.



CAPÍTULO VI. REFERENCIAS

- Kitsuta, A. (2017). Guía de planificación y diseño de un sistema de bicicletas públicas, (7-8).
- Gómez, L. (2018). La bicicleta como medio de transporte en la Movilidad Sustentable.
 México: Instituto Belisario Domínguez, Senado de la República.
- Mora, J. (2011). Los sistemas de bicicleta pública vistos desde la relación servicioproducto. (1-14).
- Rojas, J. (2013). Implementación de la bicicleta en Bogotá como un modelo de transporte eficaz, saludable, sustentable e integral, (8-10).
- Yeh, A. (1996). Un SIG integrado y ubicación asignación aproximación a la planificación de instalaciones públicas-un ejemplo de planificación espacio abierto, (339-350).
- Bosque, P. (2007). LOCALIZA: una herramienta SIG para resolver problemas de localización óptima. SIGTE – Venezuela, (2-16).
- Buzai, I. (2008). Modelos de localización-asignación aplicados a servicios públicos urbanos. Universitaria de geografía - Argentina, (233, 254).
- Cavero, G. (2015). Gestión de transporte sostenible y diseño geométrico de ciclovía que
 interconecte la estación Aramburú del Metropolitano y la estación San Borja Sur del
 Metro de Lima. Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.
- Dirección General De Tráfico. Ministerio del Interior. (2003). Manual de recomendación de diseño, construcción, infraestructura, señalización, conservación y mantenimiento carril bici. Madrid, (1-90).
- Gutiérrez, J. (2016). Análisis comparativo entre el modelo de mínima impedancia y el de máxima cobertura para la localización óptima de estaciones de bicicletas públicas en el distrito de San Borja - Lima. Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.



- Latorre, M. (2012). Localización óptima de bases de bicicletas públicas en Madrid mediante los Sistemas de Información Geográfica. Madrid: Universidad Complutense de Madrid.
- Muñez, I. (2012). Implantación de un sistema público de bicicletas eléctricas en la ciudad de Madrid. Madrid: Universidad Pontificia de Comillas.
- Probici. (2010). Guía de la Movilidad Ciclista. Métodos y técnicas para el fomento de la bicicleta en áreas urbanas. IDAE – Madrid, (1-146).
- Rondinella, G. (2010). Cómo fomentar la bicicleta como modo de transporte urbano en las ciudades españolas. EXCELSIOR, (1-115).
- TRANSYT CENTRO DE INVESTIGACIÓN DEL TRANSPORTE. UNIVERSIDAD
 POLITÉCNICADE MADRID. (2008). Proyecto Unibici Madrid. Estudio previo para la implantación de un sistema de préstamo de bicicletas en la Ciudad Universitaria de Madrid. Madrid. (1- 157).



CAPÍTULO VII. ANEXOS

ANEXO n.º 1. Materiales utilizados en campo.

ANEXO n.º 2. Apuntes de campo.

ANEXO n.º 3. Coordenadas de las cuatro estaciones obligatorias.

ANEXO n.º 4. Jerarquías y velocidades de las calles, jirones y avenidas.

ANEXO n.º 5. Tabla de tiempo, velocidad y distancia de una ubicación a otra ubicación.

ANEXO n° 6. Procesamiento de la longitud con el programa Arcgis.

ANEXO n°7. Tiempo y longitud que se muestra en el análisis según el OID.

ANEXO n° 8. Base de datos final.

ANEXO n.º 9. Mapa cartográfico del Distrito de Santiago de Surco.

ANEXO n°10. Carta de validación programa ARCGIS "Método Máxima Cobertura".

ANEXO n°11. Carta de validación programa VSISM.



ANEXO n°1. Materiales utilizados en campo.

6. Lápiz (para la escritura de los apuntes).



7. Libreta de apuntes.



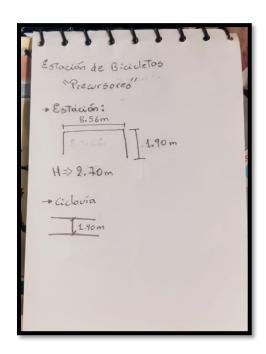
8. Wincha (para la medición de las estaciones de bicicletas y ciclovías).



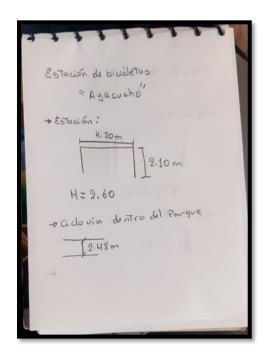


ANEXO n.º 2. Apuntes de campo.

9. Esquema de la estación Precursores.

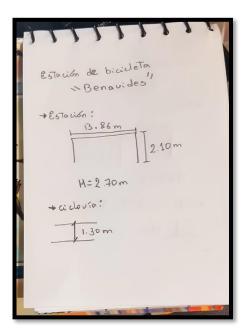


10. Esquema de la estación Ayacucho.

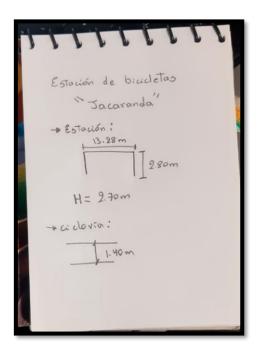




11. Esquema de la estación Benavides.



12. Esquema de la estación jacaranda.





ANEXO n° 3. Coordenadas de las cuatro estaciones obligatorias.

	А	В	С	D	E	
1	NRO	Х	Υ			
2	1	284592.75	8658193.18			
3	2	285076.04	8658657.71			
4	3	282985.27	8658265.19			
5	4	284561.01	8660466.35			
6						
7						
8						
9						
10						
11						

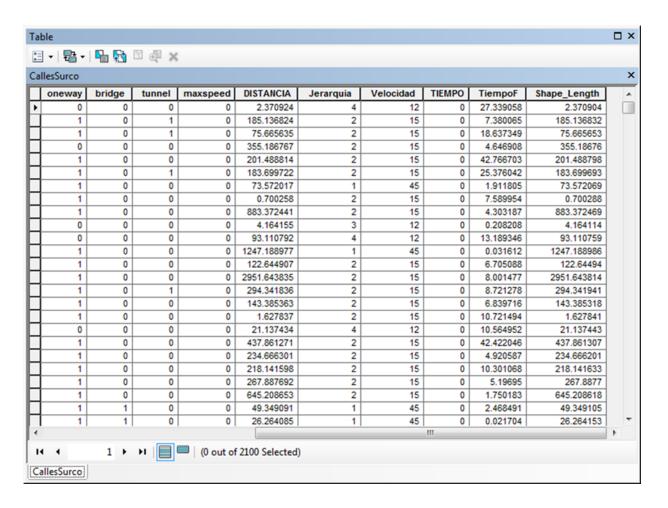


ANEXO n° 4. Jerarquías y velocidades de las calles, jirones y avenidas.

П						type	JERARQUIA	VELOCIDAD
						autopista	1	45
						autopista	1	45
						autopista	1	45
						autopista	1	45
	categorias	jerarquias	velocidad			autopista	1	45
	vias expresa	1	80	45		autopista	1	45
	avenidas	2	60	15		autopista	1	45
	callles	3	40	12		autopista	1	45
	jirones	4	40	12		autopista	1	45
						calle viva	3	12
						calle viva	3	12
	vias expresa meters*60/45000				calle viva	3	12	
	avenidas					calle viva	3	12
	callles					calle viva	3	12
						calle viva	3	12
						enlace de autopista	1	45
						enlace de autopista	1	45
						enlace de autopista	1	45
						enlace de autopista	1	45
						enlace de autopista	1	45
						enlace de autopista	1	45
						enlace de autopista	1	45
	entered entered de de							
•)								

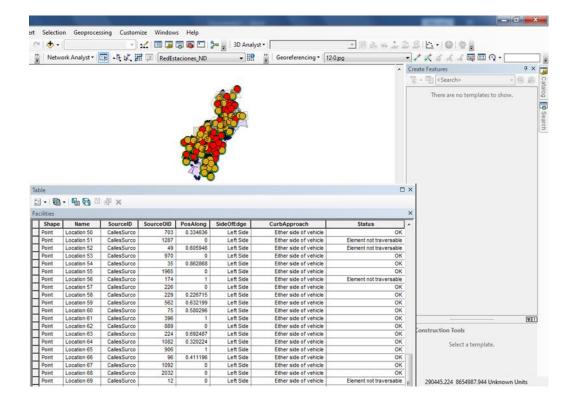


ANEXO nº 5. Tabla de tiempo, velocidad y distancia de una ubicación a otra ubicación.



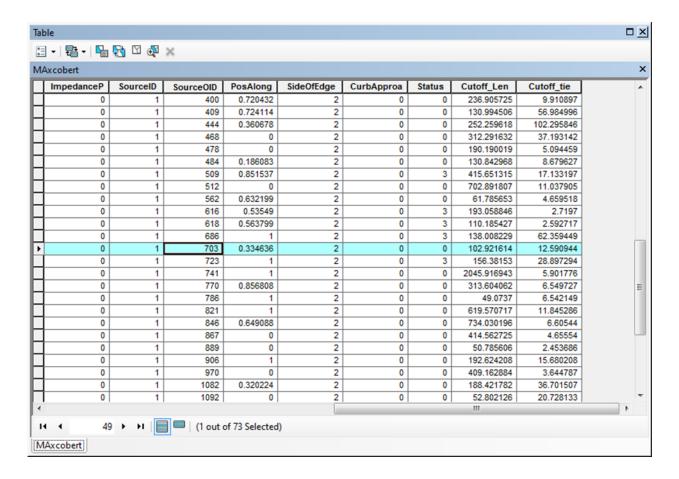


ANEXO n° 6. Procesamiento de la longitud con el programa Arcgis.





ANEXO n°7. Tiempo y longitud que se muestra en el análisis según el OID.



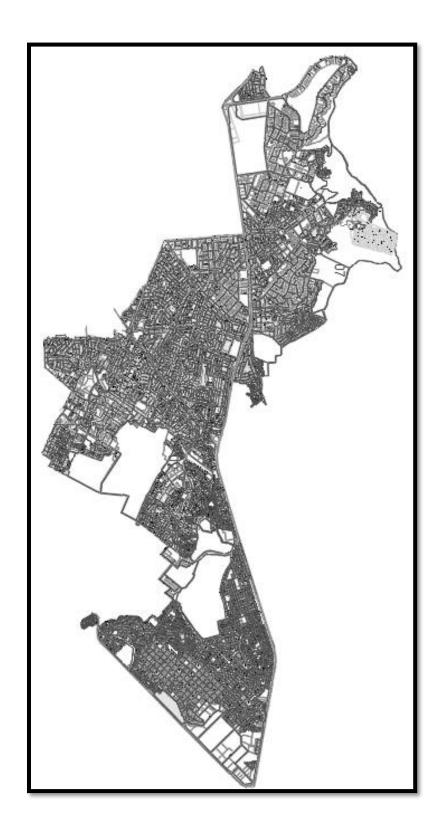


ANEXO n° 8. Base de datos final.

1	FID	osm_id	name	ref	type	oneway	bridge	tunnel	JERARQUIA	VELOCIDAD	TIEMPO
2	0	23843769	Ramon Rebeyro		Residencial	0	0	0	4	12	27.3390578
3	1	24315805	Benavides		secundario	1	0	1	2	15	7.38006548
4	2	24315806	Benavides		secundario	1	0	1	2	15	18.6373486
5	3	24315810	OVALO LOS CABITOS		secundario	0	0	0	2	15	4.64690823
6	4	24315812	Benavides		secundario	1	0	0	2	15	42.7667034
7	5	24315813	Benavides		secundario	1	0	1	2	15	25.3760416
8	6	24315816			enlace de autopista	1	0	0	1	45	1.91180484
9	7	24315819	Avenida Alfredo Benavides		secundario	1	0	0	2	15	7.58995412
10	8	24315836	Avenida Alfredo Benavides		secundario	1	0	0	2	15	4.30318712
11	9	24316030	Caraz		calle viva	0	0	0	3	12	0.20820773
12	10	26359375	Olaechea		Residencial	0	0	0	4	12	13.1893457
13	11	26406792	Panamericana Sur	15	autopista	1	0	0	1	45	0.03161232
14	12	26407297	Tomas Marsano		secundario	1	0	0	2	15	6.70508781
15	13	26407451	Tomas Marsano		secundario	1	0	0	2	15	8.00147693
16	14	26407453	Tomas Marsano		secundario	1	0	1	2	15	8.7212775
17	15	26407458	Tomas Marsano		secundario	1	0	0	2	15	6.83971558
18	16	27767581	Ariosto Matellini		secundario	1	0	0	2	15	10.7214939
19	17	28185452	EL SOL		Residencial	0	0	0	4	12	10.5649519
20	18	28706937			primary	1	0	0	2	15	42.4220456
21	19	28706959			primary link	1	0	0	2	15	4.92058664
22	20	28706964			primary_link	1	0	0	2	15	10.3010683
23	21	28706971			primary link	i	ō	ō	ž	15	5.19695019
24	22	28706975			primary_link	1	0	0	2	15	1.75018307
25	23	28707069			autopista	1	1	0	1	45	2.46849099
26	24	28707072			enlace de autopista	1	1	0	1	45	0.02170449
27	25	28707150	Javier Prado Este		primary	1	0	0	2	15	2.27725767
28	26	28707167			primary	1	0	0	2	15	7.3743955
29	27	28746522	Paseo la Castellana		secundario	1	0	0	2	15	10.5869666
30	28	28746524	Paseo la Castellana		secundario	1	0	0	2	15	2.18754641
31	29	28746541	Av. Aviación		secundario	1	0	0	2	15	6.0830983
32	30	28746572	Los Tallanes		secundario	1	0	0	2	15	7.36665611
33	31	28746575	Mariscal Ramon Castilla		secundario	1	0	0	2	15	4.56178645
34	32	28746604	Avenida Surco		Residencial	1	0	0	4	12	3.84800169
35	33	28746607	Avenida Surco		Residencial	0	0	0	4	12	3.68230948
36 37	34 35	28746610 28746625	Margues de Guadalcazar		Residencial Residencial	0	0	0	4	12 12	5.00811504 180.213387
38	36	28746657	iwarques de Guadaicazai		unclassified	1	0	0	4	12	100.215507
39	37	28746662	SAN JUAN		unclassified	0	0	0			
40	38	28746917	SAITSOAIT		enlace de autopista	0	0	0	1	45	0.28183245
41	39	28746926			enlace de autopista	0	0	0	1	45	5.83815028
42	40	28746956			enlace de autopista	1	0	0	1	45	3.12888401
43	41	28746962	Avenida Benavides		secundario	1	0	0	2	15	12.965029
44	42	28746969			enlace de autopista	1	0	0	1	45	2.90855464
45	43	28746978			enlace de autopista	1	0	0	1	45	3.5718359



ANEXO n.º 9. Mapa cartográfico del Distrito de Santiago de Surco.





ANEXO n°10. Carta de validación programa ARCGIS "Método Máxima Cobertura".

CARTA DE VALIDACIÓN

Lima, marzo 2021.

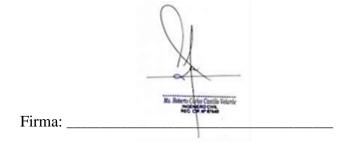
Estimadas Estudiantes de la Universidad Privada del Norte:

Angela Syavilin Meza Cadillo y Katherine Rosa Lucero Ureta Bocanegra.

Yo, Ing. Roberto Castillo Velarde.

Supervisor de Rocasvel & Geotecnia SAC.

Por medio de la presente hago constar que he leído y evaluado el instrumento para el análisis de dato para el proceso de elaboración de su tesis titulada: "OPTIMIZACIÓN DE LAS UBICACIONES DE ESTACIONES DE BICICLETAS EXISTENTES APLICANDO EL MÉTODO DE MÁXIMA COBERTURA PARA LA MEJORA DE LAS CONDICIONES DEL FLUJO DE TRANSITO, SANTIAGO DE SURCO, LIMA 2021", para obtener el grado de titulación en la carrera de ingeniería civil, el cual apruebo en calidad de validador el programa ARCGIS "Método Máxima Cobertura".





ANEXO n°11. Carta de validación programa VISIM.

CARTA DE VALIDACIÓN

Lima, marzo 2021.

Estimadas Estudiantes de la Universidad Privada del Norte:

Angela Syavilin Meza Cadillo y Katherine Rosa Lucero Ureta Bocanegra.

Yo, Ing. Luis Fernando Nuñez Vilela.

Coordinador de Proyectos de la Municipalidad Metropolitana de Lima.

Por medio de la presente hago constar que he leído y evaluado el instrumento para el análisis de dato para el proceso de elaboración de su tesis titulada: "OPTIMIZACIÓN DE LAS UBICACIONES DE ESTACIONES DE BICICLETAS EXISTENTES APLICANDO EL MÉTODO DE MÁXIMA COBERTURA PARA LA MEJORA DE LAS CONDICIONES DEL FLUJO DE TRANSITO, SANTIAGO DE SURCO, LIMA 2021", para obtener el grado de titulación en la carrera de ingeniería civil, el cual apruebo en calidad de validador el programa VISSIM 9.

