

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



T E S I S

**Diseño de rutas del servicio de recolección de residuos en la
Municipalidad Distrital de Yanacancha para optimizar sus
costos de transporte - 2023**

Para optar el título profesional de:

Ingeniero Ambiental

Autores:

Bach. Loel Junior CABELLO MARTINEZ

Bach. Luzbeth Paola RIXI ESCANDON

Asesor:

Mg. Miguel Ángel BASUALDO BERNUY

Cerro de Pasco – Perú – 2024

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



T E S I S

**Diseño de rutas del servicio de recolección de residuos en la
Municipalidad Distrital de Yanacancha para optimizar sus
costos de transporte - 2023**

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Dr. Luis Alberto PACHECO PEÑA

PRESIDENTE

Mg. José Luis SOSA SANCHEZ

MIEMBRO

MSc. Edgar Walter PEREZ JUSCAMAYTA

MIEMBRO



Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión

Facultad de Ingeniería

Unidad de Investigación

INFORME DE ORIGINALIDAD N° 170-2023-UNDAC/UIFI

La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión ha realizado el análisis con exclusiones en el software Turnitin Similarity, que a continuación se detalla:

Presentado por:

Bach. CABELLO MARTINEZ, Loel Junior

Bach. RIXI ESCANDON, Luzbeth Paola

Escuela de Formación Profesional

Ingeniería Ambiental

Tesis:

Diseño de Rutas del Servicio de Recolección de Residuos en la

Municipalidad Distrital de Yanacancha para optimizar sus

Costos de Transporte - 2023

Asesor:

Mg. BASUALDO BERNUY, Miguel Angel

Índice de Similitud

13 %

APROBADO

Se informa el presente informe y el reporte de evaluación del software similitud.

Cerro de Pasco, 14 de diciembre del 2023

UNDA
UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN
Luis Villa Requis Carbajal
DOCTOR EN CIENCIAS - DIRECTOR

DEDICATORIA

Dedicamos este trabajo de investigación principalmente a Dios, porque él es nuestra inspiración y fortaleza para que podamos continuar el proceso de realizar uno de nuestros mayores anhelos. A nuestros padres, por su cariño, su trabajo y compromiso a lo largo de los años. Gracias a ellos hemos conseguido llegar aquí y convertirnos en lo que somos. A todas las personas que nos apoyaron y contribuyeron al éxito de nuestro trabajo, especialmente a quienes abrieron sus puertas y compartieron sus conocimientos.

AGRADECIMIENTO

Expresamos nuestro agradecimiento a Dios en primer lugar, por acompañarnos, bendecirnos, cuidarnos y guiarnos durante este largo camino, por hacer que día a día podamos cumplir cada meta que trazamos con bien.

A nuestros Padres y familiares cercanos, por su apoyo, su comprensión, amor, cariño, esfuerzo en todos estos años para sacarnos adelante, gracias a ellos hemos logrado cumplir una de nuestras metas y convertirnos en lo que somos y seremos en el futuro.

A nuestros profesores, ya que gracias a ellos pudimos aprender muchas cosas sobre nuestra carrera, por compartirnos sus conocimientos y sobre todo por brindarnos la confianza necesaria para seguir con este gran proyecto.

A los demás familiares, amigos y todas las personas que nos han apoyado, y nos han abierto las puertas, del cual han hecho que el trabajo se realice con mucho éxito.

RESUMEN

El presente trabajo se desarrolló en el casco urbano del distrito de Yanacancha, con el objetivo de diseñar y aplicar un modelo de optimización de rutas para la recolección de residuos sólidos, para reducir los costos de transporte. La investigación es del tipo aplicada y sigue un diseño pre experimental. Se inició con diagnóstico de la situación actual del sistema de recojo de residuos y se calculó los costos de transporte. Luego se procedió a hacer el macroruteo y el microruteo para establecer los nodos que formarán parte de las rutas, se establecieron las distancias, y con estos datos se procedió a formular el modelo de optimización, obteniéndose la solución mediante el software Win QSB. En la última etapa se volvieron a calcular los costos de transporte para determinar la variación, y definir en cuanto disminuyen los Costos de Transporte en que se reflejó una reducción del costo de S/.4,668.23 entre la ruta actual y la ruta propuesta.

Palabras Clave: Optimización de rutas, Costos de Transporte, Software WinQSB

ABSTRACT

The present work was developed in the urban area of the Yanacacncha district, with the objective of designing and applying a route optimization model for the collection of solid waste, to reduce transportation costs. The research is of the applied type and follows a pre-experimental design. It began with a diagnosis of the current situation of the waste collection system and transportation costs were calculated. Then, macro-routing and micro-routing were carried out to establish the nodes that will be part of the routes, the distances were established, and with this data the optimization model was formulated, obtaining the solution using the Win QSB software. In the last stage, the transportation costs were recalculated to determine the variation, and define how much the Transportation Costs decrease, which reflected a reduction in the cost of S/.4,668.23 between the current route and the proposed route.

Keywords: Route Optimization, Transportation Costs, WinWQSB Software

INTRODUCCIÓN

Actualmente, a nivel mundial, la contaminación ambiental ha aumentado, y uno de los principales factores que producen esta contaminación son los residuos sólidos los cuales son mal manejados y/o controlados.

A nivel mundial, tal y como lo afirma Benavente (2018), la tasa de residuos sólidos se ha incrementado, lo cual se ha convertido en un serio inconveniente para las ciudades. Sumado a esto, aspectos como la demografía, el estilo de vida del consumidor y las actividades cotidianas de la dinámica poblacional, han generado un aumento severo de esta problemática y sus diversos impactos socioambientales sobre el paisaje, la gestión municipal y la salud; el crecimiento poblacional y la escasez de recursos para manejar los residuos sólidos terminan siendo factores determinantes en su control.

Esto se evidencia en el hecho de que los residuos no se recogen de forma óptima, lo que lleva a la creación de pequeños vertederos en las ciudades, que traen animales como perros que se los comen y propagan enfermedades, aumentando la contaminación y la propagación de. Esta gestión debe ser una prioridad sanitaria y medioambiental global ya que estos residuos representan una fuente de enfermedades infecciosas para el público en general.

Según Huamanyauri, Machaca y Peña (2014), el aumento de la producción y el mal manejo de los residuos sólidos es uno de los principales problemas ambientales y de salud que se ha incrementado en los últimos años debido al aumento de la población, la producción y el consumo. Frente a esta situación problemática, la investigación propone implementar un modelo de optimización de la ruta de recolección de residuos sólidos en el distrito de Yanacancha. Mediante el cual se determinará la ruta más adecuada para la recolección generando así una minimización en el costo de transporte sin descuidar el nivel de alcance del servicio brindado.

ÍNDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1	Identificación y determinación del problema.	1
1.2	Delimitación de la investigación.	3
1.3.	Formulación del problema.	4
1.3.1.	Problema general.	4
1.3.2.	Problemas específicos.	4
1.4.	Formulación de objetivos.	4
1.4.1.	Objetivo general.	4
1.4.2.	Objetivos específicos.	4
1.5.	Justificación de la investigación.	5
1.6.	Limitaciones de la investigación.	6

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1	Antecedentes de estudio.	7
2.1.1	Antecedentes nacionales.	7
2.1.2	Antecedentes internacionales.	10
2.2	Bases teóricas – científicas.	11

2.2.1.	Residuos Sólidos	11
2.2.2.	Producción de Residuos Sólidos en el Distrito de Yanacancha	12
2.2.3.	Gestión Integral de Residuos Sólidos.....	13
2.2.4.	Modelos de Programación Matemática	13
2.2.5.	Programación Lineal	14
2.3.	Definición de términos básicos.	17
2.4.	Formulación de hipótesis.....	19
2.4.1.	Hipótesis general.	19
2.4.2.	Hipótesis específicas.	19
2.5.	Identificación de variables.....	19
2.6.	Definición operacional de variables e indicadores.....	20

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1	Tipo de investigación.	21
3.2	Nivel de investigación.	21
3.3	Métodos de investigación.....	22
3.4	Diseño de investigación.....	22
3.5	Población y muestra.	23
3.5.1	Población	23
3.5.2	Muestra	23
3.6	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.	23
3.6.1	Técnicas de Recolección de Datos	23
3.6.2	Instrumentos de Recolección de Datos.....	24
3.7	Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	25
3.8	Tratamiento estadístico.....	25

3.9	Orientación ética filosófica y epistémica.	25
-----	---	----

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1	Descripción del trabajo de campo.	27
4.1.1	Ubicación Geográfica de la Investigación.....	27
4.1.2	Identificación de Puntos Críticos.....	28
4.1.3	Recolección de Datos	29
4.2	Presentación, análisis e interpretación de resultados.....	34
4.2.1	Cálculos	34
4.2.2	Construcción del Modelo	35
4.2.3.	Interpretación de Resultados	48
4.3	Prueba de hipótesis.	56
4.4	Discusión de resultados.	56

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1 <i>Generación de Residuos Sólidos en el Distrito de Yanacancha</i>	12
Cuadro 2: <i>Operacionalización de las variables de investigación.</i>	20
Cuadro 3 <i>Puntos Críticos del distrito de Yanacancha</i>	28
Cuadro 4 <i>Generación de residuos sólidos del distrito de Yanacancha</i>	29
Cuadro 5 <i>Composición de los residuos sólidos del distrito de Yanacancha</i>	30
Cuadro 6 <i>Descripción de los equipos de recolección</i>	31
Cuadro 7 <i>Rutas actuales de recolección por vehículo</i>	31
Cuadro 8 <i>Distancia al lugar de disposición final</i>	32
Cuadro 9 <i>Horario de recolección</i>	35
Cuadro 10 <i>Generación de residuos por rutas</i>	48
Cuadro 11 <i>Distancia total por rutas</i>	49
Cuadro 12 <i>Distancia recorrida e la recolección actual</i>	50
Cuadro 13 <i>Distancia recorrida en la recolección propuesta</i>	51
Cuadro 14 <i>Diferenciación de recorrido actual y propuesta</i>	51
Cuadro 15 <i>Tiempo de rutas actual</i>	52
Cuadro 16 <i>Tiempo de rutas propuestas</i>	53
Cuadro 17 <i>Comparación de tiempo de ruta actual y ruta propuesta</i>	54
Cuadro 18 <i>Costo de combustible actual</i>	55
Cuadro 19 <i>Costo de combustible propuesto</i>	55

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 <i>Mapa de Ubicación</i>	27
Gráfico 2 <i>Mapeo de rutas de recolección del distrito de Yanacancha</i>	33
Gráfico 3 <i>Macroruteo del distrito de Yanacancha</i>	35
Gráfico 4 <i>Microruteo Nodos Ruta 1</i>	36
Gráfico 5 <i>Recorrido final de la ruta 1</i>	37
Gráfico 6 <i>Microruteo nodos ruta 2</i>	38
Gráfico 7 <i>Recorrido final de la ruta 2</i>	39
Gráfico 8 <i>Microruteo nodos ruta 3</i>	40
Gráfico 9 <i>Recorrido final de la ruta 3</i>	41
Gráfico 10 <i>Microruteo nodos ruta 4</i>	42
Gráfico 11 <i>Recorrido final de la ruta 4</i>	43
Gráfico 12 <i>Microruteo nodos ruta 5</i>	44
Gráfico 13 <i>Recorrido final de la ruta 5</i>	45
Gráfico 14 <i>Microruteo nodos ruta 6</i>	46
Gráfico 15 <i>Recorrido final de la ruta 6</i>	47
Gráfico 16 <i>Distancias de nodos ruta 1</i>	6
Gráfico 17 <i>Distancias de nodos de la ruta 1 en Win QSB 2.0</i>	6
Gráfico 18 <i>Solución ruta 1 con Win QSB 2.0</i>	7
Gráfico 19 <i>Gráfica ruta 1</i>	7
Gráfico 20 <i>Distancias de nodos ruta 2</i>	8
Gráfico 21 <i>Distancias de nodos de la ruta 2 en Win QSB 2.0</i>	8
Gráfico 22 <i>Solución ruta 2 con Win QSB 2.0</i>	9
Gráfico 23 <i>Grafica Ruta 02</i>	9
Gráfico 24 <i>Distancia de nodos ruta 3</i>	10

Gráfico 25 <i>Distancias de nodos de la ruta 3 en Win QSB 2.0</i>	10
Gráfico 26 <i>Solución ruta 3 con Win QSB 2.0</i>	11
Gráfico 27 <i>Gráfica ruta 3</i>	11
Gráfico 28 <i>Distancia de nodos ruta 4</i>	12
Gráfico 29 <i>Distancias de nodos de la ruta 4 en Win QSB 2.0</i>	13
Gráfico 30 <i>Solución ruta 4 con Win QSB 2.0</i>	13
Gráfico 31 <i>Gráfica ruta 4</i>	13
Gráfico 32 <i>Distancia de nodos ruta 5</i>	14
Gráfico 33 <i>Distancias de nodos de la ruta 5 en Win QSB 2.0</i>	14
Gráfico 34 <i>Solución ruta 5 con Win QSB 2.0</i>	15
Gráfico 35 <i>Gráfica ruta 5</i>	15
Gráfico 36 <i>Distancia de nodos ruta 6</i>	16
Gráfico 37 <i>Distancias de nodos de la ruta 6 en Win QSB 2.0</i>	16
Gráfico 38 <i>Solución ruta 6 con Win QSB 2.0</i>	17
Gráfico 39 <i>Gráfica ruta 6</i>	17
Gráfico 40 <i>Punto Crítico 1</i>	19
Gráfico 41 <i>Punto Crítico 2</i>	19
Gráfico 42 <i>Punto Crítico 3</i>	20
Gráfico 43 <i>Punto Crítico 4</i>	20
Gráfico 44 <i>Punto Crítico 5</i>	21
Gráfico 45 <i>Punto Crítico 6</i>	21
Gráfico 46 <i>Punto Crítico 7</i>	22
Gráfico 47 <i>Punto Crítico 8</i>	22
Gráfico 48 <i>Punto Crítico 9</i>	23
Gráfico 49 <i>Punto Crítico 10</i>	23

Gráfico 50 <i>Punto Crítico 11</i>	23
Gráfico 51 <i>Punto Crítico 12</i>	24
Gráfico 52 <i>Punto Crítico 13</i>	24
Gráfico 53 <i>Punto Crítico 14</i>	25

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema.

Uno de los principales problemas ambientales que existe desde hace mucho tiempo y que tiene impactos negativos en la humanidad, los ecosistemas, los recursos naturales, la salud y calidad de vida y el medio ambiente es la mala eliminación de residuos. La mala gestión de residuos sólidos afecta diversos factores ambientales como: recursos hídricos, recursos atmosféricos, recursos terrestres, recursos paisajísticos.

El proceso de contaminación y el desarrollo de efectos negativos sobre el medio ambiente son causados principalmente por la disposición inadecuada de los residuos sólidos, ya que esta etapa del proceso de disposición de los residuos es de carácter trascendente; porque afecta a los actores principales, es decir, las familias y las autoridades locales y nacionales. En las ciudades, el problema es más grave debido a la densidad de población: varios estudios muestran que la producción global media por cada habitante es de más de un kilogramo por día.

La disposición final de los residuos sólidos es un problema cada vez mayor, es un problema global debido al crecimiento poblacional, así como las

actividades demográficas contribuyen al aumento de los residuos sólidos, resultando en un aumento cada vez mayor en el planeta. Sin embargo, este problema no sólo afecta a algunas localidades, sino a todas en general, y tampoco es desconocido en el departamento de Pasco.

Existen varios problemas de residuos sólidos en el distrito de Yanacancha. El principal problema es su inadecuada gestión final y esta recae en las familias debido a la falta de una fuerte conciencia ambiental, por lo que muchos programas implementados por los gobiernos locales fracasan o no tienen el valor adecuado debido al fracaso de la recolección selectiva de residuos. No dan resultados positivos y su disposición final finalmente se realiza en un vertedero que no se considera infraestructura de disposición final y por tanto no cuenta con medidas técnicas para reducir la contaminación.

El proceso de recolección y transporte de residuos sólidos forma parte de un sistema que, bajo los supuestos del D.L. N° 1278 del Ministerio del Ambiente (2016), incluye 6 componentes y, si se implementa efectivamente, contribuye a la reducción del calentamiento global. El objetivo de la gestión global de residuos es la gestión integral y sostenible a través de diversas actividades intermedias, fomentando las 3R (reducción, reutilización y reciclaje), impulsando instituciones especializadas, fomentando la minimización y separación en fuentes, etc. (MINAM, 2016)

En la municipalidad de Yanacancha existe una ruta designada para la recolección y transporte de residuos sólidos; Sin embargo, este método no es eficaz; porque su gestión no cubre adecuadamente a toda la población y excluye muchos lugares y puntos de acopio, propiciando la propagación de enfermedades, enfermedades respiratorias, infecciones gastrointestinales, etc.

Desde esta perspectiva, la gestión de la recolección de residuos sólidos es muy importante y debe abordarse con urgencia. Varios escenarios sugieren que podemos utilizar la tecnología para encontrar una solución mediante la implementación de nuevas políticas que protejan el medio ambiente, aumentando así la eficiencia económica y reduciendo los costos de atención médica.

Es por ello que, en el presente trabajo de tesis se abordó y determinó una solución para la optimización de rutas de recolección de residuos sólidos en el distrito de Yanacancha - Pasco, utilizando el software “WinQSB” específico para la programación de rutas, las cuales aportaron: rapidez, eficiencia, seguridad y principalmente, reducción de gastos de transporte. Así mismo nos permitió optimizar y programar las rutas utilizando variables como: cantidad de RR. SS, tiempo, kilómetros recorridos, organización según prioridades, etc.

1.2. Delimitación de la investigación.

El proyecto, establecerá límites de la investigación en términos de espacio, tiempo, universo y del contenido, tal como lo expresamos a continuación:

- Delimitación espacial o geográfico: Distrito de Yanacancha.
- Delimitación temporal: 4 meses.
- Delimitación del universo: Población Urbana del distrito de Yanacancha
- Delimitación del contenido: Modelación y Simulación Ambiental

Residuos Sólidos

1.3. Formulación del problema.

1.3.1. Problema general.

¿En qué medida, la optimización de rutas de recolección de residuos sólidos municipales disminuirá los costos de transporte de la Municipalidad Distrital de Yanacancha?

1.3.2. Problemas específicos.

- a) ¿De qué manera se puede optimizar la ruta de recolección de residuos sólidos municipales haciendo uso del software WinQSB?
- b) ¿Cuál es la diferencia entre los costos de transporte de la ruta de recolección actual y la ruta de recolección optimizada?
- c) ¿Cuáles son las mejoras en el servicio de recolección de residuos sólidos municipales en comparación de la ruta existente en el distrito de Yanacancha?

1.4. Formulación de objetivos.

1.4.1. Objetivo general.

Determinar los costos reducidos en el servicio de recolección de residuos sólidos municipales del distrito de Yanacancha

1.4.2. Objetivos específicos.

- a) Diseñar un esquema optimizado de rutas de recolección de residuos sólidos municipales haciendo uso del software WinQSB
- b) Comparar los costos de transporte actual con los costos de transporte a obtener de la Optimización de Rutas de Recolección.
- c) Identificar las mejoras en el servicio de recolección de residuos sólidos municipales en el distrito de Yanacancha.

1.5. Justificación de la investigación.

1.5.1. Justificación Teórica

Este informe de tesis presenta informaciones relevantes sobre diseño de rutas de recolección de residuos sólidos para reducir los costos de transporte y a su vez, el mejoramiento del servicio de recolección de residuos sólidos municipales dentro del distrito de Yanacancha

1.5.2. Justificación Metodológica

La metodología usada para el diseño de rutas de recolección de residuos sólidos para reducir los costos de transporte fue mediante la aplicación del software Win QSB 2.0. el cual, nos dio resultados óptimos y certeros con el cual se optimiza la recolección estableciendo nuevas rutas, frecuencia y horario asimismo contribuye en la mejora del servicio de recolección de residuos sólidos dentro del distrito de Yanacancha, cumpliendo con el 95% de residuos generados en el distrito.

1.5.3. Justificación Social

Con la aplicación de las nuevas rutas de recolección de residuos sólidos optimizadas, se reduce el costo de transporte de la Municipalidad Distrital de Yanacancha, además de mejorar el servicio de recolección de residuos sólidos que beneficia a la población en la reducción de puntos críticos, mejoras paisajísticas, eliminación de olores y proliferación de enfermedades, ya que, el camión recolector llegará a zonas donde no se llegaba anteriormente a menor distancia y horas.

1.6. Limitaciones de la investigación.

Los recursos limitados, así también los antecedentes nacionales escasos sobre las variables en estudio, más aún en el repositorio de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión no existe antecedentes en común, siendo al inicio una limitante para realizar la investigación, pero gracias a la tecnología podemos indagar sobre antecedentes interregionales que desarrollan en otras regiones.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio.

Nuestra investigación toma como referencia diversos antecedentes en el ámbito nacional e internacional; los cuales citamos a continuación:

2.1.1. Antecedentes nacionales.

Cerna y Gastolomento (2022), en su proyecto de investigación sobre optimización de rutas y recojo selectivo de los sectores 07 y 09 de la ciudad de Cajamarca, quisieron verificar si los sistemas de información geográfica (ArcMap) permiten la optimización de rutas y recolección selectiva de residuos municipales. visitando las rutas básicas, optimizando y creando nuevas rutas para la recogida selectiva de residuos sólidos municipales. Gracias a programas SIG diferentes, principalmente ArcGis 10.4.1. Los resultados de la prueba dieron como resultado un tiempo optimizado de 2h 56' 26" y una distancia de 3.78 km en el sector 07, misma optimización en el tiempo 1 h 56' 55" y en una distancia de 1,4 km en el sector 09, mientras que los análisis estadísticos de los sectores 07

y 09 dan el resultado de la prueba de Wilcoxon, *Sig. bilateral* < (0,001 < 0,05); proporcionar evidencia clara para rechazar H₀, es decir h. Evidencia de la eficacia de los sistemas de información geográfica.

Diaz y Salazar (2019), bajo la tesis “Optimización de rutas de recojo de residuos sólidos, para minimizar los costos de transporte en la Municipalidad de Chepén, 2019” intentaron diseñar y aplicar un modelo de optimización de rutas. Realizaron un diagnóstico actual del sistema de recolección de residuos y calcularon los costos de transporte. Luego identificaron los nodos que forman parte de la ruta, determinamos las distancias, utilizaron estos datos para formular un modelo de optimización y obtuvimos la solución utilizando el software LINDO. Finalmente, recalcularon los costos de transporte para determinar la variación y encontramos que los costos habían disminuido en un 9%. El análisis estadístico correspondió a una prueba “t” Student comparando muestras relacionadas de los indicadores de productividad combinados con un 95% de confianza, confirmando la efectividad del modelo de optimización de rutas.

Taquia (2013), en el proyecto de investigación realizado sobre la Optimización de rutas en una empresa de recojo de residuos sólidos en el distrito de los Olivos 2013, realizó el análisis y diagnóstico general del transporte de los residuos sólidos, e identifica las rutas para optimizar y proponer las soluciones adecuadas para lograr aumentar la efectividad de transporte de los residuos sólidos y de igual manera reducir los costos económicos. En dicha investigación se plantea que, para una empresa de recolección de residuos sólidos, la optimización de rutas estaría basada en gran medida en un modelo teórico, sin embargo, es necesario emplear el factor empírico para poder ajustar el modelo con mayor exactitud a la realidad. La sectorización planeada genera un ahorro y

rentabilidad significativa, de modo que evita el alquiler de vehículos o uso adicional y es un atractivo para los inversionistas. La implementación de dicho modelo representa un valor neto de S/. 2'404,990 al año cero. Incluyendo la inversión inicial de S/. 695,980 se obtendría una ganancia de 145% respecto a la inversión inicial. Asimismo, plantea que las diferencias entre tiempo recorrido de rutas entre el modelo propuesto y el tiempo real es que el modelo propuesto está basado en supuestos, los cuales generan una desviación respecto al tiempo real ya que no se aplica según el modelo, sino que se ajusta y varía en el tiempo.

Hernandez e Izaguirre (2018), por su parte, mediante la tesis “Optimización de rutas para disminuir los costos de distribución de la empresa Hidroligth – Cimbote 2018” buscaron optimizar las rutas para disminuir los costos de distribución de la empresa Hidrolight – Chimbote, esto mediante un diseño preexperimental. Utilizaron técnicas como la observación directa, el análisis de documentos, el análisis de datos, la diagramación y la programación lineal; Por lo tanto, también se utilizaron herramientas como hoja de ruta, hoja de ruta, diagrama de Ishikawa, diagrama de Pareto, formato de informe de costos, formato de informe de kilometraje y el programa WinQSB. Además de los costes de venta, también se podrían identificar problemas y canales de venta óptimos. Se logró una reducción de 2.750 soles. Por tanto, vemos que el uso de un sistema de optimización de rutas permite reducir costes.

Cardenas y Cuadra (2022), en su proyecto de investigación “Sistemas de Información Geográfica para optimizar la Ruta de Recolección de Residuos Sólidos Municipales, Moche, 2022” pretenden revertir la situación de manejo inadecuado de los residuos, lo que impacta negativamente en el medio ambiente, la salud y por ende el calidad de vida por falta de una buena Planificación de rutas

de recolección; Esto se hace utilizando herramientas SIG para optimizar el tiempo y la distancia de viaje, así como el consumo de combustible. La metodología incluyó identificar rutas actuales, diseñar rutas de retiro y finalmente comparar las rutas propuestas con las rutas actuales para calcular su efectividad. Su investigación muestra que mediante el uso de herramientas SIG, ha optimizado las rutas de recolección de residuos municipales en el distrito de Moche, reduciendo costos operativos, tiempos y distancias.

2.1.2. Antecedentes internacionales.

Arias Rojas (2010) realizó el estudio de una Aplicación de un Modelo de Optimización en la Planeación de rutas de los Buses Escolares del Colegio Liceo de Cervantes Norte. El autor en la investigación realizada obtuvo como objetivo principal de diseñar su propuesta así logre la planeación de rutas al colegio Liceo de Cervantes Norte (Colombia) así optimizar las rutas de recorrido de los buses escolares a partir del desarrollo de un modelo de optimización y también lograr la reducción de costos y la eficiencia. La investigación presentó una propuesta basada en la meta-heurística ACO (Optimización por Colonia de Hormigas) aplicado a las rutas de recorrido de los buses escolares del colegio en mención. A través del análisis de variables, restricciones respecto a la capacidad de vehículos, se logró representar el proceso y modelarlo matemáticamente. Finalmente, obtuvo una reducción del 15.2 %, pero se debe considerar que la ruta inicial se determinó basándose en la experiencia de los colaboradores que laboran diariamente en el transporte escolar, es decir, que con el uso de herramientas más técnicas se puede llegar a alcanzar una reducción más significativa.

2.2. Bases teóricas – científicas.

2.2.1. Residuos Sólidos

La definición de residuo según el Diccionario de la Real Academia de la Lengua Española, indica lo siguiente:

- Parte o proporción que queda de un todo.
- Lo que resulta de la descomposición o destrucción de una cosa.
- Material que queda como inservible después de haber realizado un trabajo u operación.

Residuos sólidos son cualquier sustancia, producto o subproducto en estado sólido o semisólido que el fabricante posee o está obligado a eliminar debido a regulaciones nacionales o los riesgos asociados para la salud y el medio ambiente. Esta definición incluye los residuos creados por fenómenos naturales. En otras palabras, los residuos sólidos son cualquier sustancia o producto que ya no necesitamos pero que en ocasiones se puede aprovechar.

La OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico) define los residuos como “materiales resultantes de actividades de producción y consumo que no han adquirido valor económico en el contexto en el que fueron producidos” (Fundación Vivo Sano, s.f.)

Residuos sólidos, sin embargo, son cualquier objeto, material, sustancia o elemento resultante del consumo o uso de un bien o servicio del que su propietario desea disponer o tiene la intención u obligación de disponer, y debe darse prioridad a su disposición. al reciclaje de los residuos y en definitiva a su eliminación definitiva. (MINAM, 2016)

- **Residuos de gestión municipal:** “Son de origen doméstico (en particular residuos de alimentos, papel, botellas, latas, pañales, artículos desechables);”

comerciales (papel, envases, productos de higiene, etc.); Limpieza urbana (incluido barrido de calles, desmalezado) y productos resultantes de actividades que generen este tipo de residuos, los cuales deben ser dispuestos en vertederos controlados” (Mendoza, 2019, pág. 6)

- **Recolección:** “La acción de recolectar residuos para transportarlos utilizando medios de transporte adecuados y gestionarlos de manera higiénica, segura y amigable con el medio ambiente” (Mendoza, 2019, pág. 10)
- **Transporte:** Actividades involucradas en el transporte de residuos sólidos desde una fuente de producción hasta una estación de transferencia, instalación de tratamiento o vertedero.

2.2.2. Producción de Residuos Sólidos en el Distrito de Yanacancha

Para el caso del Distrito de Yanacancha tanto residuo sólido domiciliarios y no domiciliados ascienden a una producción diaria de 31.5 ton/día.

Cuadro 1

Generación de Residuos Sólidos en el Distrito de Yanacancha

GENERACIÓN TOTAL DE RESIDUOS SÓLIDOS DEL DISTRITO DE YANACANCHA	
FUENTES DE GENERACIÓN	GENERACIÓN DE RESIDUOS TON/DIA
Domiciliario	12.168
Mercados	0.369
Restaurantes	4.861
Instituciones Educativas	2.962
Instituciones Públicas – Privadas	1.203
Comercio	4.105
Barrido	5.836
TOTAL	31.500

Fuente: Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos Municipales de Distrito De Yanacancha

2.2.3. Gestión Integral de Residuos Sólidos

Por gestión global entendemos el conjunto de actividades regulatorias, financieras y de planificación realizadas en todas las etapas de la eliminación y tratamiento de residuos, desde la producción del producto hasta la eliminación final, fase en la que se genera la mayoría de los residuos. Desperdiciar. Residuos basados en normas sanitarias, medioambientales y económicamente justificadas. (OEFA, 2014)

Todas las actividades técnico administrativas que incluyen la planificación, coordinación, asesoría, diseño, aplicación y evaluación de políticas, estrategias, planes y programas de acción para el manejo adecuado de los residuos sólidos. (MINAM, 2016).

Las municipalidades provinciales, en lo que concierne a los distritos del cercado, y las municipalidades distritales son responsables por la gestión de los residuos sólidos de origen domiciliario, especiales y similares, en el ámbito de su jurisdicción (MINAM, 2016).

2.2.4. Modelos de Programación Matemática

Las bases de la resolución de problemas de optimización se plantean desde un aspecto matemático. Los pasos para la formulación del problema son los siguientes:

- Se identifican las variables de salida y entrada del modelo, en las cuales se genera un modelo de dependencia de las primeras con las últimas.
- Se identifican las restricciones matemáticas para la resolución del problema, como son las condiciones, requisitos y limitaciones del modelo.

- Determinar los valores de las variables que se tomarán como cero, o constantes.
- Finalmente, elaborado el modelo, debe tener el objetivo de lograr el valor óptimo o determinar si existe una solución óptima.

2.2.5. Programación Lineal

La programación lineal es una de las técnicas más importantes que tiene la investigación de operaciones y está diseñada para modelos con funciones objetivo y restricciones lineales. Su objetivo general es realizar una solución óptima, en base a condiciones de optimalidad y factibilidad.

“La definición correcta de las variables de decisión es un primer paso esencial en el desarrollo del modelo. Una vez hecha, la tarea de construir la función objetivo y las restricciones es más directa” (Taha, 2004)

2.2.6. Metodología de Diseño de Rutas para la Recolección de Residuos Sólidos

➤ Macro ruteo

Es la manera de denominar a la división de toda la zona geográfica en sectores, además de calcular los vehículos necesarios para su atención y asignación de las unidades. Se realiza con el fin de equilibrar los esfuerzos en todas las zonas, buscando la eficiencia del uso de recursos. Generalmente se utiliza el número de manzanas o kilómetros de vías por cada sector para compararlos entre los mismos. La sectorización es parte importante de esto y deben ser áreas compactas. Este cálculo no se realiza a través de algún algoritmo, es un diseño que parte de dividir en n partes iguales:

Los criterios recomendados para el macro ruteo son los siguientes:

- Las rutas no deben cruzarse.

- Deben tener días fijos para mayor colaboración de la ciudadanía.
- El proceso de macro ruteo es prueba y error.
- Después de aprobada la ruta, puede marcarse como plano de trabajo.
- Debe utilizarse diagramas de posibles rutas.
- Para el trazo de ruta debe considerarse la topografía de la localidad.

Asimismo, Racero y Perez, (2006), propusieron una solución al tema de recolección, manejo y transporte de residuos sólidos domiciliarios para la ciudad Victoria en México conscientes de las diferentes características adaptadas de la realidad y ajustando su modelo a ellas. La finalidad fue obtener un diseño óptimo de recolección, establecer la cantidad y tipo de unidades y el horario ideal para el ruteo. El término desarrollado en la propuesta fueron las macro rutas, el cual se refiere a la división de la ciudad en sectores operativos y luego la determinación del número de camiones necesarios en cada una y la asignación de un área del sector a cada vehículo recolector.

Para ello se inicia con la sectorización que divide la ciudad en sectores operativos, en caso fuera factible debido a su dimensión y teniendo en cuenta las características geográficas. Luego la zonificación, la cual consiste en dividir cada sector en zonas que serán cubiertas por un vehículo recolector durante la semana. Con respecto a la población, el documento estima la vida de un proyecto de recolección de entre 5 y 8, por lo que calcula necesario estimar la población durante 10 años. Con respecto a la frecuencia de recolección, en documento habla de recolección mínima de 2 veces por semana y se trata de minimizar debido a los costos de este servicio. Debe considerarse, sin embargo, el efecto de costumbre y conformidad en la población, lo cual haría posible esto en el modelo peruano.

Ecuación 1 - Cálculo del número de vehículos

$$N_v = \frac{G \times P \times 7 \times Fr \times K}{N \times C \times dh}$$

Fuente: Racero G. Perez (2006)

Donde:

G = Producción de residuos sólidos en Kg/hab/día.

P = población de la zona por la que circulará el vehículo por cada turno.

Fr = Factor de reserva.

K = Factor de cobertura.

N = Número de viajes por turno.

C = Capacidad del vehículo (Kg.).

dh = días hábiles.

➤ **Micro ruteo**

Es el recorrido específico que se cumple dentro de las áreas o sectores asignados a la unidad, esto consiste en desarrollar mejoras rutas en cada subsector, buscando reducir los tiempos de recolección sin perder la efectividad de la actividad.

En este aspecto, conociendo los nodos específicos de recolección, es factible la optimización de la ruta tomando en cuenta la recolección de los siguientes datos:

- Punto de inicio.
- Punto final.
- Sentido de circulación de las rutas.
- Horas de congestión y situación de las rutas.

- Topografía.
- Vías habilitadas y no habilitadas.
- Tipo de trazo de ruta

2.3. Definición de términos básicos.

Optimización de rutas: Es el proceso para decidir la ruta más eficiente en cuanto a costo. Es más compleja que simplemente encontrar el camino más corto entre dos puntos. Necesita incluir todos los factores relevantes, como la cantidad y la ubicación de todas las paradas requeridas de la ruta, así como los márgenes de tiempo para el recojo. (Verizon Connect, s.f.)

Algoritmo: Es un conjunto de reglas que permiten obtener un resultado determinado a partir de ciertas reglas definidas. (Ciencias de la Computación, 2015)

Basura: Residuos desechados y otros desperdicios.

Ciclo: Es la cadena que une un nodo consigo mismo.

Compactadoras: Máquina utilizada en obras públicas, destinada a aglomerar y comprimir uniformemente el material recogido.

Eficiencia: Según la Real Academia Española indica que la eficiencia es “virtud y facultad para lograr un efecto determinado”, utilizando los recursos disponibles de manera racional para lograr el objetivo.

Investigación de operaciones: Matemáticamente que es parte del estudio y despliegue de métodos científicos para usar eficazmente los recursos. Tales métodos comprenden modelos matemáticos y estadísticos, además de algoritmos para tomar decisiones en problemas relacionados con la planificación, coordinación y ejecución de operaciones en las organizaciones. (Paredes, 2015)

Iteración: En programación, es la repetición de un proceso dentro de un programa de computadora. Puede usarse tanto como un término genérico (como sinónimo de repetición) así como para describir una forma específica de repetición con un estado mutable.

Optimización: En matemáticas e informática, método para determinar los valores de las variables que intervienen en un proceso o sistema para que el resultado sea el mejor posible. (Molina, 2020)

Racionalizar: Según la Real academia española es Organizar la producción o el trabajo de manera que aumente los rendimientos o reduzca los costos con el mínimo esfuerzo.

Recursos: Según la Real Academia Española es un conjunto de elementos disponibles para resolver una necesidad o llevar a cabo una actividad.

Redes: Es un conjunto de puntos y líneas que unen ciertos pares de pares de puntos. Los puntos se llaman Nodos o vértices. (Miccige,s.f)

Recolección: Es la acción de tomar los residuos sólidos de sus sitios de almacenamiento ya sea de contenedores o de viviendas, para depositarlos dentro de los equipos destinados y ser transferidos a sitios de tratamiento o disposición final.

Recolección Residuos sólidos: Acción de recoger residuos en viviendas, negocios, instalaciones comerciales e industriales, cargándolos en un vehículo de recogida.

Residuos sólidos: Según la Organización de Cooperación y Desarrollo (OCDE), se denomina Residuos sólidos a aquellas materias generadas en las actividades de producción y consumo que no has alcanzado un valor económico en el contexto en que son producidos.

Rutas: Se trata de un camino, carretera o vía que permite transitar desde un lugar hacia otro.

2.4. Formulación de hipótesis.

2.4.1. Hipótesis general.

La optimización de rutas de recolección de residuos sólidos municipales disminuye los costos de transporte, reduciendo la distancia y tiempo de recorrido, ahorrando el costo de combustible.

2.4.2. Hipótesis específicas.

- a) El diseño de un esquema de optimización de rutas de recolección de residuos sólidos permitirá mejorar la recolección de residuos sólidos en el distrito de Yanacancha.
- b) Después de aplicar el esquema de optimización de rutas de recolección de residuos sólidos con el Software WinQSB, habrá una diferencia entre los costos de transporte actuales y los que se obtendrá.
- c) La comparación entre la ruta propuesta y la ruta actual nos ayudará a identificar las mejoras en el servicio de recolección de residuos sólidos municipales.

2.5. Identificación de variables.

Las variables de trabajo para las hipótesis formuladas son las siguientes:

Variable independiente: Optimización de Rutas

Variable dependiente: Costos de Transporte

2.6. Definición operacional de variables e indicadores.

El marco operacional de nuestra investigación está dado en la tabla 2.

Cuadro 2:

Operacionalización de las variables de investigación.

VARIABLES	Tipo de Variable	Definición Conceptual	Dimensiones	Indicadores	Instrumento
Optimización de Rutas	Independiente	Proceso por el cual se va a gestionar la ruta más rentable en los tres niveles de decisión de la Municipalidad (estratégico, táctico y operativo)	<ul style="list-style-type: none"> - Diagnostico situacional - Rutas de Recolección - Algoritmos de Optimización de Rutas 	<ul style="list-style-type: none"> - Generación per cápita (Kg/hab) - Distancia entre nodos (m) - Ruta más corta entre nodos (m) 	<ul style="list-style-type: none"> Hoja de Cálculo Google Earth WinQSB
Costos de transporte	Dependiente	Forma parte de los costos logístico que implica la inversión o arrendamiento de vehículos con el propósito de distribuir los productos. (Diaz y Salazar, 2019)	<ul style="list-style-type: none"> - Costos Variables - Costos Fijos 	<ul style="list-style-type: none"> - $CV = \left[\left(\frac{CV \text{ en la ruta propuesta}}{CV \text{ en la ruta actual}} \right) - 1 \right] \times 100$ C.V= costos variables (costo de combustible + costo de neumáticos+ costo de mantenimiento) - $CF = \left[\left(\frac{CV \text{ en la ruta propuesta}}{CV \text{ en la ruta actual}} \right) - 1 \right] \times 100$ C.F = Costos fijos (salario personal + costos de depreciación del vehículo) (Diaz y Salazar, 2019) 	Formato de Reporte de Costos

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación.

De acuerdo con los objetivos que se tiene en el presente proyecto de investigación, es de tipo aplicada, ya que, se analiza cómo afecta la variable independiente sobre la dependiente. (Hernandez, 2006) Los resultados son parte de la realidad concreta. En este caso, el sistema optimizado de rutas de recolección es aplicable a la realidad y los costos generados por el transporte son probatorios. Por lo tanto, cada proceso a desarrollar en este sistema, no se puede realizar de manera desordenada y es necesario de pasos específicos.

3.2. Nivel de investigación.

El nivel de investigación es descriptivo analítico, ya que se describe y analiza las rutas de recolección actual y el propuesto y se encuentran las diferencias entre ambos.

3.3. Métodos de investigación.

En este proyecto de investigación se usará el método analítico, bajo el siguiente enfoque:

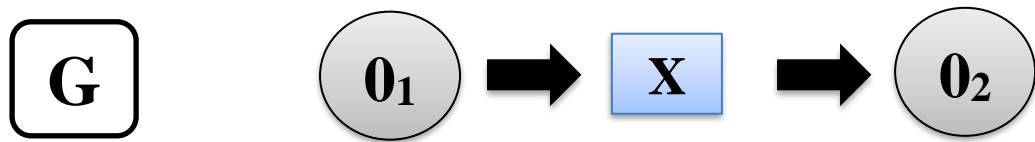
- **Cuantitativo:** Porque haciendo uso de los diferentes softwares facilita la representación de fenómenos observados, generando datos estadísticos, para la toma de decisiones.

En la investigación, primero se realizó un análisis de la situación actual de las rutas de recolección de residuos sólidos municipales, mediante la observación y el análisis documental, para luego optimizar las rutas con ayuda del programa Google Earth y del Software WinQSB, se determinó primero el orden y luego se analizó la ruta a seguir en la realidad. Las rutas se determinaron según el resultado del software WinQSB, para finalmente calcular el costo del transporte.

3.4. Diseño de investigación.

El diseño de investigación que se emplea en el presente proyecto es el experimental del tipo pre-experimental, ya que en un diseño experimental se pretende establecer el cómo la variable independiente afecta a la variable dependiente. El diseño pre experimental - diseño de pre-prueba/pos-prueba con un solo grupo, aplica una prueba previa para luego administrar el tratamiento y finalmente aplicar una prueba posterior al estímulo. (Hernandez et ál. 2010)

En esta investigación, se aplicará una prueba previa para conocer la situación en la que se encuentra la Ruta de Recolección actual, después se aplica la optimización de rutas, finalmente, se aplica una prueba posterior con el fin de comparar los resultados y verificar si se logra cumplir con el objetivo de la investigación. Se tiene el siguiente diseño:



Donde:

G: Grupo: Calles del Distrito de Yanacancha

O₁: Situación actual de las Rutas de Recolección de Residuos Sólidos en el distrito de Yanacancha.

X: Aplicación de la Optimización de Rutas de Recolección de Residuos Sólidos en el distrito de Yanacancha.

O₂: Situación posterior a la aplicación de la Optimización de Rutas de Recolección de Residuos Sólidos en el distrito de Yanacancha.

3.5. Población y muestra.

3.5.1. Población

En esta investigación se tomó como población a todo el distrito de Yanacancha en el año 2023.

3.5.2. Muestra

En la presente investigación, la muestra estará conformado netamente por el casco urbano del distrito de Yanacancha, que se representa por todo San Juan.

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

Para la presente investigación se utilizó las siguientes técnicas e instrumentos, los cuales servirán para medir las variables.

3.6.1. Técnicas de Recolección de Datos

- **Observación Directa:** Con la presente técnica podremos obtener información veraz y directa de cómo se está llevando a cabo la recolección de residuos sólidos municipales en el distrito.

- **Análisis de Datos:** Permitirá analizar los resultados de los instrumentos utilizados en el presente Proyecto de Investigación.
- **Análisis Documental:** Mediante esta técnica, se va a contrastar y acceder a los archivos, documentos y todo lo necesario para recolectar los datos que se necesitan, en este caso, nos vamos a valer de los documentos que tiene la Municipalidad del distrito.
- **Programación Lineal:** La programación lineal es una técnica cuantitativa que se emplea en sistemas con relaciones lineales, ayudando a maximizar recursos a través de modelos matemáticos, de la mejor manera posible.

3.6.2. Instrumentos de Recolección de Datos

- **Hoja de Ruta:** Este instrumento permitirá obtener datos sobre las rutas del camión recolector, en el que debe incluir su horario, indicando la hora de salida del día, los lugares a donde va durante el día y la hora de llegada al destino final (botadero Rumiallana)
- **Google Earth:** Este programa nos ayudará a identificar y trazar una posible ruta de recolección del camión recolector, tomando en cuenta todas las avenidas y calles, además de obtener las distancias concretas para la ruta.
- **Programa WinQSB:** Este instrumento es un programa que servirá para tomar la decisión más útil en cuanto a la Ruta de Recolección de Residuos Sólidos más óptima para la Municipalidad Distrital de Yanacancha.

- **Formato de Reporte de Costos:** Permitirá obtener los costos de la nueva Ruta planteada, para así poder diferenciar entre los costos que se tiene actualmente.

3.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos.

En la investigación “Optimización de Rutas de Recolección de Residuos Sólidos Municipales utilizando el Software “WinQSB” para reducir costos de transporte en el Distrito de Yanacancha, Provincia Pasco, Región Pasco – 2023” La Información será recopilada con la ayuda de los instrumentos de recolección de datos in situ y ex situ, después de obtener los datos necesarios para la investigación, estos serán analizados mediante el programa MS Excel, para luego, procesar los datos ya en el programa WinQSB, el cual solo recibe el formato xlsx.

3.8. Tratamiento estadístico.

El tratamiento estadístico está basado en la estadística descriptiva, que busca describir los datos observados de forma sintética y significativa para poder analizarlos mejor y sea más comprensible.

En esta etapa del proyecto, se hizo un análisis estadístico del porcentaje de la reducción de costos con la ruta actual y la nueva ruta diseñada con el software, usando el software Excel 2013.

3.9. Orientación ética filosófica y epistémica.

La orientación ética en el desarrollo del proyecto de investigación es mostrar total sinceridad durante el proceso de investigación teniendo en cuenta el estado de referencias en cuanto a las citas de otros autores respecto al tema.

Además, cumplir con el principio de confidencialidad, por los tanto, los datos obtenidos de los documentos dados por la Municipalidad serán manejados de manera confidencial y con el consentimiento de la Municipalidad Distrital de

Yanacancha. Asimismo, se guardará la mayor reserva y la información será utilizada solamente con fines de investigación.

En ese marco, estamos comprometidos en respetar el Decálogo y el Reglamento del Código de Ética del Investigador aprobado en nuestra universidad con resolución de Consejo Universitario N° 0412 – 2019 – CU – UNDAC.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo.

4.1.1. Ubicación Geográfica de la Investigación

El presente trabajo pre-experimental se desarrolló en la zona del casco urbano del distrito de Yanacancha.

- **Distrito:** Yanacancha
- **Provincia:** Pasco
- **Región:** Pasco
- **Coordenas UTM:** 362860.10 E 8820199.80 N
- **Población:** 29 192 habitantes, según censo 2017

Gráfico 1

Mapa de Ubicación



4.1.2. Identificación de Puntos Críticos

Cuadro 3

Puntos Críticos del distrito de Yanacancha

N°	COORDENADAS		UBICACIÓN DEL PUNTO CRÍTICO	VOLUMEN (m3)
	ESTE	NORTE		
1	362582.55	8820345.10	Intersección entre Av. 6 de diciembre y Micaela Bastidas	4.00
2	362574.38	8820419.02	Intersección entre Av 6 de diciembre y Av. El Minero (A la vuelta del MTC)	0.02
3	362672.40	8820401.96	Intersección entre Av. El Minero y Jr. Ramon Castilla	0.50
4	363344.96	8820042.97	Intersección entre Jr. La Paz y la Carretera Central	0.20
5	363390.82	8819767.80	Intersección entre Calle Huanuco y la Carretera Central	2.00
6	363129.52	8820360.32	Intersección entre Av. Daniel Alcides Carrión y Av. La Cultura (Parque Amanda – Columna Pasco)	0.60
7	362751.42	8820583.68	Intersección entre Jr. Ramon Castilla y Avenida Daniel Alcides Carrión (Frente del Restaurante Conquistador)	0.20
8	362567.57	8820666.15	Intersección entre Av. Daniel Alcides Carrión y Jr. Ramon Castilla	0.50
9	363079.92	8820689.15	Av. Los Incas (Espaldas del Electrocentro y frente del Gobierno Regional de Pasco)	3.50
10	362925.23	8820990.33	Intersección entre Jr. Abraham Valdelomar y Mariategui (Mercado de Yanacanha)	0.60
11	363060.16	8821304.40	Jr. Los Tulipanes (Frente de la Iglesia de los mormones)	0.80
12	362918.15	8821181.94	Intersección entre Jr. Cesar Vallejo y Jr. Carlos Augusto Salaverry (Ex escuela San Pablo)	0.85
13	362749.43	8820812.95	Intersección entre Av. 6 de diciembre y Jr. Columna Pasco (Parque Arenales)	0.20
14	362752.20	8820455.93	Intersección entre Jr. Gamaniel Blanco y Jr. Ramon Castilla (Mercado Santa Rosa)	4.50

4.1.3. Recolección de Datos

a) Generación de residuos sólidos

El distrito de Yanacancha tiene una población de 30 420, así mismo la generación Per-cápita de 0.40 kg/hab-día.

Cuadro 4

Generación de residuos sólidos del distrito de Yanacancha

DISTRITO	POBLACIÓN ACTUAL	POBLACIÓN PROYECTADA (2030)	GENERACIÓN PER-CÁPITA DE RES (Kg/Hab-día)	GENERACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS DOMICILIARIOS (Ton/día)
YANACANCHA	26128	23414	0.54	30.09

b) Composición de los residuos sólidos

Cuadro 5

Composición de los residuos sólidos del distrito de Yanacancha

MATERIA ORGÁNICA	67.20%	METALES	4.57%
MADERA, FOLLAJE	0.86%	TELAS, TEXTILES	1.09%
PAPEL	4.34%	CAUCHO, CUERO Y JEBE	0.19%
CARTÓN	4.29%	PILAS	0.00%
VIDRIO	2.10%	RESTOS DE MEDICINA Y FOCOS	0.00%
PLÁSTICO PET	8.72%	RESIDUOS SANITARIOS	0.93%
PLÁSTICO DURO	0.00%	MATERIAL INERTE	0.00%
BOLSAS	0.00%	HUESOS Y OTROS	5.65%
TECNOPOR Y SIMILARES	0.00%		

c) Unidades Vehiculares

Cuadro 6

Descripción de los equipos de recolección

N° de Unidad	Marca	Tipo	Año	Estado	Capacidad (Ton)	Rendimiento (Ton/viaje)	Dedicación al servicio %	Viajes Día	Capacidad Efectiva (Ton/día)
108331	Volvo	Compactador	2006	Regular	8	7	100	2	14
108332	Volvo	Compactador	2006	Regular	8	7	100	2	7

d) Rutas actuales de la recolección de Residuos Sólidos

Cuadro 7

Rutas actuales de recolección por vehículo

RUTAS	KM	VEHICULO
Ruta 1	4.44	Camión Compactador con PLACA N°039 (TARDE)
Ruta 2	5.21	Camión Compactador con PLACA N°039 (MAÑANA)
Ruta 3	3.94	Camión Compactador con PLACA N°039 (TARDE)
Ruta 4	4.95	Camión Compactador con PLACA N°039 (MAÑANA)
Ruta 5	1.26	Camión Compactador con PLACA N°WGO 369 (MAÑANA)
Ruta 6	3.08	Camión Compactador con PLACA N°WGO 369 (MAÑANA)
Ruta 7	4.17	Camión Compactador con PLACA N°WGO 369 (MAÑANA)
TOTAL	27.08	

e) **Distancia al lugar de disposición final:** El lugar para la disposición final de los residuos sólidos municipales se encuentra en la jurisdicción del distrito de Yanacancha, a una distancia de 1.5 km. de la zona urbana, es decir del AA.HH. 27 de noviembre. En el botadero denominado Rumiallana, realizan también la disposición de los residuos sólidos los distritos adyacentes como son: Chaupimarca y Simón Bolívar, y la empresa minera Cerro S.A.C., cabe indicar que el botadero se encuentra sobre el desmonte minero.

Cuadro 8

Distancia al lugar de disposición final

RUTAS	KM	DISTANCIA AL BOTADERO	DISTANCIA DE REGRESO	TOTAL
RUTA 1	4.44	1.5	2.8	8.7 km
RUTA 2	5.21	1.5	2.8	9.51 km
RUTA 3	3.94	1.5	2.8	8.24 km
RUTA 4	4.95	1.5	2.8	9.25 km
RUTA 5	1.26	1.5	2.8	5.56 km
RUTA 6	3.08	1.5	2.8	7.38 km
RUTA 7	4.17	1.5	2.8	8.47 km
TOTAL				57.34m

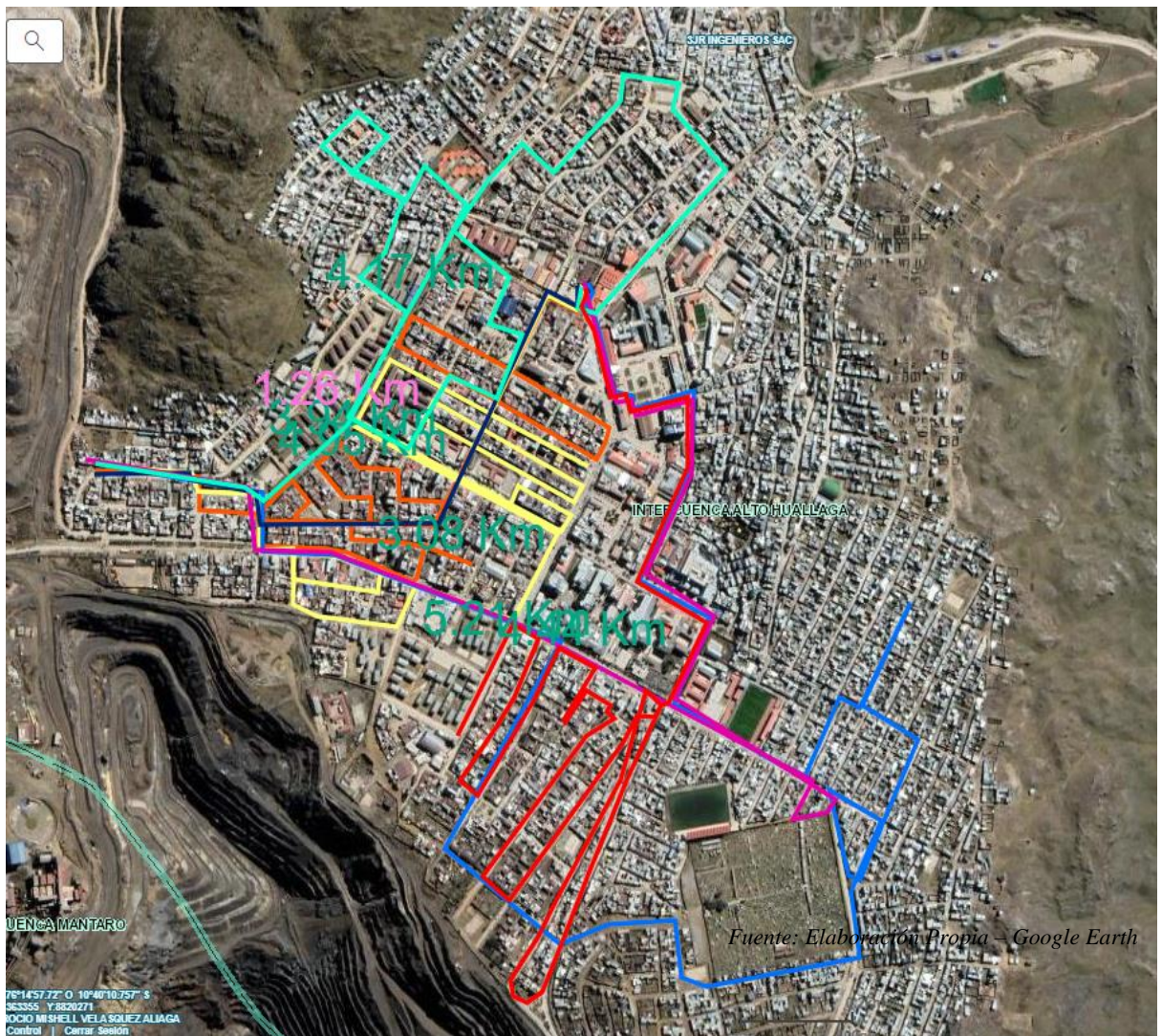
Fuente: Plan de Manejo de residuos sólidos de Yanacancha

f) **Recolección en los puntos críticos:** La recolección de los residuos en los puntos críticos se realiza al inicio de las labores diarias, es decir a la 5 de la mañana. Se recorren de acuerdo a una ruta establecida, utilizando las 02 unidades compactadoras, para luego llevarlo al botadero de Rumiallana que se encuentra a 1.5 km, y a partir de la 09 de la mañana se inicia la recolección domiciliaria.

g) **Mapeo de rutas de recolección**

Gráfico 2

Mapeo de rutas de recolección del distrito de Yanacancha



4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados.

4.2.1. Cálculos

Para realizar los cálculos del número de vehículos correspondientes, usaremos la siguiente ecuación:

Ecuación 6 - Cálculo del N° de vehículos

$$Nv = \frac{GxPx7xFr x K}{NxCxdh}$$

Fuente: Racero G. Perez (2006)

Donde:

G = Producción de residuos sólidos en Kg/hab/día.

P = población de la zona por la que circulará el vehículo por cada turno.

Fr = Factor de reserva.

K = Factor de cobertura.

N = Número de viajes por turno.

C = Capacidad del vehículo (Kg.).

dh = días hábiles.

En nuestra situación, los datos son los siguientes:

G=0.54

P= 26408

Fr= 1

K = 1

N= 1

C = 7000 KG

dh = 6

$N_v = 2 \cdot 38 = 3$ VEHÍCULOS \Rightarrow 6 RUTAS

- HORARIO DE RECOLECCIÓN

Cuadro 9

Horario de recolección

LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO
1,2	3,4	1,2	3,4	1,2	3,4
5,6	PUNTOS CRÍTICOS	5,6	PUNTOS CRÍTICOS	5,6	PUNTOS CRÍTICOS

Fuente: Elaboración Propia

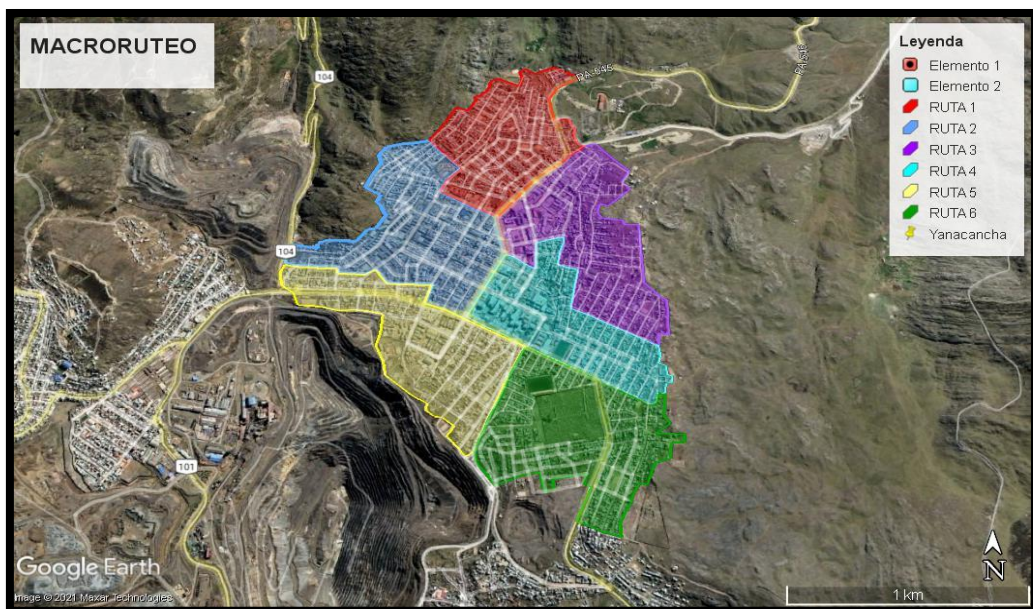
4.2.2. Construcción del Modelo

MACRORUTEO

El macro ruteo es la división en zonas similares en el tamaño para lograr la recolección más óptima, en este caso se realizó teniendo en cuenta las áreas similares y la accesibilidad de la zona.

Gráfico 3

Macroruteo del distrito de Yanacancha



Fuente: Elaboración Propia – Google Earth

- RUTA 1= 0.42 km2
- RUTA 2 = 0.44 km2
- RUTA 3 = 0.41 km2
- RUTA 4= 0.31 km2
- RUTA 5 = 0.39 km2
- RUTA 6 = 0.43 km2

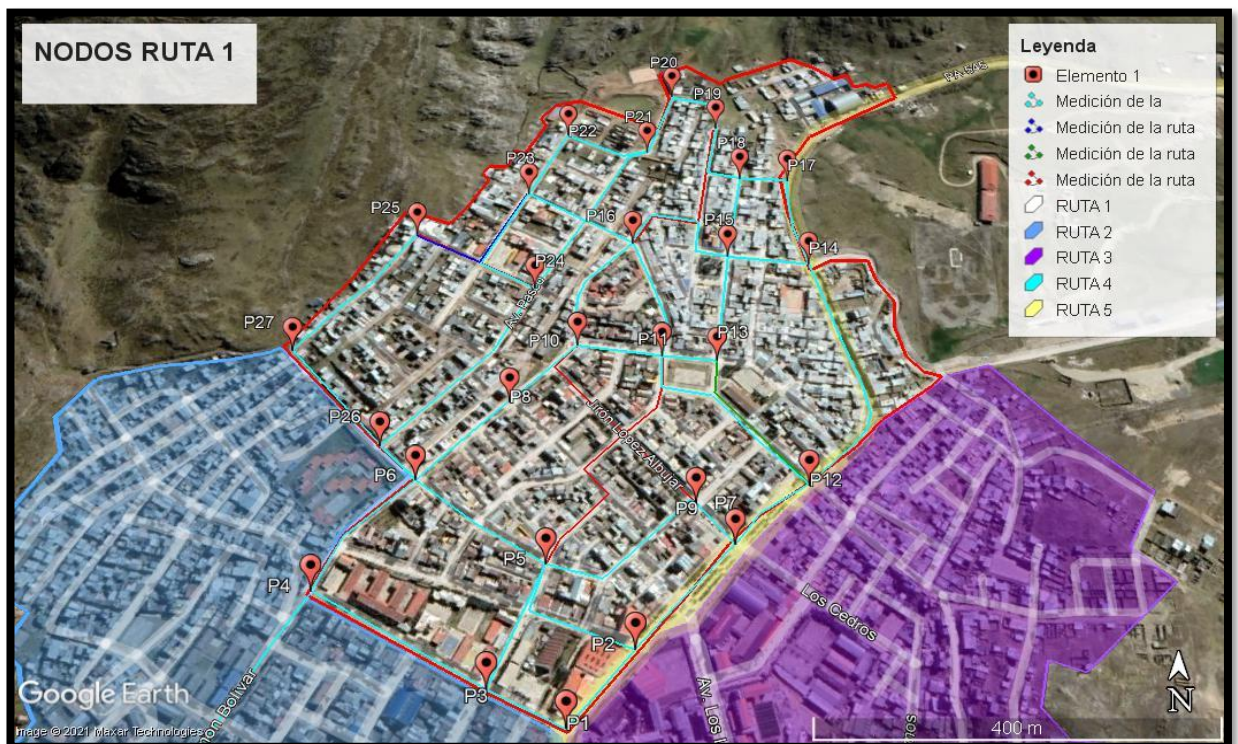
MICRORUTEO

➤ RUTA 1

- Identificación de nodos:

Gráfico 4

Microruteo Nodos Ruta 1



Fuente: Elaboración Propia – Google Earth

- Recorrido final de la ruta 1

Gráfico 5

Recorrido final de la ruta 1



Fuente: Elaboración Propia – Google Earth

La primera ruta recorrido, sale de la AV. Las Américas, luego subir y llegar a la AV. Ricardo Palma, girar y recorrer la AV. Ricardo Palma una cuadra, bajar hasta Mariátegui, ir por la AV. Los Proceres, ir por el JR. López Albuja, pasar por el JR Calos Salaverry, ir por la AV. Simón Bolívar, ir por la AV. Ricardo Palma hasta al fondo y girar hasta llegar al JR. Ucayali, pasar por la AV. Pasco, girar a la derecha ir dos cuadras y volver a girar a la derecha una cuadra, ir por AV. Pasco hasta la última casa y girar hasta llegar a Birreria Strit Strit, pasar

por el JR. Las Begonias hasta llegar a la carretera, luego girar y recorrer una cuadra hasta el JR Los Tulipanes, llegar a la iglesia de los Santos de los Últimos Días. Girar y llegar a JR Carlos Augusto Salaverry, ir y llegar hasta Mariátegui, hasta llegar a la AV. Simón Bolívar hasta llegar a la institución Educativa Emblemática “María Parado De Bellido”.

➤ **RUTA 2**

- **Identificación de nodos:**

Gráfico 6

Microruteo nodos ruta 2



Fuente: Elaboración Propia – Google Earth

- Ruta 2 final Recorrido Final

Gráfico 7

Recorrido final de la ruta 2



Fuente: Elaboración Propia – Google Earth

La segunda ruta recorrido inicia en la Aldea Infantil San Nicolás se va hasta llegar al JR. Las Gardennias por una cuadra, girar a la izquierda una cuadra y luego a la derecha hasta el final y luego a la izquierda hasta llegar hasta la AV Paseo de los Vencedores, ir hasta la AV Simón Bolívar, ir por la AV. Daniel Alcides Carrión, ir hasta Lavandería Whass Express, girar a la derecha y pasar por la AV. 6 de diciembre y JR. Ramón Castilla hasta la AV. Los Proceres, ir una cuadra a la derecha ir por la doble de San Juan ir una cuadra y girar a la derecha

y volver a la AV Los Proceres, ir por la AV. El Minero girar a la derecha dos cuadras pasar a la escuela de conductores ir de frente y girar en el parque de diversiones, AV. Paseo de los Vencedores.

➤ **RUTA 3**

- **Identificación de nodos**

Gráfico 8

Microruteo nodos ruta 3

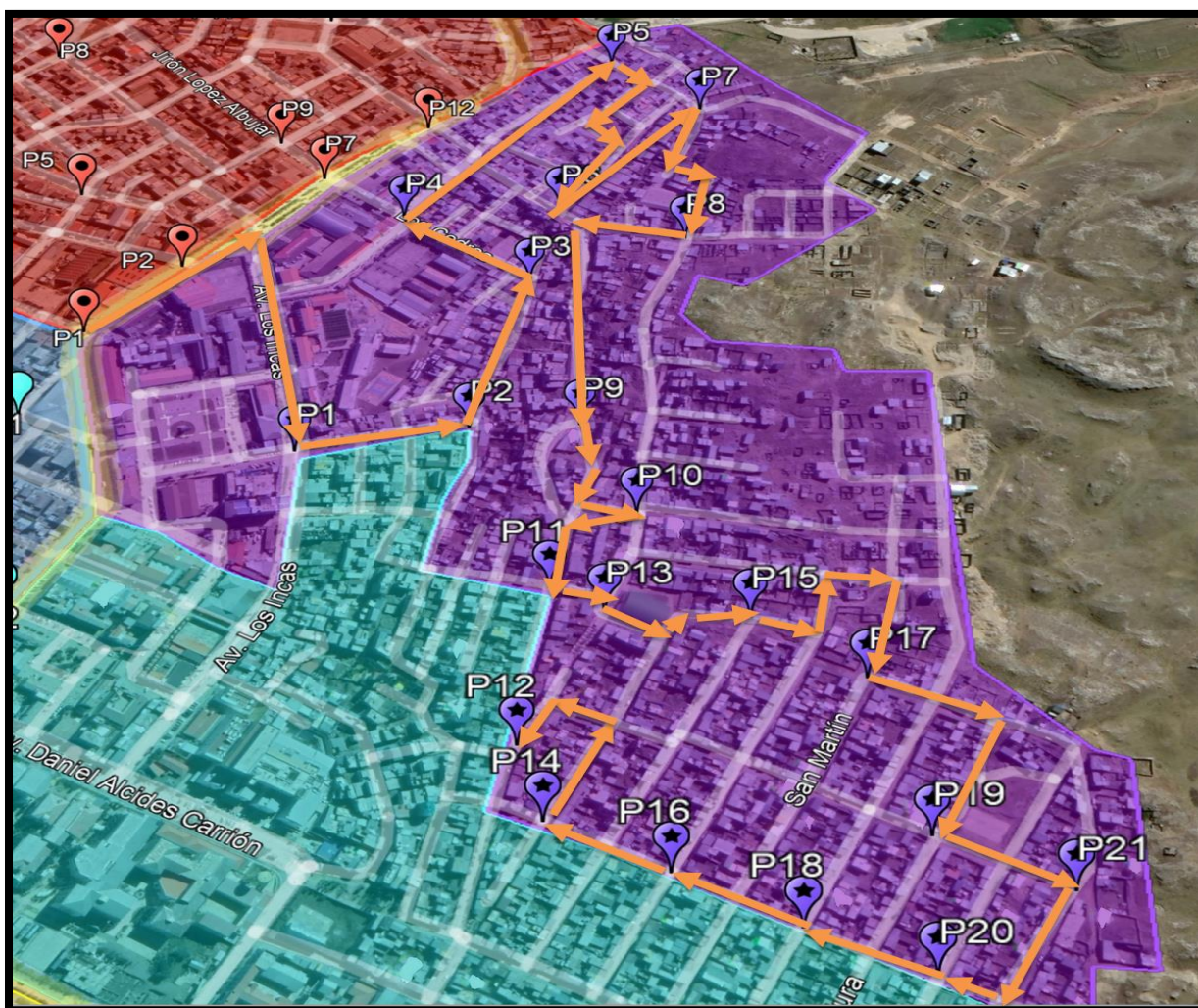


Fuente: Elaboración Propia – Google Earth

- Ruta 3 final

Gráfico 9

Recorrido final de la ruta 3



Fuente: Elaboración Propia – Google Earth

La tercera ruta recorrido se inicia por la AV los Proceres, girar por la AV Los Incas, girar a la izquierda hasta Angamos, hasta el Parque la Lectura, girar a la izquierda y pasar por 5 de octubre, girar ir de frente, hasta llegar al fin de la calle, girar a la derecha avanzar una cuadra, girar a la derecha por dos cuadras, gira a la izquierda una cuadra, girar por ir una cuadra ir de frente, llegar a San Martín, ir por Amazonas, gira ir por dos cuadras, girar dos cuadras, girar y pasar por Piura, llegar a C. Tarma, pasar Ca. Amazonas, San Martín, Loreto, Juan Orihuela Romero, ir por Juan Orihuela Romero luego girar y llegar a la AV. Perú.

➤ **RUTA 4**

- **Identificación de Nodos**

Gráfico 10

Microruteo nodos ruta 4

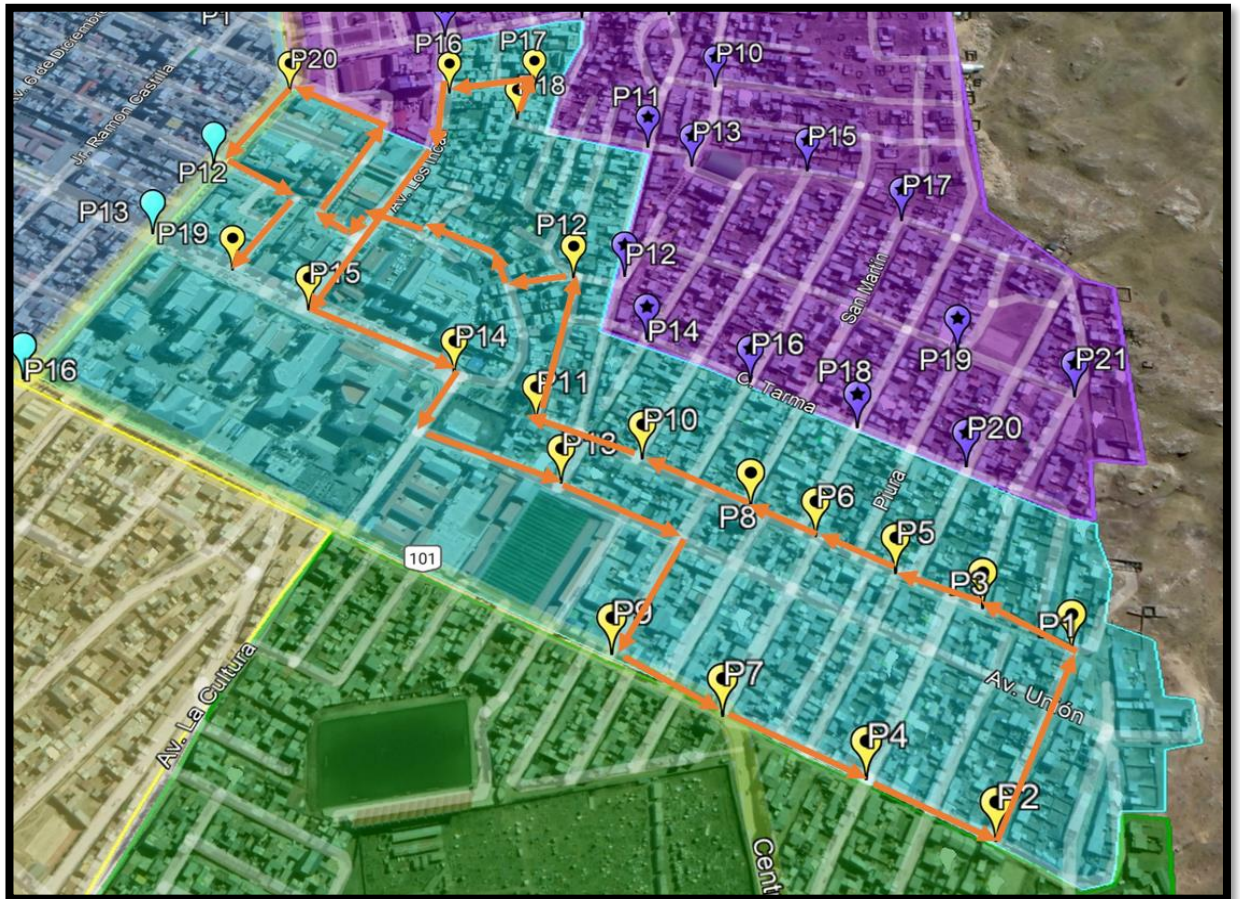


Fuente: Elaboración Propia – Google Earth

- Ruta 4 final

Gráfico 11

Recorrido final de la ruta 4



Fuente: Elaboración Propia – Google Earth

La cuarta ruta recorrido se inicia por Angamos, girar por la AV. Los Incas, hasta llegar la AV Daniel Alcides Carrión, AV. La cultura, AV. Unión, C. 27 de Julio, carretera central y pasar por C. Cerro de Paco, C. Huánuco, hasta llegar columna Pasco, girar a la izquierda hasta llegar a la AV. Daniel Alcides Carrión, pasar por la AV Perú, ir por la calle de frente gira a la derecha y luego a la izquierda hasta llegar al reloj de campana, ir de frente pasar por AV Los Incas, girar ir hasta llegar electrocentro, girar e ir por la AV Los Proceres, llegar al Parque el Comercio, ir a la AV Daniel Alcides Carrión.

➤ RUTA 5

- Identificación de Nodos

Gráfico 12

Microruteo nodos ruta 5



Fuente: Elaboración Propia – Google Earth

- Ruta 5 final

Gráfico 13

Recorrido final de la ruta 5



Fuente: Elaboración Propia – Google Earth

La quinta ruta recorrido se inicia de AV. La cultura con la Central, girar a la derecha ir de frente, girar a la izquierda hasta llegar a la Central, giro a la izquierda ir por la Calle Huancavelica, y luego girar a la derecha, de frente hasta la Librería Marialejandra, gira a la izquierda, pasar por la Calle San Juan hasta llegar a la calle central, giro a la derecha, y luego giro a la izquierda, pasar por Chaupimarca, giro a la derecha ir de frente por esa calle luego giro a la izquierda, luego a la derecha y luego a la derecha P13, luego a la derecha una cuadra antes del JR José Carlos Mariátegui, gira a la izquierda, luego giro a la derecha y a la izquierda estando en el JR José Carlos Mariátegui, girar a la izquierda hasta AV

La cultura, ir de frente por lo menos 3 cuadras, girar a la derecha, giro a la izquierda P6, a la derecha hasta la P4, a la izquierda y a la derecha, izquierda, derecha de frente hasta la AV La Cultura paradero el Muqui.

➤ **RUTA 6**

- **Identificación de Nodos**

Gráfico 14

Microruteo nodos ruta 6



Fuente: Elaboración Propia – Google Earth

- Ruta 6 final

Gráfico 15

Recorrido final de la ruta 6



Fuente: Elaboración Propia – Google Earth

La sexta ruta recorrido se inicia altura de Petro Perú Columna Pasco, ir de frente pasar por la P2, P3, a la derecha pasando P6, P8, giro a la derecha luego a la derecha hasta pasar la AV. Los Próceres P9, hasta llegar a la otra cuadra giro a la derecha, ir de frente hasta llegar ATM Interbank, giro a la derecha y luego a la derecha hasta la P5, giro a la derecha hasta la llegada de la P16 AV El Minero, girar a la derecha a la altura de la Escuela de Conductores Master DRIVER, girar

izquierda, luego a la derecha hasta llegar a la AV Paseo de los Vencedores, luego a la izquierda hasta llegar la AV. El Minero, a la derecha dos cuadras, a la izquierda dos cuadras, a la izquierda hasta la altura de la Tienda Guadalupe.

4.2.3. Interpretación de Resultados

GENERACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS POR RUTAS

La generación de residuos sólidos es importante para relacionar con la capacidad del vehículo, por lo tanto, se observa un aproximado de 2.38 tn/día en cada ruta y el vehículo tiene la capacidad de 7 ton; entonces se podría recolectar en un turno 2 rutas.

Cuadro 10

Generación de residuos por rutas

Población 2017 (inei)	Población proyectada 2021	Generación per cápita residuos (kg/hab/día)	Generación de residuos sólidos domiciliarios (ton/día)	Generación de residuos sólidos por ruta (aprox.) (ton/día)	Generación más 30%	Capacidad del vehículo compactador (ton)
25019	26408	0.54	14.26	2.38	3.09	7

Fuente: Elaboración Propia

Distancia total por rutas

La distancia total de la ruta propuesta es de 36.477 km, la distancia nos proporciona el software Win QSB, en lo cuál a partir de ello se realiza la corrección reduciendo el regreso al nodo inicial y la unión de las dos rutas, también se considera la distancia hacia el botadero Rumiallana y el regreso a su cochera en este caso dentro de la Municipalidad Provincial de Yanacancha.

Cuadro 11

Distancia total por rutas

Ruta	Distancia (m)	Corrección	Distancia total (km)	Distancia al botadero	Distancia de regreso	Distancia total
1	4081 m	4081 m	8.143 km	1.5 km	2.8 km	12.443 km
2	5197 m	4062 m				
3	4459 m	2837 m	7.411 km	1.5 km	2.8 km	11.711 km
4	3926 m	4574 m				
5	4653 m	3699 m	7.932 km	1.5 km	2.8 km	12.232 km
6	4465 m	4233 m				
TOTAL						36.477

Fuente: Elaboración Propia

Distancia recorrida en la recolección actual

La distancia actual del recorrido de recolección es de 57,11 km/día, así mismo la distancia recorrida por semana se considera por los días de recolección por semanas y de igual manera mensual y anual.

Cuadro 12

Distancia recorrida e la recolección actual

Ruta	Distancia recorrida Km/día	Distancia recorrida por semana Km/sem	Distancia recorrida por mes Km/mes	Distancia recorrida por año Km/año
1	8.70	17.4	69.6	835.2
2	9.51	19.02	76.08	912.96
3	8.24	24.72	98.88	1186.56
4	9.25	27.75	111	1332
5	5.56	16.68	66.72	800.64
6	7.38	14.76	59.04	708.48
7	8.47	25.41	101.64	1219.68
TOTAL	57.11	145.74	582.96	6995.52

Fuente: Elaboración Propia

Distancia recorrida en la recolección propuesta

La distancia recorrida propuesta es de 36.38 km/día, 109.14 km/semana, 436.56 km/mes y finalmente la distancia recorrida por año de 5238.72 km/año.

Cuadro 13

Distancia recorrida en la recolección propuesta

Ruta	Distancia recorrida Km/día	Distancia recorrida por semana Km/sem	Distancia recorrida por mes Km/mes	Distancia recorrida por año Km/año
1	12.44	37.32	149.28	1791.36
2				
3	11.71	35.13	140.52	1686.24
4				
5	12.23	36.69	146.76	1761.12
6				
TOTAL	36.38	109.14	436.56	5238.72

Fuente: Elaboración Propia

Diferenciación de recorrido actual y propuesta

Cuadro 14

Diferenciación de recorrido actual y propuesta

	Recorrido actual	Recorrido propuesto	Diferencia
Km/día	57.34	36.38	20.96
Km/mes	582.96	436.56	146.4
Km/año	6995.52	5238.72	1756.8

Fuente: Elaboración Propia

Tiempo de rutas actual

Para el tiempo de ruta actual se considera 5.5 km/hr además de considerarse un tiempo adicional del 15% en caso las nuevas rutas incluyen paradas de grande recojo de basura u otro imprevisto. Como resultado de las rutas actuales es de 11.94 horas.

Cuadro 15

Tiempo de rutas actual

RUTA	DISTANCIA RECORRIDA km	TIEMPO HRS	TIEMPO MÁS 15%	TIEMPO TOTAL
1	8.70	1.58	0.24	1.82
2	9.51	1.73	0.26	1.99
3	8.24	1.50	0.22	1.72
4	9.25	1.68	0.25	1.93
5	5.56	1.01	0.15	1.16
6	7.38	1.34	0.20	1.54
7	8.47	1.54	0.23	1.77
TOTAL	57.11	10.38	1.56	11.94

Tiempo de rutas propuestas

Para el tiempo de ruta propuesta se considera 5.5 km/hr además de considerarse un tiempo adicional del 15% en caso las nuevas rutas incluyen paradas de grande recojo de basura u otro imprevisto. Como resultado de las rutas actuales es de 7.7 horas logrando la reducción de 4.24 horas.

Cuadro 16

Tiempo de rutas propuestas

Ruta	Distancia recorrida km	Tiempo hrs	Tiempo más 15%	Tiempo total
1	12.44	2.26	0.339	2.6
2				
3	11.71	2.13	0.319	2.5
4				
5	12.23	2.22	0.333	2.6
6				
TOTAL	36.38	6.61	0.991	7.7

Fuente: Elaboración Propia

Comparación de tiempo de ruta actual y ruta propuesta

Cuadro 17

Comparación de tiempo de ruta actual y ruta propuesta

	Ruta	Distancia recorrida (km)	Tiempo Hrs		Ruta	Distancia recorrida (km)	Tiempo Hrs
R U T A A C T U A L	1	8.70	1.82		1	12.44	2.6
	2	9.51	1.99		2		
	3	8.24	1.72		3	11.71	2.5
	4	9.25	1.93		4		
	5	5.56	1.16		5	12.23	2.6
	6	7.38	1.54		6		
	7	8.47	1.77				
	TOTAL	57.11	11.94		TOTAL	36.38	7.7

Fuente: Elaboración Propia

Costo de combustible actual

Cuadro 18

Costo de combustible actual

Ruta	Gal/k m	Distancia recorrida al día	Distancia recorrida al mes	Gal/día	Gal/me s	Precio	Costo diario Precio mercado	Costo mensual precio mercado
1	0.1525	69.6	835.2	10.614	127.368	S/20.00	S/212.28	S/ 2,547.36
2	0.1525	76.08	912.96	11.6022	139.2264	S/20.00	S/232.05	S/2,784.53
3	0.1525	98.88	1186.56	15.0792	180.9504	S/20.00	S/ 301.58	S/3,619.01
4	0.1525	111	1332	16.9275	203.13	S/20.00	S/338.55	S/4,062.60
5	0.1525	66.72	800.64	10.1748	122.0976	S/20.00	S/203.50	S/2,441.95
6	0.1525	59.04	708.48	9.0036	108.0432	S/20.00	S/180.07	S/2,160.86
7	0.1525	101.64	1219.68	15.5001	186.0012	S/20.00	S/310.00	S/3,720.02
TOTAL		582.96	6995.52	88.9014	1066.816 8		S/ 1,778.03	S/ 21,336.33

Fuente: Elaboración Propia

Costo de combustible propuesto

Cuadro 19

Costo de combustible propuesto

Ruta	Gal/k m	Distancia recorrida al día	Distancia recorrida al mes	Gal/día	Gal/mes	Precio	Costo diario Precio mercado	Costo mensual precio mercado
1	0.1525	149.28	1791.36	22.7652	273.1824	S/20.00	S/455.30	S/5,463.65
2								
3	0.1525	140.52	1686.24	21.429	257.1516	S/20.00	S/428.58	S/5,743.03
4								
5	0.1525	146.76	1761.12	22.381	268.5708	S/20.00	S/447.62	S/5,371.42
6								
TOTAL		436.56	5238.72	66.5752	798.905		S/ 1,331.50	S/ 16,578.10

4.3. Prueba de hipótesis.

Al inicio de nuestra investigación nuestra hipótesis fue la siguiente:

“La optimización de rutas de recolección de residuos sólidos municipales disminuye los costos de transporte, reduciendo la distancia y tiempo de recorrido, ahorrando el costo de combustible”

Finalizada la investigación podemos mencionar que nuestra hipótesis es válida, ya que una vez realizados los cálculos y la construcción del modelo, se muestra una notable mejoría de optimización en el uso de combustible, horas, etc. Cumpliendo así la hipótesis planteada

Asimismo, se puede comprobar también que las hipótesis específicas son válidas, ya que, el diseño de optimización de rutas de recolección de residuos sólidos permitió mejorar la recolección de residuos sólidos, también se hizo una comparativa entre los precios actuales y los que se obtuvo, finalmente, se notó una mejoría en el servicio de recolección de residuos sólidos municipales, siendo esta más eficiente.

4.4. Discusión de resultados.

Después de un trabajo minucioso para hacer los cálculos y el diseño de rutas correspondiente, los resultados obtenidos del proyecto son los siguientes:

- La distancia que recorren los camiones recolectores en la ruta actual es de 6,995.52 km/año y con la ruta propuesta, se recorrería una distancia de 5,238.72 km/año, logrando una diferencia de recorrido de 1,756.8 km/año.
- El tiempo de recorrido que se tiene con la ruta actual es de 11.94 horas, con la ruta de recolección propuesta se estima un tiempo de recorrido de 7.7 horas, logrando una diferencia de 4.87 horas en el recorrido.

- El costo de combustible usado en la ruta actual es de S/ 21,246.33, con la ruta propuesta se estima un costo de combustible de S/16,578.10, logrando una diferencia de S/ 4,668.23.

CONCLUSIONES

Con la presente investigación hemos podido arribar a las siguientes conclusiones:

- ❖ Se ha realizado una revisión de los conceptos fundamentales como la gestión integral de residuos sólidos, sobre el modelo de programación matemática, la programación lineal y las metodologías de optimización de rutas para la recolección de residuo sólidos, así también se realizó la revisión de investigaciones realizadas nacional e internacional.
- ❖ Realizamos el modelo de programación lineal, así llegamos a plantear y resolver para cada ruta, este modelo nos genera rutas óptimas; minimizando distancia como función objetivo; y dado que el compactador recorre todos los sectores del distrito de Yanacancha en un día llegando alcanzar la totalidad de la recolección.
- ❖ En el momento de diseñar y analizar las rutas se obtiene un mejoramiento para el recorrido y el uso del combustible, lo que se refleja en la reducción del costo de S/4,668.23 entre la ruta actual y la ruta propuesta.
- ❖ En el diseño del modelo se ha utilizado el software Win QSB 2.0. que es una herramienta fácil de utilizar y los resultados son muy eficientes y muy rápido.
- ❖ El Modelo de Optimización del Recojo de Residuos Sólidos Municipales Distrital de Yanacancha mejoró la eficiencia del servicio de recolección de residuos sólidos pues, cubre la mayor parte de la ciudad, incluyendo puntos críticos y ahorrando tiempo y distancia.

RECOMENDACIONES

Finalizado la presente tesis me permite realizar las siguientes recomendaciones:

- ❖ En la recolección de los residuos de las 6 Rutas de los sectores; ya que se fue realizando el método de parada fija así llegando a depositar los residuos llegando a evitar que se lleguen almacenar los residuos para su capacidad total del compactador.
- ❖ Al usar este modelo en otros municipios, sería considerado el método de recolección de parada fija, ya que nos permite una mejora en el uso de los recursos.
- ❖ Así llegando a ser usadas eficientemente el espacio de los compactadores, así no llegar a superar la capacidad máxima y también a realizar su mantenimiento correspondiente de cada compactador.
- ❖ El compactador está obligado a recorrer sus 6 rutas definidas según las características del distrito de Yanacancha. El compactador de basura tiene que dejar limpias todas las 6 Rutas, teniendo en cuenta que no es necesariamente que la compactadora tiene que hacer el recorrido a todas las calles y avenidas, como se observa en las rutas pasa por la mayoría de calle y avenidas, pero no por todos, pues los calles por los que no logra pasar son recogidos por los trabajadores que se encargan de limpiarla y recorren el camino, a estos caminos son denominadas los puntos de alcance.
- ❖ Encargarse de la administración de las compactadoras para realizar el recojo de residuos sólidos al 100 %; del programa de Gestión Ambiental.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arias Gonzáles, J. L. (2020). *Técnicas e Instrumentos de investigación científica*.
Arequipa: Enfoques Consulting EIRL.
- Arias Rojas , J. S. (2010). *APLICACIÓN DE UN MODELO DE OPTIMIZACIÓN EN LA PLANEACIÓN DE RUTAS DE LOS BUSES ESCOLARES DEL COLEGIO LICEO DE CERVANTES NORTE* . Bogotá.
- Calderón, A. (27 de 10 de 2008). *La lógica de la investigación científica - Resumen*.
Obtenido de Viviendo con la Filosofía:
<http://viviendoconfilosofia.blogspot.com/2008/10/la-lgica-de-la-investigacin-cientfica.html>
- Cardenas Cabrera, C., & Cuadra Arevalo , J. (2022). *Sistemas de Información Geográfica para optimizar la Ruta de Recolección de Residuos Sólidos Municipales, Moche, 2022*. Trujillo.
- Cerna Muñoz, M., & Gastolomento Quispe, U. (2022). *Sistemas de Información Geográfica (ArcMap) para la optimizacion de rutas y recojo selectivo de Residuos Sólidos Municipales de los sectores 07 y 09 de la ciudad de Cajamarca 2022*. Cajamarca.
- Ciencias de la Computación*. (26 de Julio de 2015). Obtenido de
<http://geobastianher.blogspot.com/2015/07/algoritmos.html?m=0>
- Diaz Coba, K. A., & Salazar Sanchez , B. E. (2019). *Optimización de la Ruta de Recojo de Residuos Solidos, para minimizar los Costos de Transporte en la Municipalidad de Chepén, 2019*. Chepén.
- Hernandez Chuque , M., & Izaguirre de la Cruz , J. (2018). *Optminización de Rutas para disminuir los costos de distritución de la Empresa Hidrolight - Chimbote 2018*. Chimbote.

- Hernandez Sampieri, R. (2006). *Metodología de Investigación* .
- Hernandez Sampieri, R. (2014). *Metodología de la investigación*. México D.F.:
McGRAW-HILL.
- Hernandez Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2010).
Metodología de la Investigación 5ta Edición. Mexico D.F.: Mc Graw Hill.
- Mendoza Jimenez, C. (2019). *Plan de Minimización y Manejo de Residuos Sólidos
para una Planta Cementera en Piura*. Piura.
- Miccige, R. (s.f.). *Investigación Operativa: Modelo de Redes* .
- MINAM. (2016). *D. L. 1278 Decreto Legislativo que aprueba la Ley de Gestión
Integral de Residuos Sólidos*. Lima.
- Molina, E. (23 de Agosto de 2020). *Prezi*. Obtenido de
<https://prezi.com/yp6hfpkdf8/algoritmos-y-estructura-de-datos-unidad-1/>
- OEFA. (2014). *Fiscalización Ambiental en Residuos Sólidos de Gestión Municipal*.
Lima.
- Paredes Medina, J. A. (2015). *Optimización de Rutas en una Asociación de Recojo de
Residuos Sólidos Reciclables en el Distrito de Paucarpata*. Arequipa.
- Racero Moreno , J., & Perez Arriaga, E. (2006). *Optimización de Rutas de Recolección
de Residuos Solidos Domiciliarios*.
- Taha, H. A. (2004). *Investigación de Operaciones 9na edición* .
- Taquia Valdivia, J. (2013). *Optimización de Rutas de una Empresa de Recojo de
Residuos Sólidos en el Distrito de los Olivos*. Lima.
- Temas ambientales. (19 de Abril de 2017). *Cultura ambiental*. Obtenido de
<https://www.temasambientales.com/2017/04/cultura-ambiental.html>

UNDAC. (2019). *Líneas de investigación*. Resolución C.U. N° 0849 - 2019 - UNDAC -

C.U. Obtenido de [https://drive.google.com/file/d/13dTY-](https://drive.google.com/file/d/13dTY-Pshvz8fq6w1Mx3xCJXAwqX3nVcQ/view)

[Pshvz8fq6w1Mx3xCJXAwqX3nVcQ/view](https://drive.google.com/file/d/13dTY-Pshvz8fq6w1Mx3xCJXAwqX3nVcQ/view)

Verizon Connect. (s.f.). Obtenido de [https://www.verizonconnect.com/mx/glosario/que-](https://www.verizonconnect.com/mx/glosario/que-es-optimizacion-de-ruta/)

[es-optimizacion-de-ruta/](https://www.verizonconnect.com/mx/glosario/que-es-optimizacion-de-ruta/)

ANEXOS

Instrumentos de Recolección de Datos

➤ RUTA 1

- Medida de Distancias de Nodo a Nodo

Gráfico 16

Distancias de nodos ruta 1

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20	P21	P22	P23	P24	P25	P26	P27
P1	0	107	89	301	231	403	262	541	324	704	801	371	558	690	786	869	814	872	983	1078	967	1115	1014	723	885	461	623
P2	107	0	196	408	171	343	155	481	217	585	682	264	451	583	679	750	707	765	876	971	907	996	895	663	825	401	563
P3	89	196	0	212	142	314	351	452	412	615	712	460	647	779	874	780	903	960	1071	1166	878	1026	925	634	796	372	534
P4	301	408	212	0	354	161	563	299	624	409	500	672	563	991	704	568	1115	819	813	908	725	814	713	481	643	219	381
P5	231	171	142	354	0	172	259	310	197	414	318	368	381	617	522	579	741	799	910	1004	736	825	724	492	654	230	392
P6	403	343	314	161	172	0	498	138	369	242	339	607	402	638	543	407	762	658	652	661	564	653	552	320	482	58	220
P7	262	155	351	563	259	498	0	354	62	329	287	109	296	428	524	494	552	610	721	816	1062	740	639	818	980	556	718
P8	541	481	452	299	310	138	354	0	291	104	201	607	264	500	404	269	624	519	514	609	702	515	414	458	620	196	358
P9	324	217	412	624	197	369	62	291	0	263	226	171	223	490	364	428	614	671	782	877	933	674	573	689	851	427	589
P10	704	585	615	403	414	242	329	104	263	0	97	391	160	396	300	165	520	415	410	5051	806	411	310	342	504	300	462
P11	801	682	712	500	318	339	287	201	226	97	0	244	63	299	203	161	423	318	406	501	903	407	306	338	500	397	559
P12	371	264	460	672	368	607	109	607	171	391	244	0	187	319	415	556	443	501	612	707	1171	802	701	733	895	665	827
P13	558	451	647	563	381	402	296	264	223	160	63	187	0	237	141	224	314	256	367	462	558	470	369	401	563	460	622
P14	690	583	779	991	617	638	428	500	490	396	299	319	237	0	96	281	124	182	293	388	484	527	426	458	620	696	858
P15	786	679	874	704	522	543	524	404	364	300	203	415	141	96	0	185	173	115	226	321	417	431	330	362	524	601	763
P16	869	750	780	568	579	407	494	269	428	165	161	556	224	281	185	0	358	218	245	340	436	246	145	177	339	465	627
P17	814	707	903	1115	741	762	552	624	614	520	423	443	314	124	173	358	0	58	169	264	360	467	503	604	702	866	907
P18	872	765	960	819	799	658	610	519	671	415	318	501	256	182	115	218	58	0	111	206	302	409	363	546	562	808	767
P19	983	876	1071	813	910	652	721	514	782	410	406	612	367	293	226	245	169	111	0	95	191	298	390	435	589	697	794
P20	1078	971	1166	908	1004	661	816	609	877	5051	501	707	462	388	321	340	264	206	95	0	96	203	304	340	503	602	708
P21	967	907	878	725	736	564	1062	702	933	806	903	1171	558	484	417	436	360	302	191	96	0	107	244	244	443	506	648
P22	1115	996	1026	814	825	653	740	515	674	411	407	802	470	527	431	246	467	409	298	203	107	0	101	288	300	550	505
P23	1014	895	925	713	724	552	639	414	573	310	306	701	369	426	330	145	503	363	390	304	244	208	0	187	199	449	404
P24	723	663	634	481	492	320	818	458	689	342	338	733	401	458	362	177	604	546	435	340	244	188	187	0	162	262	367
P25	885	825	796	643	654	482	980	620	851	504	500	895	563	620	524	339	702	562	589	503	443	300	199	162	0	424	205
P26	461	401	372	219	230	58	556	196	427	300	397	665	460	696	601	465	866	808	697	602	506	550	449	262	424	0	162
P27	623	563	534	381	392	220	718	358	589	462	559	827	622	858	763	627	907	767	794	708	648	505	404	367	205	162	0

Fuente: Elaboración Propia

- Completar datos en el Software Win QSB 2.0.

Gráfico 17

Distancias de nodos de la ruta 1 en Win QSB 2.0

The screenshot shows the Win QSB 2.0 software interface. The main window is titled "Network Modeling" and displays a "NET Problem: Minimization (Travelling Salesman Problem)". Below the title bar, there is a menu bar (File, Edit, Format, Solve and Analyze, Results, Utilities, Window, WinQSB, Help) and a toolbar. The main area shows a distance matrix for 27 nodes, labeled Node1 through Node27. The matrix is identical to the one shown in Gráfico 16, with the diagonal elements being zero. The nodes are arranged in a grid, and the matrix is displayed in a standard spreadsheet format.

Gráfico 18

Solución ruta 1 con Win QSB 2.0

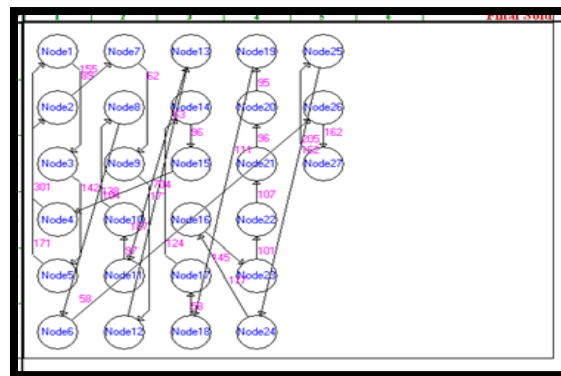
12-11-2021	From Node	Connect To	Distance/Cost		From Node	Connect To	Distance/Cost
1	Node1	Node3	89	15	Node25	Node24	162
2	Node3	Node5	142	16	Node24	Node16	177
3	Node5	Node2	171	17	Node16	Node23	145
4	Node2	Node7	155	18	Node23	Node22	101
5	Node7	Node9	62	19	Node22	Node21	107
6	Node9	Node12	171	20	Node21	Node20	96
7	Node12	Node13	187	21	Node20	Node19	95
8	Node13	Node11	63	22	Node19	Node18	111
9	Node11	Node10	97	23	Node18	Node17	58
10	Node10	Node8	104	24	Node17	Node14	124
11	Node8	Node6	138	25	Node14	Node15	96
12	Node6	Node26	58	26	Node15	Node4	704
13	Node26	Node27	162	27	Node4	Node1	301
14	Node27	Node25	205				
	Total	Minimal	Traveling	Distance	or Cost	=	4081
	(Result	from	Nearest	Neighbor	Heuristic]		

Fuente: Elaboración Propia – WIN QSB

- Ruta 1 Recorrido Final

Gráfico 19

Gráfica ruta 1



Fuente: Elaboración Propia – WIN QSB

➤ RUTA 2

- Medida de Distancias de Nodo a Nodo

Gráfico 20

Distancias de nodos ruta 2

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20
P1	0	182	366	583	732	811	680	658	703	419	377	253	344	562	582	518	757	736	880	1240
P2	182	0	184	401	550	629	498	476	521	237	276	435	526	604	390	700	799	544	688	1048
P3	366	184	0	217	366	445	314	292	337	144	417	619	710	511	297	884	706	451	595	955
P4	583	401	217	0	149	228	155	326	633	361	634	951	1042	728	514	1216	923	668	844	1204
P5	732	550	366	149	0	79	148	319	626	510	783	985	1076	877	663	1250	1072	817	837	1197
P6	811	629	445	228	79	0	69	240	547	510	783	1064	1155	877	663	1329	1072	817	758	1118
P7	680	498	314	155	148	69	0	171	478	441	714	1031	1122	808	594	1296	1003	748	689	1049
P8	658	476	292	326	319	240	171	0	307	270	543	860	951	637	423	1125	832	577	518	878
P9	703	521	337	633	626	547	478	307	0	318	591	908	999	685	471	1173	880	251	211	571
P10	419	237	144	361	510	510	441	270	318	0	273	590	681	367	153	855	562	307	451	811
P11	377	276	417	634	783	783	714	543	591	273	0	317	408	640	210	582	835	364	508	868
P12	253	435	619	951	985	1064	1031	860	908	590	317	0	91	309	526	265	504	680	824	1184
P13	344	526	710	1042	1076	1155	1122	951	999	681	408	91	0	218	435	174	413	589	733	1093
P14	562	604	511	728	877	877	808	637	685	367	640	309	218	0	217	392	195	371	515	875
P15	582	390	297	514	663	663	594	423	471	153	210	526	435	217	0	609	412	154	298	658
P16	518	700	884	1216	1250	1329	1296	1125	1173	855	582	265	174	392	609	0	199	594	738	1098
P17	757	799	706	923	1072	1072	1003	832	880	562	835	504	413	195	412	199	0	395	539	899
P18	736	544	451	668	817	817	748	577	251	307	364	680	589	371	154	594	395	0	144	504
P19	880	688	595	844	837	758	689	518	211	451	508	824	733	515	298	738	539	144	0	360
P20	1240	1048	955	1204	1197	1118	1049	878	571	811	868	1184	1093	875	658	1098	899	504	360	0

Fuente: Elaboración Propia

- Completar datos en el Software Win QSB 2.0.

Gráfico 21

Distancias de nodos de la ruta 2 en Win QSB 2.0

The screenshot shows the Win QSB 2.0 interface with a window titled "NET Problem: Minimization (Traveling Salesman Problem)". The main area displays a distance matrix for 20 nodes, labeled Node1 through Node20. The matrix is identical to the one provided in Gráfico 20. The software interface includes a menu bar (File, Edit, Format, Solve and Analyze, Results, Utilities, Window, WinQSB, Help), a toolbar, and a taskbar at the bottom with the Windows Start button and several open applications.

Solucionar el problema con la opción “Noarest Neighbor Heuristic”

Gráfico 22

Solución ruta 2 con Win QSB 2.0

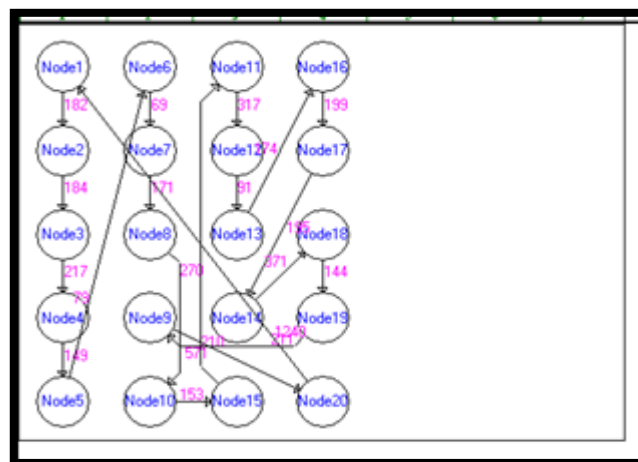
12-13-2021	From Node	Connect To	Distance/Cost		From Node	Connect To	Distance/Cost
1	Node1	Node2	182	11	Node11	Node12	317
2	Node2	Node3	184	12	Node12	Node13	91
3	Node3	Node4	217	13	Node13	Node16	174
4	Node4	Node5	149	14	Node16	Node17	199
5	Node5	Node6	79	15	Node17	Node14	195
6	Node6	Node7	69	16	Node14	Node18	371
7	Node7	Node8	171	17	Node18	Node19	144
8	Node8	Node10	270	18	Node19	Node9	211
9	Node10	Node15	153	19	Node9	Node20	571
10	Node15	Node11	210	20	Node20	Node1	1240
	Total	Minimal	Traveling	Distance	or Cost	=	5197
	[Result	from	Nearest	Neighbor	Heuristic]		

Fuente: Elaboración Propia – WIN QSB

- **Recorrido final Ruta 2**

Gráfico 23

Grafica Ruta 02



➤ RUTA 3

- Medidas de Distancia de Nodo a Nodo

Gráfico 24

Distancia de nodos ruta 3

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20	P21
P1	0	130.8	302	436.5	705	957.7	805.6	993	1306.5	1441	1478.4	1631.6	1518	1723.5	1997.7	1822	2085	1919	2079.5	2011	2169.5
P2	130.8	0	173	300.6	568.8	824	675	854.6	1164	1305	1344	1491	1383	1580.6	1857.7	1679.6	1943.5	1778	1935	1870.4	2024
P3	302	173	0	130.5	402	656.5	505	688.8	1003	1137	1182	1334	1220.7	1423.5	1701.8	1521.5	1783.5	1620	1722	1712	1870.7
P4	436.5	300.6	130.5	0	270	528	377.8	558.8	866	1005.5	1045.5	1199	1083	1290.5	1566	1386	1654	1485	1646.3	1576.7	1733.5
P5	705	568.8	402	270	0	254.6	105.5	289	601	735	775.5	929.6	814	1016	1293	1110.4	1376	1208.5	1368.8	1303	1462
P6	957.7	824	656.5	528	254.6	0	208.6	391	701.3	836	876.8	1027.6	914.7	1115.7	1392.7	1211.8	1474	1309	1466.6	1405	1557.8
P7	805.6	675	505	377.8	105.5	208.6	0	177	495.5	630.8	668	822.6	707.5	913	1188	1007	1275	1106	1267	1200	1355
P8	993	854.6	688.8	558.8	289	391	177	0	309.5	445	480.5	635.5	519.6	722	996	817	1078	916.3	1072	1009.5	1162
P9	1306.5	1164	1003	866	601	701.3	495.5	309.5	0	132	169	321.8	207.8	407	683.8	506.6	773	605.8	761	699	852.8
P10	1441	1305	1137	1005.5	735	836	630.8	445	132	0	122	278	100	330	611	424.7	688	522.7	678	618	775
P11	1478.4	1344	1182	1045.5	775.5	876.8	668	480.5	169	122	0	152	40	236.8	509.6	333.7	600	430.7	586.7	524.5	683
P12	1631.6	1491	1334	1199	929.6	1027.6	822.6	635.5	321.8	278	152	0	137.4	83.7	361	180.7	444.7	282	437	374	527
P13	1518	1383	1220.7	1083	814	917.7	707.5	519.6	207.8	100	40	137.4	0	226.5	495	322	587.5	420	580	513.8	671.5
P14	1723.5	1580.6	1423.5	1290.5	1016	1115.7	913	722	407	330	236.8	83.7	226.5	0	260	94.8	363.7	194	352.6	287.5	443
P15	1997.7	1857.7	1701.8	1566	1293	1392.7	1188	996	683.8	611	509.6	361	495	260	0	275.4	112	380.5	318	472	418.7
P16	1822	1679.6	1521.5	1386	1110.4	1211.8	1007	817	506.6	424.7	333.7	180.7	322	94.8	275.4	0	266.5	95	256	190	345.5
P17	2085	1943.5	1783.5	1654	1376	1474	1275	1078	773	688	600	444.7	587.5	363.7	112	266.5	0	262.4	206	356	303
P18	1919	1778	1620	1485	1208.8	1309	1106	916.3	605.8	522.7	430.7	282	420	194	380.5	95	262.4	0	157.7	93	249
P19	2079.5	1935	1722	1646.3	1368.8	1466.6	1267	1072	761	678	586.7	437	580	352.6	318	256	206	157.7	0	151	94
P20	2011	1870.4	1712	1576.7	1303	1405	1200	1009.5	699	618	524.5	374	513.8	287.5	472	190	356	93	151	0	155
P21	2169.5	2024	1870.7	1733.5	1462	1557.8	1355	1162	852.8	775	683	527	671.5	443	418.7	345.5	303	249	94	155	0

Fuente: Elaboración Propia

- Completar datos en el Software Win QSB 2.0.

Gráfico 25

Distancias de nodos de la ruta 3 en Win QSB 2.0

The screenshot shows the Win QSB 2.0 software interface. The main window displays a 'NET Problem: Minimization (Traveling Salesman Problem)' with a distance matrix for 21 nodes. The matrix is symmetric, with the diagonal elements being zero. The nodes are labeled Node1 through Node21. The software interface includes a menu bar (File, Edit, Format, Solve and Analyze, Results, Utilities, Window, WinQSB, Help) and a toolbar with various icons for file operations and solving the problem. The Windows taskbar at the bottom shows the Start button, taskbar, and system tray with the time 08:32 a.m. and date 20/12/2021.

From \	Node1	Node2	Node3	Node4	Node5	Node6	Node7	Node8	Node9	Node10	Node11	Node12	Node13	Node14	Node15	Node16	Node17	Node18	Node19	Node20	Node21
Node1	0	131	302	437	705	958	806	993	1307	1441	1478	1632	1518	1724	1998	1822	2085	1919	2080	2011	2170
Node2	131	0	173	301	569	824	675	855	1164	1305	1344	1491	1383	1581	1858	1680	1944	1778	1935	1870	2024
Node3	302	173	0	131	402	657	505	689	1003	1137	1182	1334	1221	1424	1702	1522	1784	1620	1722	1712	1871
Node4	437	301	131	0	270	528	378	559	866	1006	1046	1199	1083	1291	1566	1386	1654	1485	1646	1577	1734
Node5	705	569	402	270	0	100	106	289	601	735	776	930	814	1016	1293	1110	1376	1209	1369	1303	1462
Node6	958	824	657	528	100	0	209	391	701	836	877	1028	915	1116	1393	1212	1474	1309	1467	1405	1558
Node7	806	675	505	378	106	209	0	177	496	631	668	823	708	913	1188	1007	1275	1106	1267	1200	1355
Node8	993	855	689	559	289	391	177	0	310	445	481	636	520	722	996	817	1078	916	1072	1010	1162
Node9	1307	1164	1003	866	601	701	496	310	0	132	169	322	208	407	684	507	773	606	761	699	853
Node10	1441	1305	1137	1006	735	836	631	445	132	0	100	278	122	330	611	425	688	523	678	618	775
Node11	1478	1344	1182	1046	776	877	668	481	169	100	0	152	40	237	510	334	600	431	587	525	683
Node12	1632	1491	1334	1199	930	1028	823	636	322	278	152	0	137	84	361	181	445	282	437	374	527
Node13	1518	1383	1221	1083	814	918	708	520	208	122	40	137	0	227	120	322	588	420	580	514	672
Node14	1724	1581	1424	1291	1016	1116	913	722	407	330	237	84	120	0	260	95	364	194	353	288	443
Node15	1998	1858	1702	1566	1293	1393	1188	996	684	611	510	361	495	260	0	275	112	381	318	472	419
Node16	1822	1680	1522	1386	1110	1212	1007	817	507	425	334	181	322	95	275	0	267	95	256	190	346
Node17	2085	1944	1784	1654	1376	1474	1275	1078	773	688	600	445	588	364	112	267	0	262	206	356	303
Node18	1919	1778	1620	1485	1209	1309	1106	916	606	523	431	282	420	194	381	95	262	0	158	93	249
Node19	2080	1935	1722	1646	1369	1467	1267	1072	761	678	587	437	580	353	318	256	206	158	0	151	94
Node20	2011	1870	1712	1577	1303	1405	1200	1010	699	618	525	374	514	288	472	190	356	93	151	0	155
Node21	2170	2024	1871	1734	1462	1558	1355	1162	853	775	683	527	672	443	419	346	303	249	94	155	0

Fuente: Elaboración Propia – WIN QSB

- Solucionar el problema con la opción “Noarest Neighbor Heuristic”

Gráfico 26

Solución ruta 3 con Win QSB 2.0

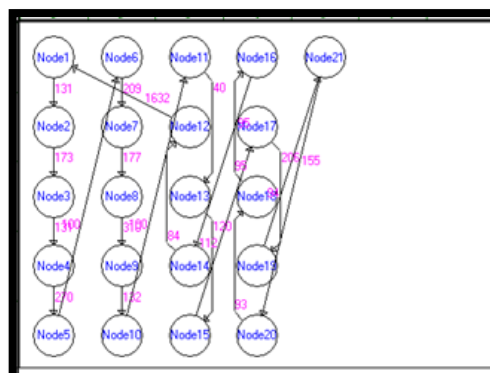
12-20-2021	From Node	Connect To	Distance/Cost		From Node	Connect To	Distance/Cost
1	Node1	Node2	131	12	Node13	Node15	120
2	Node2	Node3	173	13	Node15	Node17	112
3	Node3	Node4	131	14	Node17	Node19	206
4	Node4	Node5	270	15	Node19	Node21	94
5	Node5	Node6	100	16	Node21	Node20	155
6	Node6	Node7	209	17	Node20	Node18	93
7	Node7	Node8	177	18	Node18	Node16	95
8	Node8	Node9	310	19	Node16	Node14	95
9	Node9	Node10	132	20	Node14	Node12	84
10	Node10	Node11	100	21	Node12	Node1	1632
11	Node11	Node13	40				
	Total	Minimal	Traveling	Distance	or Cost	=	4459
	[Result	from	Nearest	Neighbor	Heuristic]		

Fuente: Elaboración Propia – WIN QSB

- Recorrido final Ruta 3

Gráfico 27

Gráfica ruta 3



Fuente: Elaboración Propia – WIN QSB

➤ RUTA 4

- Medidas de Distancia de Nodo a Nodo

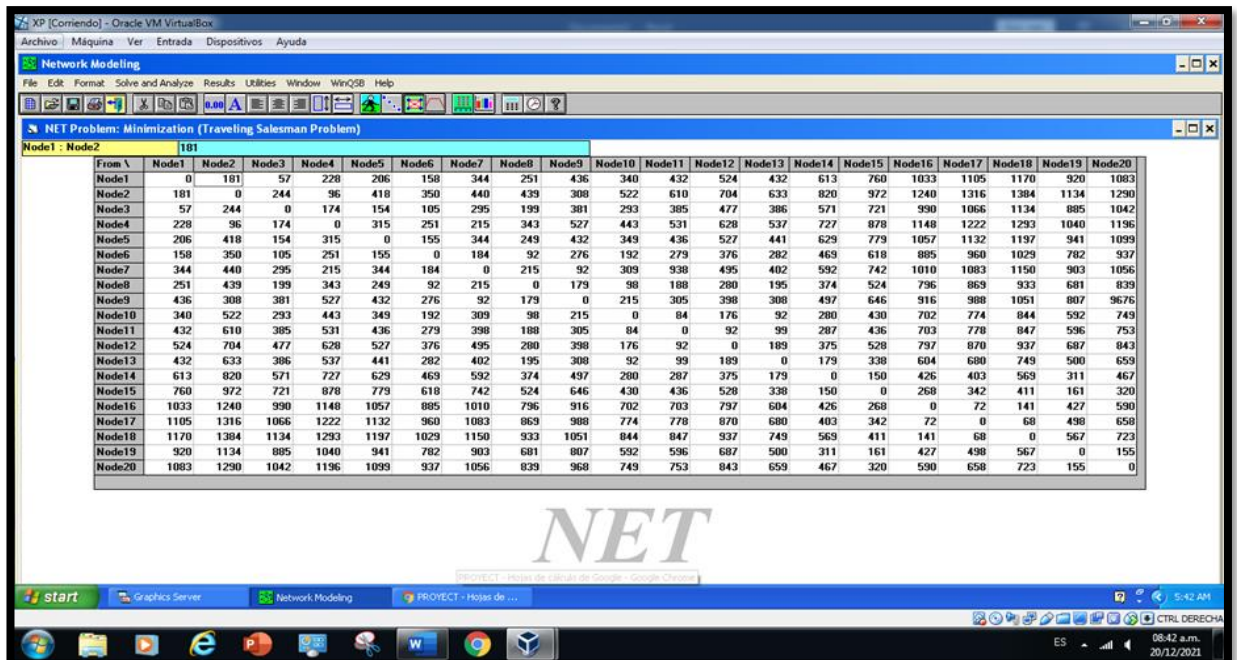
Gráfico 28

Distancia de nodos ruta 4

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20
P1	0	180.7	56.6	228	205.7	157.8	343.8	251.4	436	340.3	432	523.6	432	612.5	759.7	1033	1104.7	1170	920	1082.5
P2	180.7	0	243.5	96	417.5	349.7	214.5	439	308	522.4	610	704	632.7	820	971.7	1240	1316	1383.5	1134	1290
P3	56.6	243.5	0	174.2	153.9	105	294.6	198.5	381	292.7	385	476.8	385.7	571	720.9	990	1066	1134	885	1042
P4	228	96	174.2	0	314.8	251	439.6	343	527	442.8	531	627.5	537.4	726.5	877.5	1147.5	1222	1293	1040	1196
P5	205.7	417.5	153.5	314.8	0	154.9	343.6	249.4	432	348.6	436	527	440.5	628.6	779	1057	1131.5	1197	940.7	1098.6
P6	157.8	349.5	105	251	154.9	0	183.9	91.5	276	192	278.7	376	282	469	617.6	885	959.6	1029	782	937
P7	343.8	214.5	294.6	439.6	343.6	183.9	0	214.8	92	308.5	938	495	401.6	592	741.5	1010	1083	1150	903	1056
P8	251.4	439	198.5	343	249.4	91.5	214.8	0	178.5	98	188	280	194.6	373.8	524	795.5	869	933	681	839
P9	436	308	381	527	432	276	92	178.5	0	215	304.6	398	308	496.7	645.7	915.6	988	1051	806.5	9676
P10	340.3	522.4	292.7	442.8	348.6	192	308.5	98	215	0	84	176	91.5	280	430	701.6	774	844.4	591.5	749
P11	432	610	385	531	436	278.7	398	188	304.6	84	0	91.5	99	286.7	435.7	703	777.7	847	595.8	752.8
P12	523.6	704	476.8	627.5	527	376	495	280	398	176	91.5	0	188.9	375	528	796.5	870	937.4	686.5	843
P13	432	632.7	385.7	537.4	440.5	282	401.6	194.6	308	91.5	99	188.9	0	178.9	337.8	603.8	680	748.6	500	658.5
P14	612.5	820	571	726.5	628.6	469	592	373.8	496.7	280	286.7	375	178.9	0	149.5	426	403	569.3	311	466.5
P15	759.7	971.7	720.9	877.5	779	617.6	741.5	524	645.7	430	435.7	528	337.8	149.5	0	268	342	411.4	160.5	320
P16	1033	1240	990	1147.5	1057	885	1010	795.5	915.6	701.6	703	796.5	603.8	426	268	0	71.6	141	427	589.5
P17	1104.7	1316	1066	1222	1131.5	959.6	1083	869	988	774	777.7	870	680	403	342	71.6	0	68	498	658
P18	1170	1383.5	1134	1293	1197	1029	1150	933	1051	844.4	847	937.4	748.6	569.3	411.4	141	68	0	567	722.6
P19	920	1134	885	1040	940.7	782	903	681	806.5	591.5	595.8	686.5	500	311	160.5	427	498	567	0	155
P20	1082.5	1290	1042	1196	1098.6	937	1056	839	967.6	749	752.8	843	658.5	466.5	320	589.5	658	722.6	155	0

Fuente: Elaboración Propia

- Completar datos en el Software Win QSB 2.0.



Fuente: Elaboración Propia – WIN QSB

Gráfico 29

Distancias de nodos de la ruta 4 en Win QSB 2.0

- Solucionar el problema con la opción “Noarest Neighbor Heuristic”

Gráfico 30

Solución ruta 4 con Win QSB 2.0

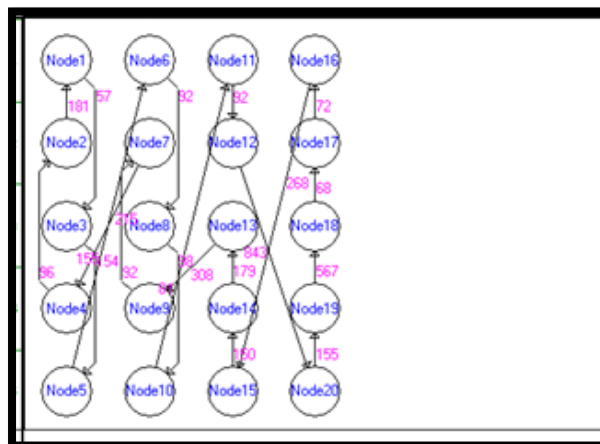
12-20-2021	From Node	Connect To	Distance/Cost		From Node	Connect To	Distance/Cost
1	Node10	Node11	84	11	Node13	Node9	308
2	Node11	Node12	92	12	Node9	Node7	92
3	Node12	Node20	843	13	Node7	Node4	215
4	Node20	Node19	155	14	Node4	Node2	96
5	Node19	Node18	567	15	Node2	Node1	181
6	Node18	Node17	68	16	Node1	Node3	57
7	Node17	Node16	72	17	Node3	Node5	154
8	Node16	Node15	268	18	Node5	Node6	155
9	Node15	Node14	150	19	Node6	Node8	92
10	Node14	Node13	179	20	Node8	Node10	98
	Total	Minimal	Traveling	Distance	or Cost	=	3926
	[Result	from	Two-way	Exchange	Improvement	Heuristic]	

Fuente: Elaboración Propia – WIN QSB

- Recorrido final Ruta 4

Gráfico 31

Gráfica ruta 4



Fuente: Elaboración Propia – WIN QSB

➤ RUTA 5

- Medidas de Distancia de Nodo a Nodo

Gráfico 32

Distancia de nodos ruta 5

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20
P1	0	186	155	681	563	787	959	760	1074	873	1079	928	1125	217	406	660	785	892	645	835
P2	186	0	178	704	586	810	982	783	1097	896	1102	951	1148	182	371	625	750	857	610	800
P3	155	178	0	526	408	632	804	605	919	718	924	773	970	360	549	803	928	1035	788	978
P4	681	704	526	0	175	106	278	372	393	485	691	540	737	886	1075	1329	1454	890	1600	999
P5	563	586	408	175	0	281	453	197	568	310	516	365	562	768	957	1211	1336	715	1482	824
P6	787	810	632	106	281	0	172	254	287	367	573	422	619	992	1192	940	819	772	965	881
P7	959	982	804	278	453	172	0	146	115	259	465	314	511	1164	1084	832	711	664	857	773
P8	760	783	605	372	197	254	146	0	257	113	319	168	365	965	938	686	565	518	711	627
P9	1074	1097	919	393	568	287	115	257	0	370	576	425	622	1350	1195	943	822	775	968	884
P10	873	896	718	485	310	367	259	113	370	0	432	55	252	980	1051	799	678	405	824	514
P11	1079	1102	924	691	516	573	465	319	576	432	0	273	393	1121	619	367	246	546	392	655
P12	928	951	773	540	365	422	314	168	425	55	273	0	197	925	892	640	519	350	665	459
P13	1125	1148	970	737	562	619	511	365	622	252	393	197	0	728	595	760	229	153	375	262
P14	217	182	360	886	768	992	1164	965	1350	980	1121	925	728	0	189	225	350	457	428	618
P15	406	371	549	1075	957	1192	1084	938	1195	1051	619	892	595	189	0	254	379	486	525	715
P16	660	625	803	1329	1211	940	832	686	943	799	367	640	760	225	254	0	125	232	271	461
P17	785	750	928	1454	1336	819	711	565	822	678	246	519	229	350	379	125	0	107	146	336
P18	892	857	1035	890	715	772	664	518	775	405	546	350	153	457	486	232	107	0	253	109
P19	645	610	788	1600	1482	965	857	711	968	824	392	665	375	428	525	271	146	253	0	190
P20	835	800	978	999	824	881	773	627	884	514	655	459	262	618	715	461	336	109	190	0

Fuente: Elaboración Propia

- Completar datos en el Software Win QSB 2.0.

Gráfico 33

Distancias de nodos de la ruta 5 en Win QSB 2.0

The screenshot shows the Win QSB 2.0 software interface. The main window is titled "NET Problem: Minimization (Traveling Salesman Problem)". It displays a distance matrix for 20 nodes, labeled Node1 through Node20. The matrix is identical to the one shown in Gráfico 32. The software interface includes a menu bar (File, Edit, Format, Solve and Analyze, Results, Utilities, Window, WinQSB, Help) and a toolbar with various icons. The Windows taskbar at the bottom shows the Start button, several open applications (Graphics Server, Network Modeling, PROTECT - Hojas de...), and the system tray with the date and time (08:45 a.m., 20/12/2021).

- Solucionar el problema con la opción “Noarest Neighbor Heuristic”

Gráfico 34

Solución ruta 5 con Win QSB 2.0

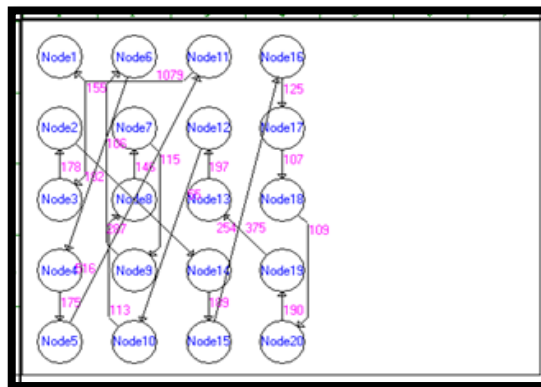
12-20-2021	From Node	Connect To	Distance/Cost		From Node	Connect To	Distance/Cost
1	Node1	Node3	155	11	Node13	Node12	197
2	Node3	Node2	178	12	Node12	Node10	55
3	Node2	Node14	182	13	Node10	Node8	113
4	Node14	Node15	189	14	Node8	Node7	146
5	Node15	Node16	254	15	Node7	Node9	115
6	Node16	Node17	125	16	Node9	Node6	287
7	Node17	Node18	107	17	Node6	Node4	106
8	Node18	Node20	109	18	Node4	Node5	175
9	Node20	Node19	190	19	Node5	Node11	516
10	Node19	Node13	375	20	Node11	Node1	1079
	Total	Minimal	Traveling	Distance	or Cost	=	4653
	(Result	from	Nearest	Neighbor	Heuristic)		

- Recorrido final Ruta 5

Fuente: Elaboración Propia – WIN QSB

Gráfico 35

Gráfica ruta 5



Fuente: Elaboración Propia WIN QSB

➤ RUTA 6

- Medidas de Distancia de Nodo a Nodo

Gráfico 36

Distancia de nodos ruta 6

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20
P1	0	266	377	262	391	522	357	641	666	544	780	928	963	1005	1033	1119	1160	1255	1314	1422
P2	266	0	111	342	159	283	437	402	621	743	979	1127	1162	1204	1232	1318	1359	1454	1513	1621
P3	377	111	0	448	269	145	543	264	483	605	841	989	1024	1066	1094	1180	1221	1316	1375	1483
P4	262	342	448	0	179	303	95	422	404	282	518	666	701	743	771	857	898	993	1052	1160
P5	391	159	269	179	0	124	274	243	462	584	820	968	1003	1045	1073	1159	1200	1295	1354	1462
P6	522	283	145	303	124	0	398	119	338	460	696	844	879	921	949	1035	1076	1171	1230	1338
P7	357	437	543	95	274	398	0	320	309	187	423	571	606	648	676	762	803	898	957	1065
P8	641	402	264	422	243	119	320	0	219	341	577	725	760	802	830	916	957	1052	1111	1219
P9	666	621	483	404	462	338	309	219	0	122	358	506	541	583	611	697	738	833	892	1000
P10	544	743	605	282	584	460	187	341	122	0	236	384	419	461	489	575	616	711	770	878
P11	780	979	841	518	820	696	423	577	358	236	0	148	183	225	253	339	380	475	534	642
P12	928	1127	989	666	968	844	571	725	506	384	148	0	149	77	219	191	346	327	386	494
P13	963	1162	1024	701	1003	879	606	760	541	419	183	149	0	226	70	340	197	476	535	643
P14	1005	1204	1066	743	1045	921	648	802	583	461	225	77	226	0	151	114	278	250	309	417
P15	1033	1232	1094	771	1073	949	676	830	611	489	253	219	70	151	0	265	127	401	460	568
P16	1119	1318	1180	857	1159	1035	762	916	697	575	339	191	340	114	265	0	392	136	195	303
P17	1160	1359	1221	898	1200	1076	803	957	738	616	380	346	197	278	127	392	0	357	298	406
P18	1255	1454	1316	993	1295	1171	898	1052	833	711	475	327	476	250	401	136	357	0	59	167
P19	1314	1513	1375	1052	1354	1230	957	1111	892	770	534	386	535	309	460	195	298	59	0	108
P20	1422	1621	1483	1160	1462	1338	1065	1219	1000	878	642	494	643	417	568	303	406	167	108	0

Fuente: Elaboración Propia

- Completar datos en el Software Win QSB 2.0.

Gráfico 37

Distancias de nodos de la ruta 6 en Win QSB 2.0

The screenshot shows the Win QSB 2.0 interface with a network model titled "NET Problem: Minimization (Traveling Salesman Problem)". The main window displays a distance matrix for 20 nodes, labeled Node1 through Node20. The matrix is symmetric, with the diagonal elements all being 0. The data in the matrix matches the data provided in Gráfico 36.

From \ To	Node1	Node2	Node3	Node4	Node5	Node6	Node7	Node8	Node9	Node10	Node11	Node12	Node13	Node14	Node15	Node16	Node17	Node18	Node19	Node20
Node1	0	266	377	262	391	522	357	641	666	544	780	928	963	1005	1033	1119	1160	1255	1314	1422
Node2	266	0	111	342	159	283	437	402	621	743	979	1127	1162	1204	1232	1318	1359	1454	1513	1621
Node3	377	111	0	448	269	145	543	264	483	605	841	989	1024	1066	1094	1180	1221	1316	1375	1483
Node4	262	342	448	0	179	303	95	422	404	282	518	666	701	743	771	857	898	993	1052	1160
Node5	391	159	269	179	0	124	274	243	462	584	820	968	1003	1045	1073	1159	1200	1295	1354	1462
Node6	522	283	145	303	124	0	398	119	338	460	696	844	879	921	949	1035	1076	1171	1230	1338
Node7	357	437	543	95	274	398	0	320	309	187	423	571	606	648	676	762	803	898	957	1065
Node8	641	402	264	422	243	119	320	0	219	341	577	725	760	802	830	916	957	1052	1111	1219
Node9	666	621	483	404	462	338	309	219	0	122	358	506	541	583	611	697	738	833	892	1000
Node10	544	743	605	282	584	460	187	341	122	0	236	384	419	461	489	575	616	711	770	878
Node11	780	979	841	518	820	696	423	577	358	236	0	148	183	225	253	339	380	475	534	642
Node12	928	1127	989	666	968	844	571	725	506	384	148	0	149	77	219	191	346	327	386	494
Node13	963	1162	1024	701	1003	879	606	760	541	419	183	149	0	226	70	340	197	476	535	643
Node14	1005	1204	1066	743	1045	921	648	802	583	461	225	77	226	0	151	114	278	250	309	417
Node15	1033	1232	1094	771	1073	949	676	830	611	489	253	219	70	151	0	265	127	401	460	568
Node16	1119	1318	1180	857	1159	1035	762	916	697	575	339	191	340	114	265	0	392	136	195	303
Node17	1160	1359	1221	898	1200	1076	803	957	738	616	380	346	197	278	127	392	0	357	298	406
Node18	1255	1454	1316	993	1295	1171	898	1052	833	711	475	327	476	250	401	136	357	0	59	167
Node19	1314	1513	1375	1052	1354	1230	957	1111	892	770	534	386	535	309	460	195	298	59	0	108
Node20	1422	1621	1483	1160	1462	1338	1065	1219	1000	878	642	494	643	417	568	303	406	167	108	0

Fuente: Elaboración Propia – WIN QSB

- Solucionar el problema con la opción “Noarest Neighbor Heuristic

Gráfico 38

Solución ruta 6 con Win QSB 2.0

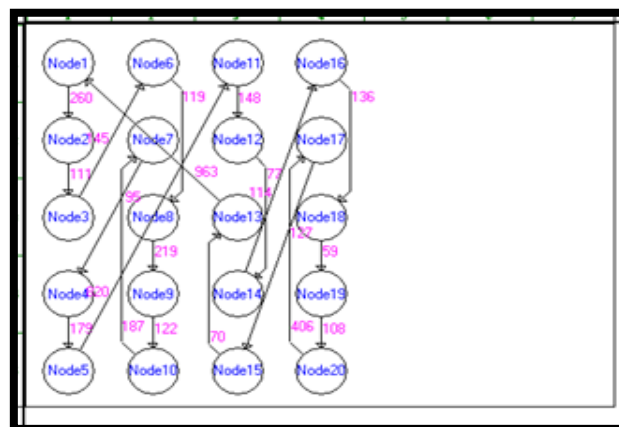
12-20-2021	From Node	Connect To	Distance/Cost		From Node	Connect To	Distance/Cost
1	Node1	Node2	260	11	Node11	Node12	148
2	Node2	Node3	111	12	Node12	Node14	77
3	Node3	Node6	145	13	Node14	Node16	114
4	Node6	Node8	119	14	Node16	Node18	136
5	Node8	Node9	219	15	Node18	Node19	59
6	Node9	Node10	122	16	Node19	Node20	108
7	Node10	Node7	187	17	Node20	Node17	406
8	Node7	Node4	95	18	Node17	Node15	127
9	Node4	Node5	179	19	Node15	Node13	70
10	Node5	Node11	820	20	Node13	Node1	963
	Total	Minimal	Traveling	Distance	or Cost	=	4465
	[Result	from	Nearest	Neighbor	Heuristic]		

Fuente: Elaboración Propia – WIN QSB

- Recorrido final Ruta 6

Gráfico 39

Gráfica ruta 6



Fuente: Elaboración Propia – WIN OSB

Matriz de consistencia

TITULO		
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS
<p>General: ¿En qué medida, la optimización de rutas de recolección de residuos sólidos municipales disminuirá los costos de transporte de la Municipalidad Distrital de Yanacancha?</p>	<p>General: Determinar los costos reducidos en el servicio de recolección de residuos sólidos municipales del distrito de Yanacancha</p>	<p>General: La optimización de rutas de recolección de residuos sólidos municipales disminuye los costos de transporte, reduciendo la distancia y tiempo de recorrido, ahorrando el costo de combustible.</p>
<p>Específicos:</p> <p>a) ¿De qué manera se puede optimizar la ruta de recolección de residuos sólidos municipales haciendo uso del software WinQSB?</p> <p>b) ¿Cuál es la diferencia entre los costos de transporte de la ruta de recolección actual y la ruta de recolección optimizada?</p> <p>c) ¿Cuáles son las mejoras en el servicio de recolección de residuos sólidos municipales en comparación de la ruta existente en el distrito de Yanacancha?</p>	<p>Específicos:</p> <p>a) Diseñar un esquema optimizado de rutas de recolección de residuos sólidos municipales haciendo uso del software WinQSB</p> <p>b) Comparar los costos de transporte actual con los costos de transporte a obtener de la Optimización de Rutas de Recolección.</p> <p>c) Identificar las mejoras en el servicio de recolección de residuos sólidos municipales en el distrito de Yanacancha.</p>	<p>Específicos:</p> <p>a) El diseño de un esquema de optimización de rutas de recolección de residuos sólidos permitirá mejorar la recolección de residuos sólidos en el distrito de Yanacancha.</p> <p>b) Después de aplicar el esquema de optimización de rutas de recolección de residuos sólidos con el Software WinQSB, habrá una diferencia entre los costos de transporte actuales y los que se obtendrá.</p> <p>c) La comparación entre la ruta propuesta y la ruta actual nos ayudará a identificar las mejoras en el servicio de recolección de residuos sólidos municipales.</p>

VARIABLE INDEPENDIENTE: Optimización de Rutas

VARIABLE DEPENDIENTE: Costos de Transporte

Galería fotográfica

Gráfico 40

Punto Crítico 1



Gráfico 41

Punto Crítico 2



Gráfico 42

Punto Crítico 3



Gráfico 43

Punto Crítico 4



Gráfico 44

Punto Crítico 5



Gráfico 45

Punto Crítico 6



Gráfico 46

Punto Crítico 7



Gráfico 47

Punto Crítico 8



Gráfico 48

Punto Crítico 9



Gráfico 49

Punto Crítico 10





Gráfico 51

Punto Crítico 12



Punto Crítico 13



Gráfico 53

Punto Crítico 14

