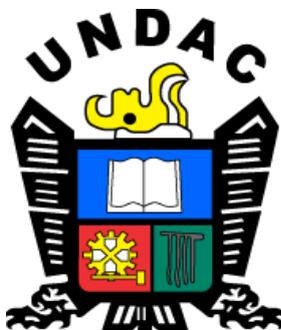


UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



T E S I S

Optimización de rutas en la recolección y transporte de los residuos sólidos domiciliarios utilizando sistemas de información geográfica en el distrito de Chaupimarca – 2023

Para optar el título profesional de:

Ingeniero Ambiental

Autores:

Bach. Kennedy Riders VALDIVIEZO ZEVALLOS

Bach. Gianfranco Eric ESTRELLA BASILIO

Asesor:

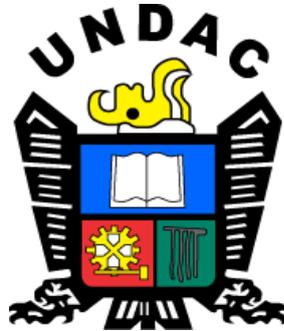
Mg. Lucio ROJAS VITOR

Cerro de Pasco – Perú – 2025

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



T E S I S

Optimización de rutas en la recolección y transporte de los residuos sólidos domiciliarios utilizando sistemas de información geográfica en el distrito de Chaupimarca – 2023

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Dr. Luis Alberto PACHECO PEÑA
PRESIDENTE

Mg. Rosario Marcela VASQUEZ GARCIA
MIEMBRO

Mg. Josué Hermilio DÍAZ LAZO
MIEMBRO



Universidad Nacional Daniel Alcides
Carrión Facultad de Ingeniería
Unidad de Investigación

INFORME DE ORIGINALIDAD N° 210-2024-UNDAC/UIFI

La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión en mérito al artículo 23° del Reglamento General de Grados Académicos y Títulos Profesionales aprobado en Consejo Universitario del 21 de abril del 2022, La Tesis ha sido evaluado por el software antiplagio Turnitin Similarity, que a continuación se detalla:

Tesis:

Optimización de rutas en la recolección y transporte de los residuos sólidos domiciliarios utilizando Sistemas de Información Geográfica en el distrito de Chaupimarca – 2023

Apellidos y nombres del tesista:

Bach. VALDIVIEZO ZEVALLOS, Kennedy Riders

Bach. ESTRELLA BASILIO, Gianfranco Eric

Apellidos y nombres del Asesor:

Mg. ROJAS VITOR, Lucio

Escuela de Formación Profesional

Ingeniería Ambiental

Índice de Similitud

4 %

APROBADO

Se informa el Reporte de evaluación del software similitud para los fines pertinentes:

Cerro de Pasco, 12 de noviembre del 2024



Firmado digitalmente por SREDA
DANIEL ALCIDES CARRIÓN
20154892344.pdf
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 12.11.2024 16:13:06 -05:00

DEDICATORIA

Dedicamos este estudio principalmente a Jehová Dios porque Él es nuestra fuente de inspiración, fortaleza y superación. Gracias a nuestros padres por su esfuerzo, amor y apoyo incondicional a lo largo de nuestras carreras, gracias a nuestras familias por ser el motor que nos motiva cada día.

A ellos dedicamos este trabajo de investigación.

AGRADECIMIENTO

El agradecimiento infinitamente a los docentes por nuestra formación dentro de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental. Por su apoyo a los ingenieros, Mg. Lucio ROJAS VITOR y Ing. Miguel Ángel BASUALDO BERNUY, por encaminar el presente trabajo.

Muchas gracias por el tiempo dedicado a la enseñanza de sus conocimientos y virtudes desde el comienzo hasta el final de la carrera y el producto presentado.

RESUMEN

La presente investigación se desarrolló en la zona urbana del distrito de Chaupimarca, con el objetivo de optimizar las rutas actuales del proceso de recolección y transporte de residuos sólidos, reduciendo distancias, tiempo total consumido y costos de consumo de combustible mediante el diseño de nuevas rutas de recolección. Esta investigación es cuantitativa y no experimental. Todo parte de diagnosticar el estado actual de recolección y transporte de residuos sólidos y calcular el tiempo de trabajo y el consumo actual de combustible. Luego realizamos un seguimiento y aplicación del macro ruteo y micro ruteo para determinar los arcos y el número de unidades compactadoras, así como para identificar los nodos que formarán parte de la ruta. Las distancias se determinaron utilizando el sistema de información geográfica ArcGIS (herramienta ArcMAP) y se utilizaron estos datos. El modelo de optimización se construye en base al Modelo de Agente de Viajes (TSP) y la solución se obtiene utilizando el SOFTWARE SOLVER EXCEL. En el paso final, se calcularon y compararon la distancia, el tiempo (basado en la plataforma y la aplicación móvil) y los costos de transporte para identificar diferencias en las métricas especificadas. El resultado es un servicio óptimo de recogida y devolución; Mejora de diferencia de distancia: 178,72 km/semana, tiempo: 35.744 horas/semana y reducción de costos: 312,07 soles/semana.

Palabras Clave: Optimización de rutas, Mejora en Tiempo, Disminución de Costos, Modelo del Agente Viajero.

ABSTRACT

This research was carried out in the urban area of the district of Chaupimarca, with the objective of optimizing the current routes of the solid waste collection and transportation process, reducing distances, total time consumed and fuel consumption costs through the design of new collection routes. This research is quantitative and non-experimental. It starts by diagnosing the current state of solid waste collection and transportation and calculating the current working time and fuel consumption. We then conducted a follow-up and application of macro-routing and micro-routing to determine the arcs and the number of compactor units, as well as to identify the nodes that will be part of the route. Distances were determined using the ArcGIS geographic information system (ArcMAP tool) and these data were used. The optimization model is built based on the Travel Agent Model (TSP) and the solution is obtained using the EXCEL SOLVER SOFTWARE. In the final step, distance, time (based on platform and mobile app) and transportation costs were calculated and compared to identify differences in the specified metrics. The result is an optimal pick-up and drop-off service; Improvement in distance difference: 178.72 km/week, time: 35,744 hours/week and cost reduction: 312.07 soles/week.

Key words: Route optimization, Time improvement, Cost reduction, Traveling Agent Model.

INTRODUCCIÓN

Actualmente, el aumento de los residuos sólidos en todo el entorno natural del planeta es un problema creciente que afecta a las ciudades de muchas maneras. La cantidad de residuos generados está aumentando debido al crecimiento de la población, cambios en los estilos de vida y prácticas de consumo que exceden la capacidad de gestión y reciclaje, provocando impactos negativos al ambiente, la salud pública y la infraestructura urbana. Como señalan Benavente (2018) y Huamañauri, Machaca y Peña (2014), la acumulación provocando la mala gestión y manejo de los residuos sólidos causa serios problemas por la falta de una reelección óptima y eficaz de residuos y la creación de áreas degradadas promueven la propagación de enfermedades y atraen animales que pueden aumentar la contaminación. Este escenario pone de relieve la necesidad de desarrollar estrategias efectivas para mejorar la gestión de residuos. La solución propuesta para implementar un modelo de optimización de la recolección de residuos sólidos según los antecedentes de la investigación. Este modelo tiene como objetivo optimizar las rutas de recolección, la reducción de los costos de combustible, la reducción de tiempo y el aumento de la eficiencia del servicio. Esto no sólo mejorará la gestión y manejo de los residuos del distrito, sino que también reducirá el impacto ambiental que conlleva esta actividad y mejorará la eficiencia para satisfacer la creciente demanda de servicios de recolección de residuos. La optimización de las rutas de recogida puede implicar el uso de tecnologías nuevas, como sistemas de información geográfica (GIS). Esta estrategia puede contribuir significativamente a resolver el problema de la gestión de residuos sólidos y mejorar la calidad de vida en la ciudad afectada.

ÍNDICE

DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
RESUMEN	
ABSTRACT	
INTRODUCCIÓN	
ÍNDICE	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE GRÁFICOS	

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.	3
1.3.1.	Problema general.	3
1.3.2.	Problemas específicos.....	3
1.4.	Formulación de objetivos.....	4
1.4.1.	Objetivo general.....	4
1.4.2.	Objetivos específicos.....	4
1.5.	Justificación de la investigación.....	4
1.6.	Limitaciones de la investigación.	5

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1.	Antecedentes de estudio.	6
2.2.	Bases teóricas – científicas.	14
2.3.	Definición de términos básicos.	19
2.4.	Formulación de Hipótesis.	20

2.4.1. Hipótesis General.	20
2.4.2. Hipótesis Específicas.....	21
2.5. Identificación de variables.	21
2.6. Definición operacional de variables e indicadores.	21

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación.....	23
3.2. Nivel de investigación.....	23
3.3. Métodos de investigación.	23
3.4. Diseño de investigación.....	23
3.5. Población y muestra.	24
3.6. Técnicas e 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.	26

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo.....	27
4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados.	39
4.3. Prueba de Hipótesis	64
4.4. Discusión de resultados	65

CONCLUSIÓN

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de las variables de investigación.....	22
Tabla 2 Ubicación Geográfica.....	27
Tabla 3 Estructura poblacional y viviendas.....	28
Tabla 4 Composición general de los residuos sólidos municipales en el distrito de Chaupimarca.	29
Tabla 5 Consolidado Distribución de la composición de residuos sólidos municipales.	30
Tabla 6 Generación total de residuos sólidos en el distrito de Chaupimarca.	31
Tabla 7 Comparación de generación diaria de residuos sólidos.	32
Tabla 8 Generación Per Cápita de residuos sólidos.	32
Tabla 9 Características de las unidades del servicio de recolección y transporte.	33
Tabla 10 Turno de trabajo de campo.....	34
Tabla 11 Resumen de rutas actuales (Plan de rutas 2021).	36
Tabla 12 Resultado de rutas optimizadas.....	44
Tabla 13 Recorrido de soterrado, inicia.	56
Tabla 14 Resumen de la generación y cálculo de vehículos.....	57
Tabla 15 Distancia total de las rutas de recolección optimizadas.	57
Tabla 16 Frecuencia de recolección aprovechable:.....	60
Tabla 17 Distancia semanal, mensual y anual de las rutas de recolección optimizadas.	60
Tabla 18 Distancia total de las rutas de recolección actual.....	61
Tabla 19 Distancia semanal de las rutas de recolección actual.	61
Tabla 20 Distancia mensual de las rutas de recolección actual.	62
Tabla 21 Distancia anual de las rutas de recolección actual.....	62
Tabla 22 Distancia total de las rutas actuales y optimizadas	62
Tabla 23 Resultado del tiempo de la ruta obtenida.....	63
Tabla 24 Resultado de combustible de la ruta obtenida.....	63

Tabla 25 Resultado de combustible de la ruta obtenida..... 64

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1	Mapa de ubicación del Distrito de Chaupimarca	24
Gráfico 2	Mapa de delimitación de distrito de Chaupimarca.....	28
Gráfico 3	Composición general de los residuos sólidos municipales en el distrito de Chaupimarca.	30
Gráfico 4	Rutas de recolección de la Compactadora EGV-250.....	35
Gráfico 5	Rutas de recolección de la Compactadora EGV-252.....	35
Gráfico 6	Vista de planta del sistema	37
Gráfico 7	Vista alzado del sistema.....	37
Gráfico 8	Vista lateral izquierda.	38
Gráfico 9	Contenedor de plástico de 1100 litros.....	38
Gráfico 10	Nueva distribución de zonas en el distrito de Chaupimarca.	42
Gráfico 11	Nodos de la Ruta 1.....	44
Gráfico 12	Recorrido optimizado - Ruta 1.	45
Gráfico 13	Nodos de la Ruta 2.....	46
Gráfico 14	Recorrido optimizado - Ruta 2.	46
Gráfico 15	Nodos de la Ruta 3.....	47
Gráfico 16	Recorrido optimizado - Ruta 3.	48
Gráfico 17	Nodos de la Ruta 4.....	49
Gráfico 18	Recorrido optimizado - Ruta 4.	49
Gráfico 19	Nodos de la Ruta 5.....	51
Gráfico 20	Recorrido optimizado - Ruta 5.	51
Gráfico 21	Nodos de la Ruta 6.....	52
Gráfico 22	Recorrido optimizado - Ruta 6.	53
Gráfico 23	Recorrido optimizado - Ruta 7.	54
Gráfico 24	Recorrido optimizado - Ruta 8	56

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema.

A nivel mundial la inadecuada disposición de los residuos sólidos, provoca diferentes problemas medioambientales como la contaminación de suelo del agua y proliferación de fauna, la cual puede ser transmisora de enfermedades, asimismo el crecimiento de la población a nivel mundial y los diferentes estilos de vida han contribuido con el aumento considerable de la generación de los residuos sólidos, generando así un inadecuado manejo de estos residuos sólidos. Dado que alrededor del más del 90% de los residuos se disponen o incineran abiertamente en países de bajos ingresos, además que los más pobres son los más afectados.

La inadecuada gestión de residuos sólidos en el país de Venezuela es un problema muy considerable en promedio cada habitante genera entre 800 g y 1.500 g de residuos diarios. El proceso de recolección es deficiente y el área de disposición final no controlada de la Bonanza ha colapsado hasta el punto de que se han desatado conflictos entre los alcaldes, gobernadores y funcionarios responsables del área. En el país, actualmente, se han implementado otros métodos de gestión de residuos, entre los cuales se destaca el reciclaje y el compostaje de la materia orgánica. No obstante, el problema persiste, la

situación ambiental no mejora y no se vislumbra una solución al mismo.
(Carmen.C, 2008)

El inadecuado manejo de los residuos sólidos en el Perú, donde el MINAM informa que en el Perú se viene acumulando cada día alrededor de 20 toneladas(t) al día, de lo cual sólo el promedio del 17% termina dispuesta en Áreas degradadas, generando problemas en la salud de la población y afectando al medio ambiente. Por lo cual, se recomienda que las provincias, distritos y municipios desempeñan un papel vital para garantizar un correcto servicio de limpieza pública. De acuerdo con la normativa sobre Gestión Integral de Residuos Sólidos, la responsabilidad de la recolección, transporte, tratamiento, aprovechamiento de recursos y disposición segura de los residuos sólidos en general recae en una entidad específica.

Huancayo enfrenta desafíos análogos a los que se experimentan a nivel nacional en Perú. A pesar de contar con una gerencia del medio ambiente o equivalente y planes de trabajo para la recolección, transporte y disposición de residuos sólidos durante varios años, los resultados positivos no se han materializado. Esto podría atribuirse a la falta de coordinación y acciones efectivas entre las autoridades y la generación de la población, requiriendo una mayor atención por parte de los municipios. Dada la naturaleza del ciclo de producción de residuos sólidos, la principal responsabilidad de la problemática recae en la población por no separar o segregarse sus residuos sólidos desde la generación. (M.Limache, 2021)

En la zona urbana del Distrito de Chaupimarca, el inapropiado manejo de los residuos sólidos representa un problema significativo, ocasionando impactos ambientales y sociales en la comunidad. Como consecuencia, se observa la disposición de residuos sólidos al aire libre, ya sea en avenidas, cuerpos de agua o áreas verdes, dando lugar a la formación de puntos críticos que se convierten en focos infecciosos recuperados y mantenidos por los

contenedores soterrados. La quema de los residuos y la falta de conciencia ambiental por parte de los residentes del Distrito contribuyen a esta situación.

Según la información recopilada de la Municipalidad Provincial de Pasco a través de la Subgerencia de Medio Ambiente regido por la Gerencia de Servicios Públicos, se lleva a cabo el servicio de limpieza pública en el distrito de Chaupimarca, abarcando la recolección, transporte y disposición final de residuos. Actualmente, más de 80 colaboradores trabajan en actividades como el barrido, transporte, disposición y mantenimiento de los residuos sólidos de origen municipal, incluyendo operadores para los camiones compactadores (convencionales) y trimóviles (no convencionales). En el distrito, se estima que la generación diaria de residuos alcanza las 29.16 toneladas por día, proporcionando el servicio a una población de 25,627 habitantes.

1.2. Delimitación de la investigación.

La investigación de la tesis definirá los parámetros de estudio en relación con el espacio, el tiempo, el universo y el contenido, de la siguiente manera:

- Delimitación espacial o geográfica: Distrito de Chaupimarca.
- Delimitación temporal: 4 meses.
- Delimitación del contenido: Modelación y simulación ambiental de datos del servicio residuos sólidos.

1.3. Formulación del problema.

1.3.1. Problema general.

¿Estarán optimizadas las rutas de recolección y transporte de los residuos sólidos domiciliarios utilizando Sistemas de Información Geográfica en el distrito de Chaupimarca, 2023?

1.3.2. Problemas específicos.

1. ¿Cuáles son las rutas actuales en la recolección y transporte de los residuos sólidos domiciliarios utilizando Sistemas de Información Geográfica en el Distrito de Chaupimarca, 2023?

2. ¿Cuántos contenedores soterrados existen actualmente en la recolección de los residuos sólidos domiciliarios del Distrito de Chaupimarca, 2023?
3. ¿Cuáles son las rutas que optimizo el proceso en la recolección y transporte de residuos sólidos domiciliarios utilizando Sistemas de Información Geográfica en base a la actualización del ECRS del Distrito de Chaupimarca, 2023?

1.4. Formulación de objetivos.

1.4.1. Objetivo general.

Optimizar las rutas en la recolección y transporte de residuos sólidos domiciliarios utilizando Sistemas de Información Geográfica en el Distrito de Chaupimarca, 2023

1.4.2. Objetivos específicos.

1. Determinar las rutas actuales en la recolección y transporte de residuos sólidos domiciliarios utilizando Sistemas de Información Geográfica en el Distrito de Chaupimarca, 2023.
2. Determinar la cantidad de contenedores soterrados actualmente en la recolección de los residuos sólidos domiciliarios del Distrito de Chaupimarca, 2023.
3. Optimizar las nuevas rutas en la recolección y transporte de residuos sólidos domiciliarios utilizando Sistemas de Información Geográfica en base a la actualización del ECRS del Distrito de Chaupimarca, 2023.

1.5. Justificación de la investigación.

➤ Justificación Teórica

Al finalizar la investigación, se producirá la información que evidencie la mejora en las rutas para el proceso de recolección y transporte de los residuos sólidos domiciliarios, utilizando SIG en el Distrito de Chaupimarca.

➤ **Justificación Metodológica**

La metodología sugerida se centrará en recopilar datos de años previos a nuestra investigación con el fin de generar información sobre la ruta actual propuesta en el distrito de Chaupimarca.

➤ **Justificación Ambiental.**

La investigación planteará la optimización de las rutas en la recolección y transporte de residuos sólidos municipales, permitiendo la minimización de impactos ambientales, con la optimización del tiempo, costos y la frecuencia de recogida.

➤ **Justificación Social**

La presente investigación tiene como objetivo proporcionar explicaciones sobre problemas como la inadecuada recolección y transporte de residuos sólidos y la implementación de nuevas rutas para la recolección. Los residentes del municipio se beneficiarán al adquirir conocimientos sobre las ventajas de mejorar las rutas actuales de recolección.

1.6. Limitaciones de la investigación.

Falta de información y consistencia de los planes de ruta por lo que la información establecida no está de acuerdo a la necesidad de la población de Chaupimarca.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio.

Nuestra investigación se basa en una variedad de antecedentes tanto a nivel nacional como internacional, los cuales se detallan a continuación:

➤ **Antecedentes locales.**

Cabello, L y Rixi, L (2024) Este trabajo se desarrolló en el Distrito de Yanacancha con el objetivo de diseñar y aplicar un modelo de optimización de rutas de recolección de residuos sólidos para reducir costos de transporte. La investigación se inició con un diagnóstico del sistema actual de recolección de residuos, seguido de macroruteo y microruteo para establecer nodos y distancias, y el modelo de optimización se formuló utilizando el software Win QSB, logrando resultados de disminución de costos de transporte obteniendo una reducción del costo de S/.4,668.23 entre la ruta actual y la ruta propuesta.

➤ **Antecedentes nacionales.**

Luz Castro y Diana Gonzales (2022) en el estudio titulado “Mejora de trayectorias para la recolección de residuos sólidos domiciliarios mediante el uso de herramientas SIG en la localidad de Huarín, 2022”, se centraron en optimizar las rutas de recolección de residuos sólidos municipales en

Huarin utilizando herramientas SIG (Sistema de Información Geográfica). Utilizando estas herramientas se determinó que la ruta de recolección actual tiene una distancia promedio de 4.06 millas y un consumo de combustible estimado de 3.00 galones por día. Utilizando el software ArcGIS se identificaron cuatro ubicaciones para 14 tanques con una capacidad de 500 litros cada uno, ubicados en lugares de difícil acceso. La optimización de la ruta propuesta redujo el tiempo de viaje a 138 minutos (2 horas 18 minutos), la distancia diaria total a 2,96 km y el consumo de combustible a 2 galones por día. Esto aumenta significativamente la eficiencia de la recolección de residuos, beneficiando al 100% de los residentes al reducir las distancias de viaje en un 27% y optimizándolas en el tiempo en un 61,7%. Además, ahorra 1 galón de gasolina por día, equivalente a una reducción del 33% en el consumo de combustible.

Alvarado y Cabrera (2020) en su estudio “Mejora de trayectorias de rutas para la recopilación de residuos sólidos municipales mediante herramientas SIG en el distrito Caleta de Carquin”. El principal objetivo de este estudio realizado en UNJFSC en Huacho, Perú fue desarrollar un diseño optimizado de rutas de recolección de residuos sólidos en el área de Caleta de Carquin. Utilice herramientas SIG. La metodología utilizada se basa en un análisis integral de datos respaldado por el software ArcGIS. Los resultados obtenidos muestran que la optimización de rutas reduce significativamente los costos operativos y mejora significativamente la gama de servicios brindados a los usuarios. Se encontró que la herramienta utilizada permite racionalizar rutas, reducir costos operativos, distancias de viaje y tiempos de tránsito, maximizando así beneficios para la región. También recomienda un seguimiento continuo de las rutas optimizadas para mantener y mejorar continuamente su rendimiento.

Elías Carrasco y Yuleisy Díaz (2017) en su tesis doctoral titulada

“Optimización de las rutas recolectoras de residuos sólidos en el distrito de Chiclayo, para mejorar la eficiencia del servicio de limpieza”, implementada en la Universidad Señora de Sipana en Chiclayo, Perú, el objetivo principal fue crear un modelo matemático. Optimizar las rutas de recolección de residuos sólidos para mejorar la eficiencia de los servicios de saneamiento en la región de Chiclayo. Para recopilar información se realizaron estudios teóricos, evaluaciones de datos preliminares y estudios de campo, integrando y evaluando esta combinación utilizando métodos y herramientas flexibles. Analice e interprete datos basándose en una variedad de fuentes, como entrevistas personalizadas, guías de visualización, mapas y el uso de la aplicación My Routes de Android para registrar el tiempo y la distancia en las carreteras. Esto permite incluir toda la información necesaria en los modelos de optimización. Esto conduce a la optimización de las rutas desde la fábrica hacia y desde las áreas hasta Reke, así como a la optimización de las rutas utilizadas dentro de cada área. Cabe señalar que el trabajo de campo involucró a 2 de los 16 distritos del distrito. Finalmente, se encontró que la longitud de las rutas originales se redujo en más de un 10%, demostrando la efectividad de las estrategias implementadas en la optimización de las rutas de recolección de residuos sólidos.

Correa Tineo y Jhanmarco Edinson (2018) desarrolló un estudio sobre “Propuesta para mejorar el sistema de gestión de residuos sólidos urbanos en el distrito de Chiclayo con el fin de disminuir los impactos ambientales”. El principal objetivo es mejorar el sistema de recolección de residuos municipales en la región de Chiclayo para reducir su impacto en el medio ambiente. Para lograr este objetivo se ha realizado un análisis continuo del sistema de gestión de residuos, el cual muestra que cada día se generan 253,26 toneladas de residuos sólidos, de los cuales solo se recolecta el

72,49%, dejando áreas desatendidas y creando nuevos puntos de recolección de residuos. Resultó que la comuna contaba con 17 compactadores. Adicionalmente se ha propuesto optimizar las rutas de recogida mediante el método del Sistema de Información Geográfica (SIG) utilizando el software ArgGIS. Se ha propuesto instalar contenedores en puntos clave de recogida de residuos, lo que podría reducir los plazos de entrega iniciales en un 50% y ahorrar significativamente en mano de obra. El análisis costo-beneficio mostró una relación de $1,09 > 1$, lo que indica que por cada sol gastado, se generaron 0,09 soles en ingresos. Esto conlleva reducción de tiempos de recogida, distancias, emisiones de CO₂ y ahorro de combustible.

Marín Guido (2018) en su estudio investigación de obtener el grado doctoral, lleva como título "Gestión de residuos sólidos a través de sistemas de información geográfica en el distrito de Huancavelica, 2017", realizada en la Universidad Nacional de Huancavelica en Perú, el objetivo fue innovar la gestión de los residuos sólidos mediante el uso de SIG. Se implementó una metodología de observación de tipo aplicada con diseño no experimental. Los resultados revelaron que el barrio de Santa Ana es el mayor generador de residuos, produciendo una cantidad considerable de 3,417 kg por día, mientras que del total de la zona urbana hay una zona que genera la menor cantidad de residuos sólidos, con la misma cifra de 3,417 kg diarios. Se identificó que Lircay es el punto principal de acopio de residuos, acumulando una cantidad mensual significativa de 22,272 kg, distribuidos en 12 puntos de acopio, donde 9 son áreas abiertas y 3 son contenedores. El estudio resalta que la segregación de residuos, tanto inorgánicos como orgánicos, se realiza en el barrio de Santa Ana, con volúmenes mensuales de 38,689.85 kg y 23,846.65 kg, respectivamente. Además, se observó que la ruta con el mayor distanciamiento se encuentra en el barrio mencionado, mientras

que la de menor recorrido está en Yana. Finalmente, se constató que la disposición temporal de los residuos se lleva a cabo en el ex camal de la ruta Huancavelica-Palca. En conclusión, se destaca que la gestión a través del SIG en este distrito demostró ser eficiente y útil para el análisis y la optimización de la gestión de residuos sólidos.

Rubí Rodríguez (2020) en su investigación doctoral titulada “Sistemas de información geográfica aplicados a la selección óptima de ubicaciones para la gestión de residuos sólidos en la provincia de Jaén- Cajamarca” realizada en la UNUP, tuvo como objetivo optimizar la gestión de residuos sólidos mediante el uso SIG. Se utilizó un método observacional no experimental. Los resultados muestran que la zona de Santa Ana es la mayor generadora de residuos, emitiendo una cantidad importante - 3.417 kg por día, y el Cercado es la zona urbana que produce la menor cantidad de residuos sólidos del mismo valor - 3.417 kg diarios. . Se descubrió que el principal punto de recolección de basura es Lirkai, que acumula un importante volumen de 22.272 kg mensuales repartidos en 12 puntos de recolección, de los cuales 9 son áreas abiertas y 3 son contenedores. El estudio destaca que la segregación de residuos, tanto inorgánicos como orgánicos, se realiza en la zona de Santa Ana y las cantidades mensuales son 38.689,85 kg y 23.846,65 kg, respectivamente. Además, se observó que la ruta de mayor distancia fue en esta zona, mientras que la ruta de menor distancia fue en Yana. Finalmente, se descubrió que en el ex Canal de Huancavelica se estaba realizando un almacenamiento temporal de residuos. - Ruta. En conclusión, cabe destacar que la gestión de SIG en este campo ha demostrado ser eficaz y útil para analizar y optimizar la gestión de residuos sólidos.

Acosta (2020) realizó un estudio titulado “Propuesta de un modelo de optimización de trayectorias de rutas para aumentar la eficiencia en la

recopilación y transporte de residuos sólidos en el distrito de Ilo, 2018". Con el objetivo principal de presentar un modelo de optimización de rutas para mejorar la eficiencia, se utilizó un enfoque de modelación matemática. El objetivo es describir el estado actual de las rutas del servicio de de residuos y proponer un modelo de optimización para mejorar su eficiencia. Los resultados mostraron una reducción significativa en los costos de combustible, mano de obra y mantenimiento, lo que resultó en un ahorro anual estimado de S\$491.793,47.

➤ **Antecedentes internacionales.**

Ufuk Dereci y Muhammed Erkan Karabekmez (2022) desarrolló un estudio sobre " Las aplicaciones de la heurística de optimización de múltiples rutas y los algoritmos metaheurísticos para el transporte de residuos sólidos: un estudio de caso en Turquía ". Su principal objetivo es determinar las rutas óptimas para satisfacer el proceso de recolección de residuos en el distrito de Ümraniye de Estambul. El método es de tipo aplicada para este estudio se centró inicialmente en recopilar datos detallados sobre el proceso de recolección de residuos sólidos, incluidas rutas de los basureros, datos de tonelaje regional y número de contenedores por área. Luego, el problema de optimización se resuelve utilizando un modelo de programación lineal para minimizar la distancia total recorrida. Finalmente, se utilizó el software Python para analizar y determinar las coordenadas de las calles y realizar todos los algoritmos. Por lo tanto, la combinación de algoritmos más efectiva resultó ser el Tabú más barato y la búsqueda en arco, que permitió alcanzar una longitud de camino mínima de 525.443 metros en un tiempo estimado de 10 minutos.

Fadak Salah Sahib y Nabaa Shakir Hadi (2021) desarrollaron una investigación sobre "La optimización de rutas de camiones en la ciudad de Karbala para la recolección de residuos sólidos". El principal objetivo es

mejorar las rutas de recogida. El enfoque metodológico utilizó el programa de datos QSB, donde toda la información recolectada fue utilizada como datos de entrada para ser procesados matemáticamente para obtener tres soluciones diferentes. Se realizó un estudio en el área de estudio para determinar las distancias en km de las calles principales y secundarias. Además, la cantidad diaria de residuos sólidos se determina teniendo en cuenta la capacidad de los camiones de basura, la generación por tonelada diaria de población. En resumen, la propuesta de optimización del área de estudio tomó en cuenta la distancia de la ruta y se centró en en las calles con mayor generación diaria de residuos. Esta estrategia evita la congestión en las calles secundarias, lo que se traduce en importantes ahorros.

Carolien Lavigne (2021) en su trabajo de investigación “Se optimizo el modelo de rutas exactas para la recolección de biorresiduos en la región de Bruselas Capital”. El objetivo principal es presentar un modelo de programación lineal de manera entera y mixta que permita la creación de rutas óptimas de recolección de residuos. teniendo en cuenta la presencia de varios almacenes, vehículos homogéneos con una determinada capacidad y la necesidad de paradas intermedias en diferentes instalaciones, así como múltiples puntos de recogida en cada punto de recogida. Para calcular las distancias de viaje en el área se utilizaron herramientas como el software SIG ArcGIS Pro (ESRI, 2019), mapas de carreteras de Open Street Map y datos SIG de la herramienta UrbIS. Los resultados de la investigación muestran que, al mantener la capacidad de tratamiento y los métodos de recolección actuales mediante la recolección separada puede reducir los costos de recolección. Además, combinar alimentos y residuos verdes puede reducir significativamente los costos de recolección de biorresiduos hasta en un 31%. En conclusión, observamos que incluir múltiples ubicaciones (con paradas de esquina a esquina)

complica aún más el problema de la recolección de residuos. Por lo tanto, se propone que esfuerzos adicionales de modelización, como la exploración de fórmulas alternativas u opciones de fijación de precios, pueden ser más efectivos para abordar el problema de la gestión de puntos de interrupción. M.A.Hannan (2018) condujeron una investigación denominada " Modelo de Problema de Enrutamiento de Vehículos Habilitado para la Recolección Programada de Residuos Sólidos y la Optimización de Rutas mediante el Algoritmo PSO". Este artículo presenta una versión modificada del algoritmo de optimización de enjambre (PSO) aplicado al modelo de problema de enrutamiento de vehículos (CVRP) para determinar soluciones óptimas de diseño de rutas. Los resultados obtenidos para el cronograma semanal muestran que el tiempo de trabajo efectivo (TWL) del 70% da un excelente desempeño considerando todos los nodos en términos de recolección de residuos, distancia recorrida, capacidad de la ruta, eficiencia, consumo de combustible y costos. relacionado.

Cusco Tenesaca y Picón Aguirre (2015) realizaron una investigación titulada "Mejora de las trayectorias de recolección de residuos sólidos domiciliarios mediante la aplicación de herramientas SIG", desarrollado en la Universidad de Cuenca de la nación de Ecuador. El objetivo es optimizar las rutas existentes de recogida de residuos municipales mediante un Sistema de Información Geográfica (SIG). Este estudio considera aspectos tanto cuantitativos como cualitativos. Inicialmente, las rutas actuales se calcularon utilizando la aplicación GPS móvil como asistente digital personal. De manera similar, los datos WGS84 se utilizan para recopilar datos de camiones desde el origen hasta el destino. Se utilizó ArcGIS 10.1 para el mapeo de carreteras. Se probaron nuevas rutas mediante ecuaciones que tenían en cuenta variables como la distancia recorrida por ruta, el consumo de combustible, el tiempo de viaje y las emisiones. Los

resultados muestran que las rutas nuevas, la distancia total de 1.651,50 km tarda 85 horas 55 minutos 22 segundos. El resultado es un consumo de combustible de 503,32 galones por año a un costo de 1.037 dólares por galón y emisiones de CO₂ estimadas con la cantidad de 1.852.128,92 kg por año. En resumen, optimizar las rutas de recolección de residuos sólidos desde el punto de generación hasta su disposición final utilizando el nuevo trazado ha resultado eficaz. Sin embargo, para mantener este nivel de eficiencia, las rutas deben monitorearse continuamente.

2.2. Bases teóricas – científicas.

➤ **Residuos Sólidos**

De acuerdo con el D.L. 1278 – Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos, se consideran todos los objetos, sustancias y/o elementos resultantes del consumo humano, los cuales son desechados y posteriormente deben ser manejados con prioridad en la valorización de los residuos, y en última instancia, en su disposición final.

➤ **Clases de residuos sólidos**

Según el D.L. 1278, los residuos sólidos se categorizan en tres dimensiones: su origen, su manejo y su nivel de peligrosidad. Asimismo, se clasifican de acuerdo con los hábitos de la población en cuanto a la disposición adecuada de los residuos sólidos.

➤ **Clasificación de los residuos sólidos.**

Los residuos domésticos se clasifican según su origen. Dado que la mayoría de estos residuos provienen de puntos específicos, como los hogares, se han convertido en una de las principales fuentes de contaminación ambiental de rápido crecimiento.

➤ **Residuos Sólidos Municipales**

Los residuos sólidos municipales son los que se generan por el consumo o uso de bienes y servicios. Las principales fuentes de generación incluyen

viviendas, restaurantes, hoteles, instituciones educativas, así como el servicio de barrido y limpieza de espacios públicos y otros. La gestión de estos residuos representa un desafío global que, cada vez más, obstaculiza el desarrollo armónico y social de las sociedades en términos de niveles de vida y degradación ambiental. (UNAM, 2022)

➤ **Inadecuado Manejo de los Residuos Sólidos**

La gestión inapropiada de los residuos puede resultar en la contaminación de los recursos hídricos, del suelo y del aire, exponiendo a las personas a niveles elevados de este entorno contaminado e insalubre (UNCVT, 2023)

➤ **Recolección de Residuos Sólidos Domiciliarios**

La recolección es un proceso que consisten en retirar los residuos que ya no son útiles y luego transportarlos a un sitio de reciclaje o enviarlos a una infraestructura de disposición final o en su defecto botadero. El transporte puede ser tradicional o no tradicional. Para recolectar adecuadamente los residuos, es importante contar con los vehículos en condiciones óptimas y el personal del rubro para ahorrar combustible, tiempo y evitar viajes largos innecesarios a corto y largo plazo (MINAM, 2015).

Según (Comex Perú, 2022) De los 1.844 municipios que recolectan residuos sólidos, el 84% los deposita en áreas degradadas, el 31,2% recicla, el 18,3% las áreas degradadas, el 10,1% los incinera y el 5,9% restante se utiliza para compostaje y otros métodos.

• **Recolección Convencional.**

Son utilizados principalmente por los municipios, que utilizan vehículos compactos con una capacidad de 2 a 8 toneladas para transportar las colecciones. La recolección convencional se puede dar de dos tipos. (MINAM, 2015)

a) **Recolección por parada fija:** El camión compactador esperará en un lugar específico durante unos minutos hasta que el usuario lleve

sus residuos

b) Recolección de esquina a esquina: El personal se encarga de ir a las casas a recoger los residuos

- **Recolección no convencional**

Debido a la ubicación del sitio, utilizan otros métodos de recolección de residuos. Por ejemplo, trimoviles.

- **Importancia de la recolección de residuos sólidos**

El proceso de recolección es importante porque ayuda a proteger el entorno ambiental, pues cuando no se manejan correctamente los residuos, pueden generar problemas como: la proliferación de plagas, afectando la salud de la población y deteriorando el medio ambiente, no es correcto mantener los residuos por varios días en la casa (MINAM, 2015)

- **El plan de manejo de residuos sólidos**

Es una herramienta de gestión con la cooperación y coordinación entre el gobierno y funcionarios de la institución, que puede incluir representantes de agencias locales, tanto públicas como privadas. El mecanismo tiene como objetivo promover una gestión adecuada de los residuos sólidos, logrando eficacia desde su generación hasta su disposición final, abordando también procesos de las 3R de residuos sólidos a través de recicladores oficiales. (MINAM, 2015)

- **Estudio de caracterización de los residuos sólidos – ECRS.**

Un estudio de Caracterización de Residuos Sólidos Municipales es una valiosa herramienta que puede proporcionarnos información precisa y directa acerca de las características de los residuos sólidos en una ubicación geográfica específica. Estas características tienden a ser consistentes y variables, y suelen depender de diversos factores, como la cultura de la población local, los hábitos que prevalecen, las actividades

económicas circundantes, el nivel socioeconómico, los ingresos económicos, el nivel educativo, entre otros.

Es fundamental destacar que el inicio adecuado para llevar a cabo una gestión integral adecuada de los residuos sólidos a nivel municipal es la caracterización en el área urbana.

➤ **Sistema de información geográfica**

La descripción más fundamental es que un Sistema de Información Geográfica (SIG) es una herramienta para manejar datos georreferenciados que incluye la posición geográfica y facilita en las operaciones. (GEOINNOVA, 2023).

- Lectura, edición, almacenamiento y gestión, de manera general, de información espacial.
- Análisis, ya sea simple o complejo, de datos espaciales. Este análisis puede abordar la componente espacial (la ubicación de cada valor o elemento) o la componente temática (el valor o elemento en sí).
- Producción de resultados en el mapeo, gráficos, etc.

Por lo tanto, es un sistema de información diseñado para manejar datos de coordenadas espaciales o geográficas. En otras palabras, el SIG es a la vez una plataforma de base de datos con funcionalidad específica para datos georreferenciados, y un conjunto de operaciones que permiten trabajar con estos datos. En cierto modo, esto puede entenderse como un mapa de nivel avanzado. (GEOINNOVA, 2023)

➤ **Método del Agente Viajero (TSP)**

El Método del Agente Viajero (TSP, por sus siglas en inglés: Traveling Salesman Problem) es un problema clásico en la teoría de grafos y la optimización combinatoria. El objetivo es encontrar la ruta más corta posible que permita a un vendedor visitar un conjunto de ciudades exactamente una vez y regresar a la ciudad de origen.

➤ **Los subsistemas del SIG**

Es una serie de subsistemas, cada uno destinado a tareas específicas. (GEOINNOVA, 2023):

- Subsistema de información.
- Subsistema de representación y elaboración cartográfica.
- Subsistema de evaluación

➤ **Sistema de posicionamiento global**

Los sistemas de control de posicionamiento global mediante satélites GPS representan uno de los avances tecnológicos más importantes de las últimas décadas. Originalmente diseñado como una herramienta militar para estimar con precisión la posición, la velocidad y el tiempo, ahora también tiene aplicaciones en muchas aplicaciones civiles. Por razones de seguridad, las señales GPS civiles se debilitan deliberadamente y sus emisiones se limitan a frecuencias específicas. A pesar de estas limitaciones, las aplicaciones civiles siguen creciendo exponencialmente debido a la implementación de la tecnología diferencial (DGPS). Este artículo describe los principios rectores para el funcionamiento del sistema GPS, los principales errores que afectan el posicionamiento y las técnicas utilizadas para corregir estos errores. También se describen una serie de aplicaciones actuales y futuras con un enorme impacto económico y social, y se concluye con reflexiones sobre la posible evolución del GPS. (peoplematters, 2023)

El Sistema de Posicionamiento Global (GPS) consta de tres partes: satélites que orbitan la Tierra, estaciones terrestres de seguimiento y control y receptores GPS propiedad de los usuarios. Los satélites GPS transmiten señales desde el espacio y los receptores GPS capturan e identifican estas señales, que a su vez proporcionan individualmente coordenadas tridimensionales de latitud, longitud y altitud, así como la hora local precisa.

(NOAA, 2023)

Actualmente, se encuentran en el mercado pequeños receptores de navegación GPS portátiles al alcance de todo el mundo. Con estos dispositivos, los usuarios pueden localizar su ubicación y llegar fácilmente a su destino, ya sea a pie, en coche, en avión o en barco. El GPS se ha convertido en una parte esencial de todos los sistemas de transporte del mundo, apoyando la navegación por aire, tierra y mar. Los servicios de rescate de emergencia en situaciones de desastre dependen del GPS para localizar y coordinar las misiones de rescate. Tareas cotidianas como la banca, las comunicaciones móviles e incluso la gestión de la red eléctrica son cada vez más eficientes gracias a la precisión de la sincronización que proporciona el GPS. Con señales de GPS gratuitas y accesibles, los agricultores, topógrafos, geólogos y muchos otros usuarios pueden trabajar de manera más eficiente, segura, asequible y precisa. (NOAA, 2023)

2.3. Definición de términos básicos.

Fuente: Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental - OEFA y el Ministerio del Ambiente - MINAM.

ArcGIS: Es un completo software en el que puedes analizar, recopilar, organizar, compartir y distribuir toda la información sobre la geografía de la tierra captada por los satélites.

Áreas Degradadas: Se refiere a los espacios afectados por la acumulación continua de residuos sólidos municipales, donde no se han seguido las pautas técnicas establecidas para la infraestructura de disposición final o no se cuenta con la debida autorización.

Disposición final de residuos sólidos: Implica la segregación y confinamiento permanente de los residuos sólidos, especialmente aquellos que no pueden ser reciclados, en sitios específicos y planificados. Este proceso tiene como objetivo prevenir la contaminación y proteger la salud humana y el medio

ambiente.

Gestión integral de residuos sólidos: Se refiere a un conjunto de acciones encaminadas a reducir la generación de residuos y aprovechar al máximo sus propiedades, volumen, fuentes, costos, procesamiento de recuperación energética, reutilización y oportunidades de comercialización. También cubre la gestión y disposición final de residuos inutilizables.

GPS: El Sistema de Localización Global es un mecanismo que posibilita que un dispositivo receptor identifique su ubicación en la Tierra con elevada exactitud.

Modelamiento: Consiste en la creación de modelos de flujo que encadenan secuencias de herramientas de geoprocésamiento. A través de la sincronización de datos urbanos, estos modelos permiten visualizar los cambios resultantes.

Optimización: Se refiere a la mejora en el uso de los recursos mediante la búsqueda de la solución más eficiente a un problema, maximizando la efectividad y el rendimiento de dichos recursos.

Recolección: Es el proceso de recoger todos los residuos presentes en contenedores o puntos de recolección, sin discriminación de los tipos de desechos, y cargarlos para su posterior manejo.

Residuos sólidos: Elemento físico catalogado como desecho y que se requiere eliminar. Surge como resultado de las acciones humanas y se considera de valor nulo debido a su descarte

2.4. Formulación de Hipótesis.

2.4.1. Hipótesis General.

Las rutas de recolección y transporte de los residuos sólidos domiciliarios se optimizaron utilizando Sistemas de Información Geográfica en el Distrito de Chaupimarca, 2023.

2.4.2. Hipótesis Específicas.

- Existen rutas efectivas optimizadas actuales en la recolección y transporte de los residuos sólidos domiciliarios en el distrito de Chaupimarca, 2023
- Existen contenedores soterrados en la recolección de los residuos sólidos domiciliarios del Distrito de Chaupimarca, 2023.
- Se cuentan con rutas optimizadas del proceso de recolección y transporte de residuos sólidos domiciliarios utilizando Sistemas de Información Geográfica en base a la actualización del ECRS del Distrito de Chaupimarca, 2023.

2.5. Identificación de variables.

➤ **Variable independiente:**

Optimización de rutas.

➤ **Variable dependiente:**

Recolección y transporte de residuos sólidos domiciliarios.

2.6. Definición operacional de variables e indicadores.

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

Tabla 1*Operacionalización de las variables de investigación.*

VARIABLE	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
Variable Independiente Optimización de rutas.	Contiene las distintas rutas de recolección y transporte, de parada fija y de contenedores designados asimismo se presenta un estudio de caracterización que permitirá conocer el estado actual de generación de los residuos sólidos domiciliarios.	Dimensiones Independientes Diagnóstico de nuevas Rutas	Tiempo total empleado(min) Combustible consumido (Gal) Rutas Nuevas(km)
Variable Dependiente Recolección y transporte de residuos sólidos domiciliarios.	Contiene actividades que involucren el proceso de recolección y transporte de los residuos sólidos del área urbana del Distrito de Chaupimarca	Dimensiones Dependientes Diagnóstico de rutas actuales de recolección de residuos solidos	Cantidad (Unidad)

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación.

La investigación es de enfoque cuantitativa. Este enfoque se considera cuantitativo porque realiza estadísticas descriptivas para identificar rutas y contenedores actuales, utiliza un sistema de información geográfica para crear mapas y muestra los resultados gráficamente. (Hernández y Mendoza, 2018).

3.2. Nivel de investigación.

El nivel de investigación es cuantitativo analítico, e incluye la descripción y el análisis de rutas de recolección existentes y propuestas y la exploración de las diferencias entre ellas.

3.3. Métodos de investigación.

- Realizar un diagnóstico de los últimos 10 años
- Evaluar las rutas existentes.
- Implementación de las nuevas rutas de recolección y transporte.

3.4. Diseño de investigación.

Es de Diseño No experimental por lo que se centra en la ausencia de manipulación de variables. En este caso, se trata de un enfoque transversal donde las variables se miden una única vez para el análisis tal y como se dan en su contexto natural, y ser observados en su realidad o ambiente natural para

después poder analizarlos; sin necesidad de variar las variables independientes.

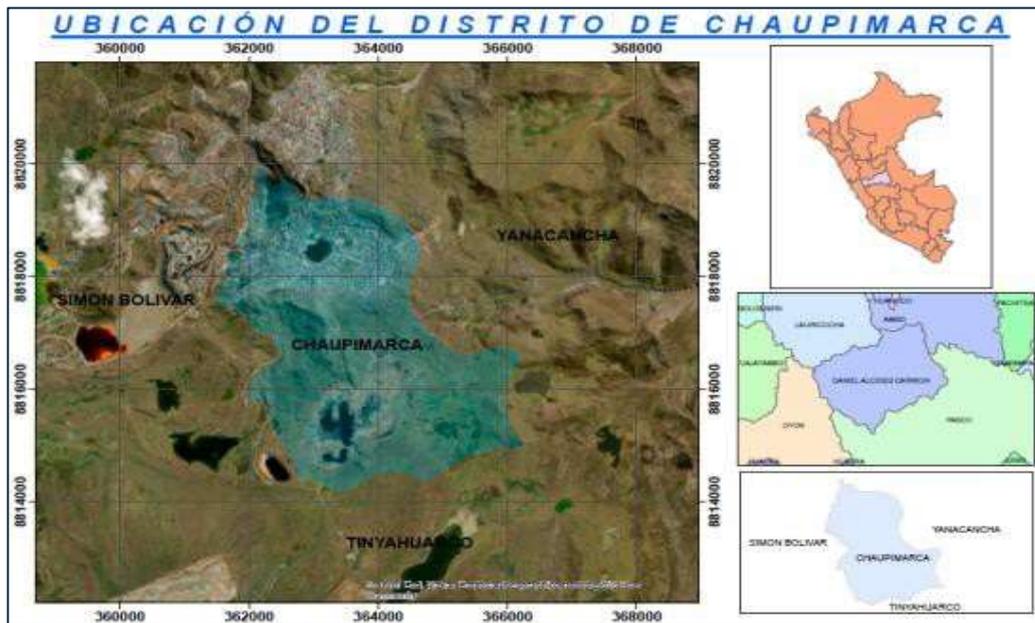
3.5. Población y muestra.

Población

En esta investigación se abarca como población a todo el distrito de Chaupimarca en el año 2023

Gráfico 1

Mapa de ubicación del Distrito de Chaupimarca



Fuente: Elaboración propia.

Muestra

En esta investigación la muestra incluirá únicamente el área urbana de la región de Chaupimarca en el año 2023, con una superficie de 6.66 Km². (INGEMMET, 2023)

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.

➤ Técnicas de Recolección de Datos

- Observación directa a la información proporcionada por la Subgerente de Medio Ambiente, SGMA en adelante, de la Municipalidad Provincial de Pasco.

- Análisis documental para verificar y recopilar los planes de trabajo, informes, resoluciones e instrumentos de la SGMA.
- Análisis de datos que permite analizar los resultados de los instrumentos anteriores.
- Análisis por Programación lineal continua para calcular los resultados de un método que se utiliza para resolver problemas de investigación y optimización.
- Registros fotográficos y entre otros

➤ **Instrumentos de Recolección de Datos**

- Hoja de recolección de datos de las rutas donde incluye, numero de ruta, frecuencia, distancia, horario, asimismo
- ArcGIS es un software de representación cartográfica de Sistemas de Información Geográfica de escritorio, que nos ayuda a identificar las distancias entre: calles, jirones o avenidas, y zonas en el distrito de Chaupimarca asimismo diseñar las rutas de recolección y transporte de residuos sólidos.
- Herramienta SOLVER del software Excel, para el cálculo de las rutas optimizadas de recolección y transporte. Y el propio software Excel para el análisis de datos que permite analizar los resultados finales y comparación de diferencias.

3.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos.

- Clasificación de datos.
- Diseño de rutas en ArcGIS y tabulación de datos en la herramienta SOLVER del software Excel.
- Análisis e interpretación de datos.

3.8. Tratamiento estadístico.

El tratamiento estadístico está basado en la estadística descriptiva, el objetivo es describir de manera sintética y significativa los datos observados,

facilitando su análisis y comprensión.

3.9. Orientación ética filosófica y epistémica.

La investigación se llevará a cabo de acuerdo con el proceso de trámite y presentación de tesis establecido en el reglamento vigente de grados y títulos de la Facultad de Ingeniería de la UNDAC. Además, se garantizará el cumplimiento del principio de confidencialidad: los datos obtenidos de los documentos proporcionados por la Municipalidad serán tratados de manera confidencial y con el consentimiento de la Municipalidad Distrital de Chaupimarca. Toda la información se manejará con la máxima reserva y se utilizará exclusivamente para 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.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo.

➤ Ubicación Geográfica de la Investigación

El presente trabajo de investigación se desarrolló en la zona del área urbano del distrito de Chaupimarca.

Tabla 2

Ubicación Geográfica

Distrito: Chaupimarca

Provincia: Pasco

Región: Pasco

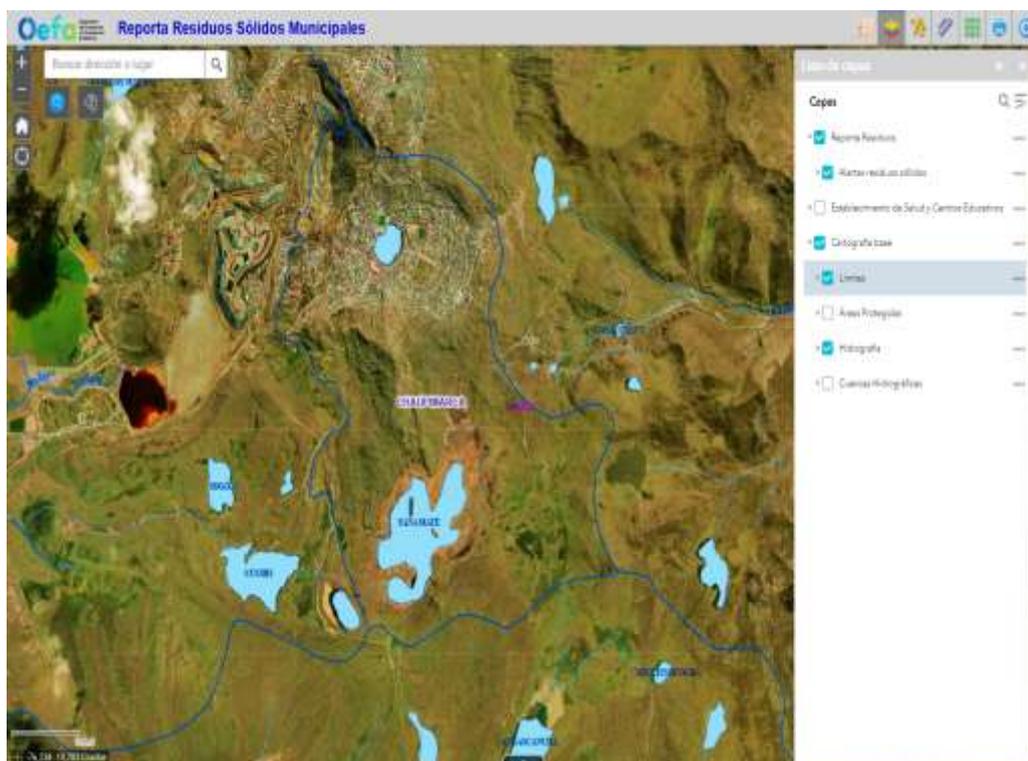
Coordenadas UTM: 362622.880 E, 8818726.320 N

Población: 26 234 habitantes (según Estimaciones y Proyecciones de Población.)

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 2

Mapa de delimitación de distrito de Chaupimarca



Fuente: Área SIG - OEFA (REPORTA RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES).

➤ Generación total y generación per cápita

Se tomó como referencia la información de los registros de los Censos Nacionales 2017: XII Población y VII Vivienda – Instituto Nacional de Estadística e Informática:

Tabla 3

Estructura poblacional y viviendas.

DISTRITO	Estimaciones y Proyecciones de Población, Indicadores demográficos, por departamento, 2020- 2025, INEI.	
	POBLACIÓN URBANA	CANTIDAD DE
	2023	VIVIENDAS
Chaupimarca	26 234	10 457

Fuente: E.C.R.S. 2023

- **Composición general de los residuos sólidos municipales**

En la siguiente tabla, se presenta la composición porcentual de los diferentes tipos de residuos identificados y diferenciado para la ejecución del presente estudio, para lo cual se presenta el siguiente cuadro de resumen:

Tabla 4

Composición general de los residuos sólidos municipales en el distrito de Chaupimarca.

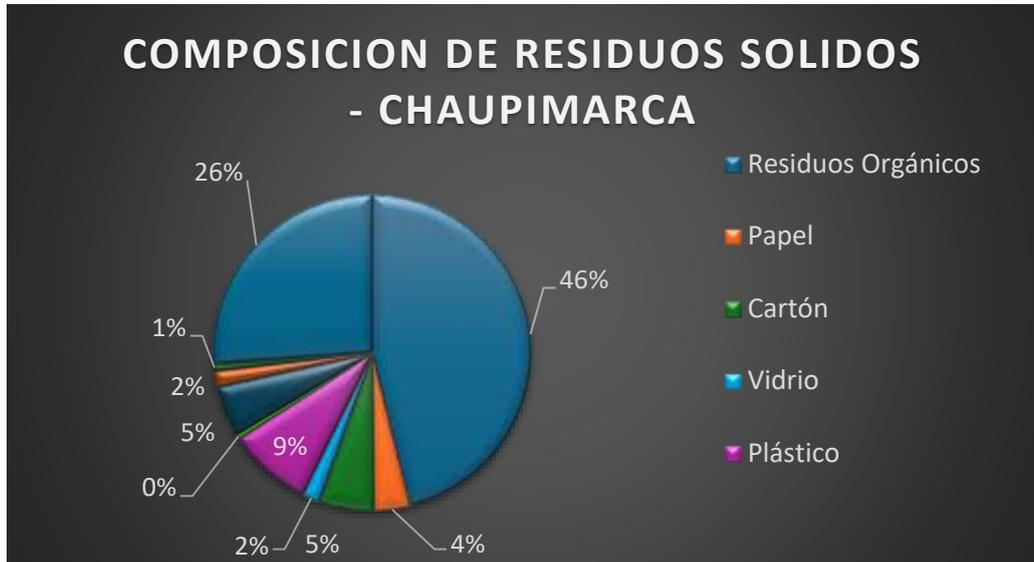
TIPO DE RESIDUOS	DOMICILIARIO	NO DOMICILIARIO	ESPECIALES	TOTAL	COMPOSICION PROCENTUAL
	PESO (Kg)	PESO (Kg)	PESO (Kg)	Kg	%
Residuos Orgánicos	721.574	1659.35	104.883	2485.807	46.23%
Residuos Inorgánicos				1485.282	27.63%
Papel	43.428	78.927	72.510	194.865	3.62%
Cartón	25.989	155.095	120.592	301.676	5.61%
Vidrio	9.892	45.018	38.376	93.286	1.74%
Plástico	55.345	251.581	157.195	464.121	8.63%
Tetra brik (envases multicapa)	0.639	17.008	8.542	26.189	0.49%
Metales	30.121	164.853	86.343	281.317	5.23%
Textiles (telas)	18.883	35.07	34.096	88.049	1.64%
Caucho, cuero, jebe	1.253	14.813	19.713	35.779	0.67%
Residuos no reaprovechables	537.955	594.811	272.702	1405.486	26.14%
TOTAL	1445.08	3016.525	914.952	5376.575	100%

Fuente: E.C.R.S 2023.

Asimismo, la composición se puede representar mediante la siguiente gráfica:

Gráfico 3

Composición general de los residuos sólidos municipales en el distrito de Chaupimarca.



Fuente: Elaboración propia.

De la misma forma, los presente resultados se pueden consolidar y representar de la manera siguiente:

Tabla 5

Consolidado Distribución de la composición de residuos sólidos municipales.

TIPO DE RESIDUO	PESO (kg)	PORCENTAJE
Residuos Orgánicos	2485.807	46.23%
Residuos Inorgánicos	1485.282	27.63%
Residuos Aprovechables	No 1405.486	26.14%
TOTAL	5376.575	100.000%

Fuente: E.C.R.S 2023.

Con la información obtenida procedente del trabajo en campo realizado para el estudio, con respecto a la generación de residuos sólidos domiciliarios, no domiciliarios y especiales, se ha elaborado la siguiente tabla, donde se presenta la generación de residuos sólidos en toneladas provenientes de todas las fuentes de generación descritas en

el presente informe, se determina que la generación estimada de residuos sólidos municipales del distrito de Chaupimarca es de 29.16 toneladas diarias; donde el 42.20% se genera en los domicilios, el 55.78% en el tipo de generador no domiciliario (comercios del distrito) y el resto que equivale a 2.02% pertenece a los residuos sólidos especiales:

Tabla 6

Generación total de residuos sólidos en el distrito de Chaupimarca.

N°	TIPO DE GENERACIÓN	CANTIDAD DE MUESTRAS POR TIPO DE GENERADOR	GENERACION DE RESIDUOS SOLIDOS	
			(TN/DIA)	(TN/AÑO)
1	DOMICILIARIOS	118 viviendas	12.30	4,490.96
2	NO DOMICILIARIOS	112 establecimientos y/o instituciones	16.26	5,935.65
3	ESPECIALES	24 establecimientos	0.59	215.48
TOTAL			29.16	10,642.08

Fuente: E.C.R.S 2023.

- Comparativa de la generación total diaria de residuos sólidos municipales según la actualización del ECRS-2019 y 2023.

Tabla 7*Comparación de generación diaria de residuos sólidos.*

GENERACIÓN TOTAL DIARIA DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES		
AÑO DE APROBACIÓN	Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos - 2019	Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos - 2023
Cantidad	8.192 Tn/día	29.16 Tn/día
Población	25 600	26 234

Fuente: Elaboración propia.➤ **Recolección de datos**

- A. Generación Total y Generación Per Cápita Total Municipal en el distrito de Chaupimarca.

Tabla 8*Generación Per Cápita de residuos sólidos.*

GENERACIÓN TOTAL DE RESIDUOS SÓLIDOS DOMICILIARIOS	GENERACIÓN TOTAL DE RESIDUOS SÓLIDOS DOMICILIARIOS	GENERACIÓN TOTAL DE RESIDUOS SÓLIDOS ESPECIALES	GENERACIÓN TOTAL MUNICIPAL (Tn/Día)	POBLACIÓN URBANA 2023	GPC TOTAL MUNICIPAL (Kg/Hab/Día)
12.304	16.262	0.590	29, 156	26 234	1.11

Fuente: E.C.R.S 2023

Detallando se terminó lo siguiente, *la generación total diaria* de residuos sólidos municipales del distrito de Chaupimarca equivale **29.16 Ton/día**.

Asimismo, el distrito de Chaupimarca, se presenta la generación per cápita de residuos sólidos municipales, que se obtiene de dividir la generación total municipal con la población urbana del distrito de Chaupimarca, obteniendo una Generación Per Cápita Total Municipal de 1.11 kg/hab/día.

B. Unidades vehiculares convencionales y no convencionales.

Tabla 9

Características de las unidades del servicio de recolección y transporte.

CONVENCIONAL						
N°	VEHÍCULO	CLASE	PLACA	MARCA	AÑO	CARGA UTIL (TN)
1	Compactador	Camión	EAF-998	Volkswagen	2022	6100
2	Compactador	Camión	EGV-252	Volkswagen	2006	6800
NO CONVENCIONAL						
N°	VEHÍCULO	CLASE	PLACA	MARCA	AÑO	CARGA UTIL (TN)
1	Trimovil	Carga	EW-0531	Yansumi	2017	0.6
2	Trimovil	Carga	EW-0530	Yansumi	2017	0.6

Fuente: Elaboración propia.

C. Rutas actuales de recolección y transporte de residuos sólidos.

La Municipalidad Provincial de Pasco, actualmente tiene vigente Plan de trabajo denominado, “Plan De Ruta De Recolección De Residuos Sólidos Y Barrido De Vías Públicas Del Distrito De Chaupimarca – 2021” que se encuentra vigente hasta la fecha, en base al ECRS-2019 dentro de ello se busca optimizar la gestión integral de residuos mediante la optimización del componente de recolección de los residuos sólidos por ser de necesidad debido a la actualización del Estudio de caracterización de residuos sólidos ECRS del distrito.

En las condiciones actuales existen dos vehículos compactadores, durante el tiempo de uso y por el año de actualidad de las unidades de una de ella se descompuso por lo que las rutas vario de unidad, la recolección de la Unidad Compactadora EGV-250, U.C. en adelante fue sustituido por la U.C. EGV-252 y U.C.EGV-252 fue sustituido por la U.C. EAF-998. Las rutas no cuentan con las distancias de cada ruta lo cual dificulta medir el porcentaje de cobertura del servicio de recolección y transporte. Cuenta también con el tipo de transporte no convencional, contando con cuatro trimóviles (motofurgón), adicional a ello es preciso mencionar que en el proceso de barrido y limpieza en la ciudad se cuenta con dos (2) turnos de trabajo de campo, de 08 horas cada uno. Dado que los personales que realizan los trabajos dentro del proceso de recolección y transporte están regidos al siguiente horario.

Tabla 10

Turno de trabajo de campo.

TURNO DE TRABAJO
1. Primer turno de 03:00am. hasta las 11:00am.
2. Segundo turno de 03:00pm. hasta las 11:00pm

Las rutas de recolección actual según el plan de trabajo se dividen en dos mapas:

Gráfico 4

Rutas de recolección de la Compactadora EGV-250.



Gráfico 5

Rutas de recolección de la Compactadora EGV-252.



Tabla 11*Resumen de rutas actuales (Plan de rutas 2021).*

N° DE RUTA	FRECUENCIA	TURNOS	DISTANCIA (Km)	PLACA DE LA UNIDAD COMPACTADORA
R1	LUN, MIE, VIE	TARDE	4.95	EGV-250
R2	MAR, JUE, SAB, DOM	TARDE	6.53	EGV-250
R3	LUN, MAR, MIE, JUE, VIE, SAB, DOM	NOCHE	3.27	EGV-250
R4	LUN, MAR, MIE, JUE, VIE, SAB, DOM	AMANECIDA	8.39	EGV-250
R5	LUN, MIE, VIE	MAÑANA	3.9	EGV-250
R6	MAR, JUE, SAB	MAÑANA	3.24	EGV-250
R7	LUN, MAR, MIE, JUE, VIE, SAB, DOM	MAÑANA	9.56	EGV-252
R8	LUN, JUE	TARDE	3.66	EGV-252
R9	MIE, VIE	TARDE	3.42	EGV-252
R10	MIE, SAB	TARDE	4.92	EGV-252

D. Contenedores soterrados

Función: Equipo Contenedor Soterrado con sistema de elevación hidráulica y carga trasera, para la recolección de residuos sólidos urbanos a través de camiones con caja compactadora.

Características técnicas:

- Plataforma peatonal superior de concreto.
- Dos cilindros hidráulicos
- 03 contenedores de plástico de 1100 litros (material polietileno de alta densidad PELHD, 04 ruedas serán de goma maciza, protección contra de agua y rayos UV. Peso en vacío 50 Kg).
- Tijeras con escaleras para mantenimiento.
- Dimensiones 1100 x 650 x 975 mm ± 25 mm.

Gráfico 6

Vista de planta del sistema

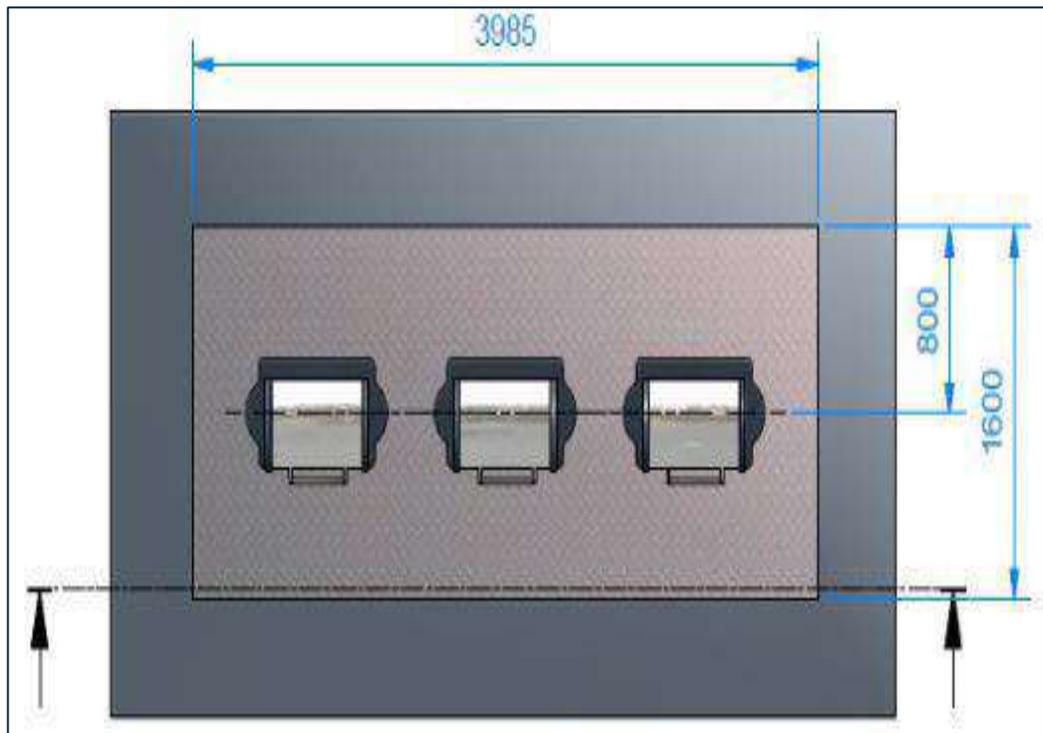


Gráfico 7

Vista alzado del sistema.

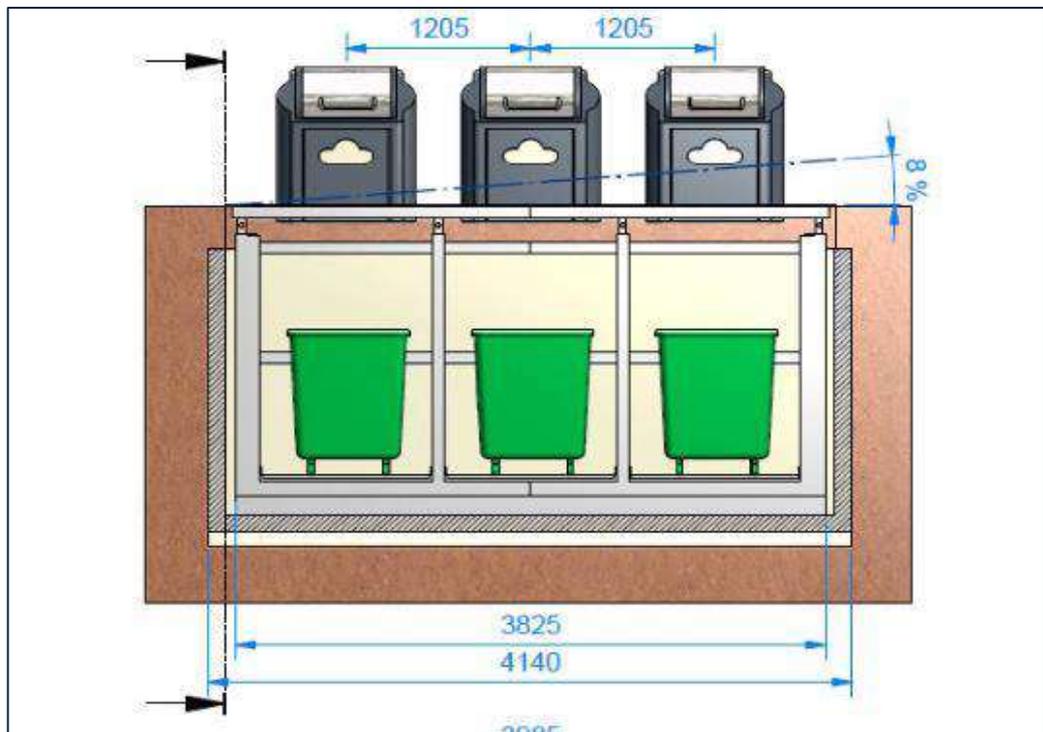


Gráfico 8

Vista lateral izquierda.

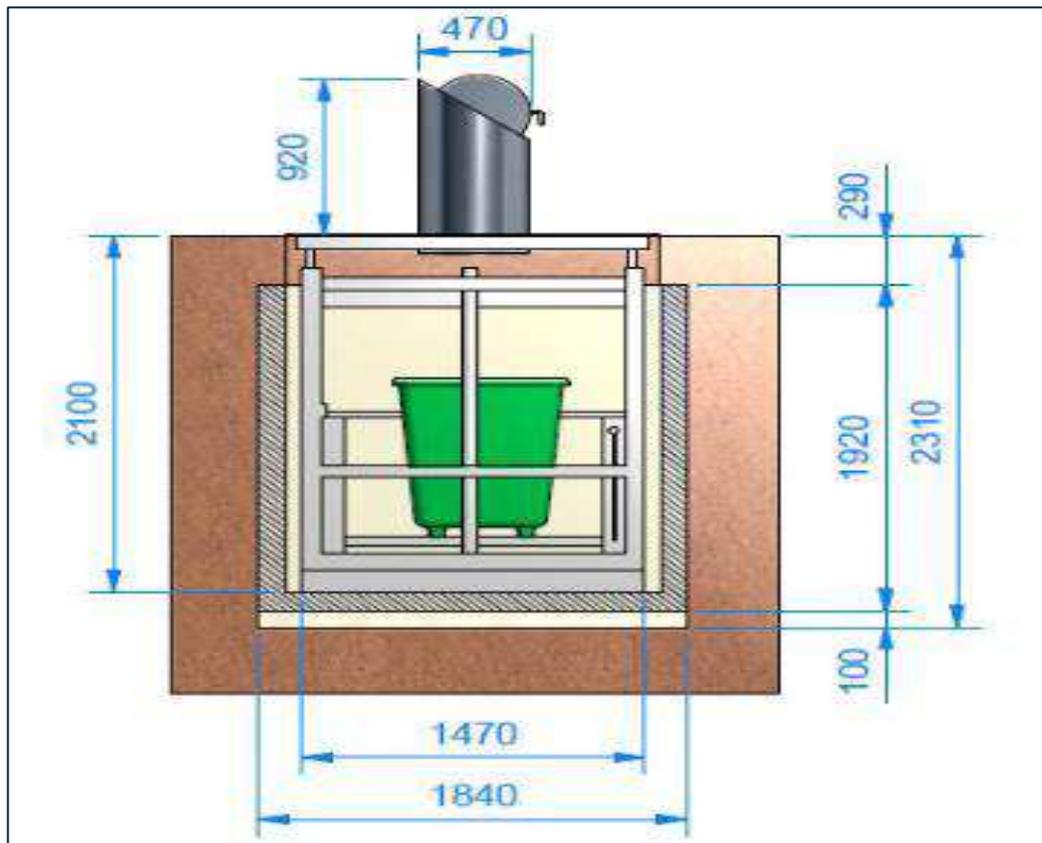


Gráfico 9

Contenedor de plástico de 1100 litros.



4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados.

➤ Macro-ruteo.

Según las Estimaciones y Proyecciones de Población, Indicadores demográficos, por departamento, 2020-2025 del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). En referencia a la estimación la población aumentó de 25 600 (año 2019) a 26 234 personas (año 2023) por lo que también se incrementó en un 350% la cantidad de generación diaria de residuos sólidos municipales, actualmente según E.C.R.S la cantidad es de 26.16 Tn/día, provenientes según generación de la domiciliaria, no domiciliaria y especiales

En la actualidad, la Municipalidad Provincial de Pasco cuenta con éste instrumento técnico Plan de rutas denominado “PLAN DE RUTA DE RECOLECCIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS Y BARRIDO DE VIAS PÚBLICAS DEL DISTRITO DEL CHAUPIMARCA – 2021” aprobado según acervo documentario de la entidad con Resolución Gerencial N°190-2021-HMPP-A/GM, que tiene no esta acorde a la necesidad de la población en los siguientes aspectos:

- Rutas superpuestas en mayoría de los recorridos por lo tanto mayor tiempo, mayor combustible.
- Bajo porcentaje de cobertura del servicio de recolección y transporte.
- Incremento de la cantidad generación de residuos sólidos municipales.
- Pocas unidades compactadoras para realizar el servicio: 2 unidad compactadora (1 en estado seminueva y otro con fallas mecánicas).

Detallando especialmente en estos problemas, se ha visto por conveniente la propuesta de ejecutar la optimización de rutas de recolección y transporte de residuos sólidos, se ha analizó la distribución de las rutas mediante la determinación de unidades compactadoras, ejecutando la siguiente ecuación.

$$Nv = \frac{G \times P \times 7 \times Fr \times K}{N \times X \times dh}$$

Fuente: Jesús R. Moreno y Edgar P. Arriaga (Valencia, 2006)

- **Según la ecuación:**

Nv= Número de vehículos

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.

- **Hallando factores:**

G: Es la producción de residuos sólidos en Kg/hab/día, según el instrumento ambiental base equivalente a la Generación Per Cápita Total Municipal, es de **1.11 Kg/hab/día** (E.C.R.S. 2023)

P: Es la cantidad de población según la última evaluación censal del año 2017, para nuestra actualidad se utilizó las Estimaciones y Proyecciones de Población, Indicadores demográficos, por departamento, 2020-2025, siendo la cantidad de **26 234**.

Fr, K y N: Tienen el valor de 1 (Jesús R. Moreno y Edgar P. Arriaga (Valencia, 2006)).

C: Es la capacidad útil de la de una unidad compactadora en kilogramos, para nuestra formula tiene un valor de 11600 kg.

Dh: Son los días hábiles para el recorrido de recolección de residuos sólidos.

- **Aplicando valores encontrados:**

$$Nv = \frac{G \times P \times 7 \times Fr \times K}{N \times X \times dh}$$

$$Nv = \frac{1.11 \times 26234 \times 7 \times 1 \times 1}{1 \times 11600 \times 7}$$

$$Nv = 2.51 \cong 3 \text{ veh\u00edculos}$$

- **Y por \u00faltimo hallar la cantidad de zonas de recorrido (Zr):**

$$Zr = Nv \times \text{Frecuencia de recorrido}$$

- **Frecuencia de recorrido:** es 3 veces por semanas.

Es necesario tener en cuenta que la frecuencia m\u00ednima para la recolecci\u00f3n y transporte de residuos s\u00f3lidos no aprovechables es de tres veces por semana. Por otro lado, la frecuencia para la recolecci\u00f3n y transporte de residuos aprovechables es establecida por la municipalidad (Resoluci\u00f3n Ministerial N\u00b0 091-2020-MINAM).

$$Zr = Nv \times \text{Frecuencia de recorrido}$$

$$Zr = 2.51 \times 3$$

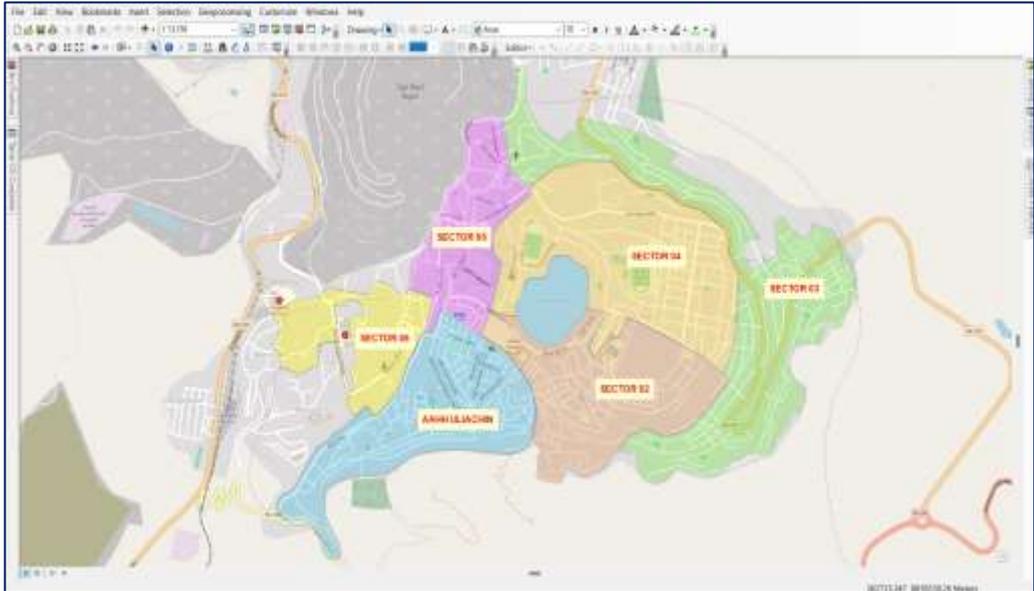
$$Zr = 7.53 \cong 8 \text{ SECTORES (8 rutas)}$$

Por lo hallado, entonces se obtiene la cantidad de (3) tres veh\u00edculos para la recolecci\u00f3n y transporte de residuos s\u00f3lidos de la Municipalidad Provincia de Pasco, en caso de las rutas el valor de 8 y zonas el valor es de 6 debido a la diferencia de 2 rutas por la recolecci\u00f3n de soterrados).

La georreferenciaci\u00f3n de las zonas aplicando macro-ruteo se deben de considerar que estas sean las lo m\u00e1s homog\u00e9neas en las dimensiones de la cobertura de v\u00edas, en la geograf\u00eda de la zona, respecto a su producci\u00f3n y acumulaci\u00f3n de residuos s\u00f3lidos.

Gráfico 10

Nueva distribución de zonas en el distrito de Chaupimarca.



Fuente: Elaboración propia.

➤ **Micro-ruteo**

- **Aplicando el Método del Agente Viajero (TSP).**

Para construir la fórmula objetivo, partimos del Método del Agente Viajero (TSP), el cual busca el recorrido de menor siendo la distancia total. El modelo emplea la multiplicación del número de veces que se recorre un arco por una constante, se tomará como constante la distancia.

Se inició con la creación de nuevas rutas que esencialmente los recorridos pasen obligatoriamente por las esquinas del mapa. Esto permitirá recoger la mayor cantidad de residuos y asegurar que todas las calles sean verificadas para confirmar la recolección de los residuos, de manera que se cumplir según normativa vigente las especificaciones siguientes:

1. Características de las vías (estado, sentido, presencia de pendientes o calles estrechas).
2. Dimensión de las zonas.

3. Cantidad de personal operativo (obreros) con el que se dispone la entidad.
4. Características de las unidades vehiculares (dimensiones, capacidad, estado).

En el modelo, cada arco o recta, que une dos nodos, se considera una variable. La función objetivo de esta investigación está diseñada para minimizar la distancia total recorrida. Aunque los vehículos compactadores deben dejar limpia toda la ruta, esto no implica que debe de recorrer todas las calles paralelas o adyacentes.

$$\min \sum_{(i,j) \in E} C_{ij} X_{ij}$$

Donde:

- i, j = cada extremo del nodo.
- C_{ij} = Distancia entre nodos.

Respecto a las restricciones, el vehículo debe cruzar todos los nodos del mapa, por cada nodo se tendrán restricciones diferentes. Si es un camino de una entrada una salida entonces se colocará como nodos binarios donde la entrada a un punto igual a 1 y las salidas del mismo igual a 1, otro valor que exceda la distancia entre dos o más comparaciones tendrá el valor de 0.

Luego para minimizar el tiempo de cálculo se aplicó la solución con Herramienta SOLVER, especializado en el análisis de hipótesis que busca el valor objetivo óptimo de una celda objetivo ajustando los valores de las celdas utilizadas para calcular dicha celda objetivo. Durante la determinación de la distancia mínima también se definieron restricciones en base a la geografía de la zona, sentido y dimensión de la vía.

Tabla 12

Resultado de rutas optimizadas.

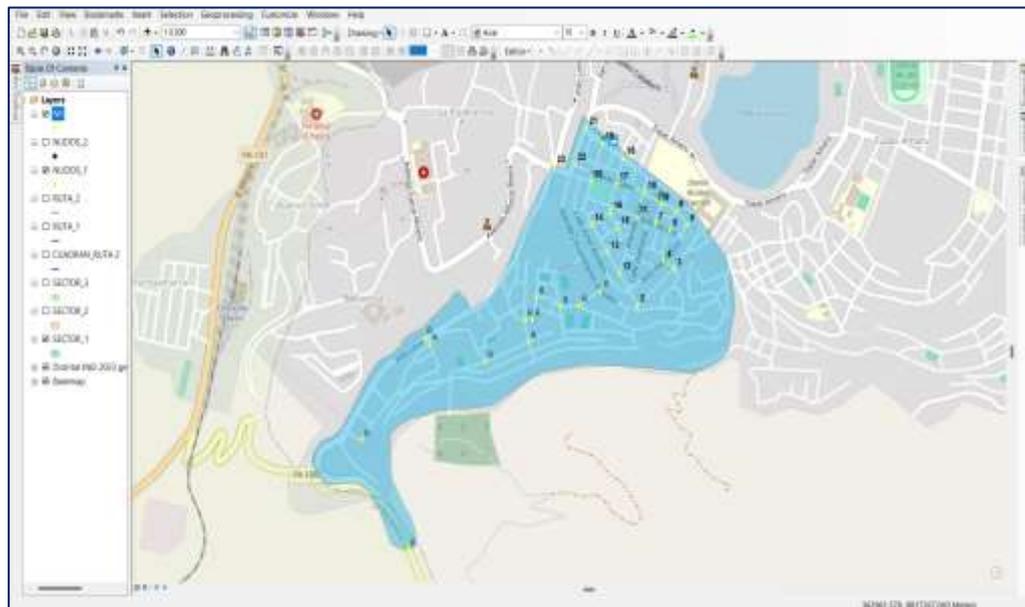
RUTAS	(m)	(Km)
RECOLECCIÓN DE PARADA FIJA		
RUTA 1	4223	4.22
RUTA 2	4304.0	4.30
RUTA 3	9087.0	9.09
RUTA 4	5595.0	5.60
RUTA 5	2750.0	2.75
RUTA 6	3370.0	3.37
RECOLECCIÓN DE SOTERRADOS		
RUTA 7	8087.0	8.09
RUTA 8	7374.0	7.37

➤ **Recolección de parada fija**

1. Identificación y colocación de nodos en la zona 1

Gráfico 11

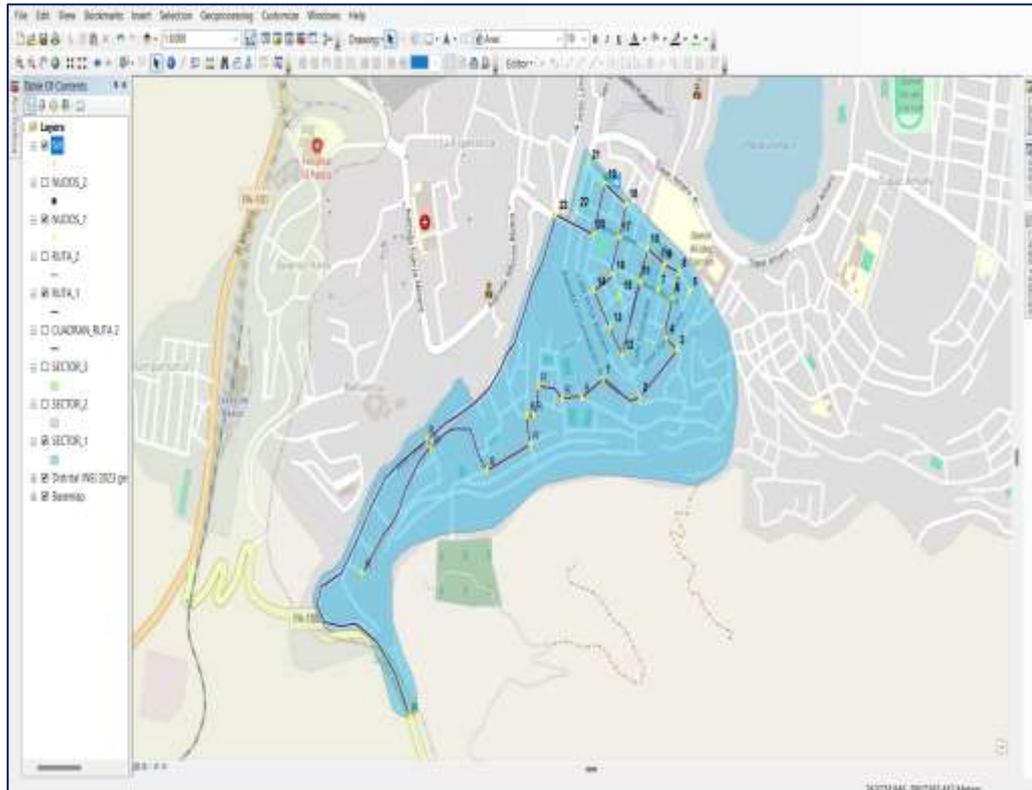
Nodos de la Ruta 1.



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 12

Recorrido optimizado - Ruta 1.



Fuente: Elaboración propia.

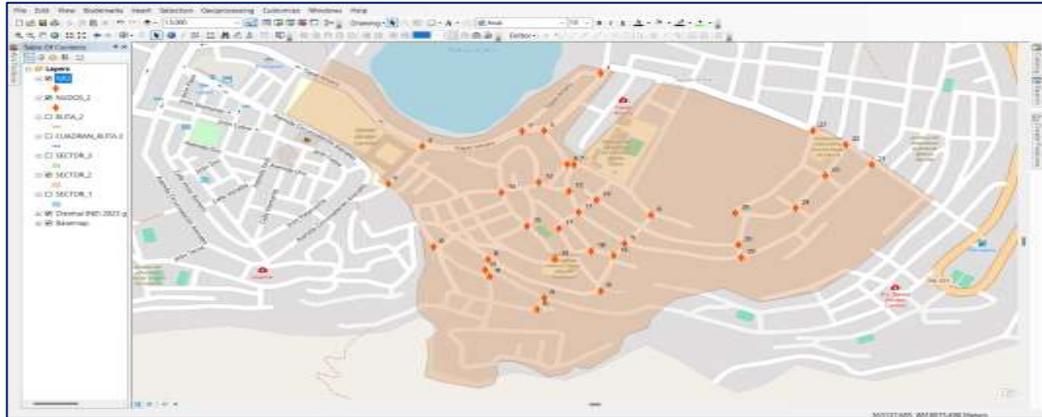
La primera ruta de recorrido:

- Inicia el recorrido en punto conocido como cinco esquinas
- Continúa recto por el Jr. Lima del sector 6 del AA.HH Uliachin.
- Sube por el Jr. Grau, luego gira por el Jr. Tacna de retorno.
- Continúa girando por la Av. Circunvalación Arenales.
- Gira en el Jr. César Vallejo y sigue por el Psj. Granito.
- Sube por el Jr. Cobre y luego gira dos cuadras por la Av. Yauli.
- Baja por el Jr. Zinc y gira por la Av. La Plata.
- Sube por la Av. La Plata, baja dos cuadras por la Av. Alfonso Rivera.
- Continúa subiendo hacia la esquina del jirón Lima.

2. Identificación y colocación de nodos en la zona 2

Gráfico 13

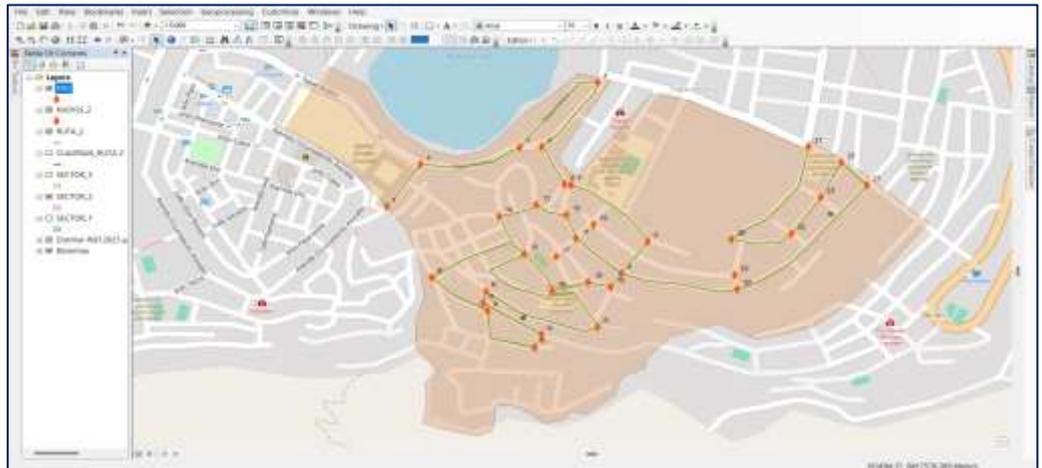
Nodos de la Ruta 2.



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 14

Recorrido optimizado - Ruta 2.



Fuente: Elaboración propia.

La segunda ruta de recorrido:

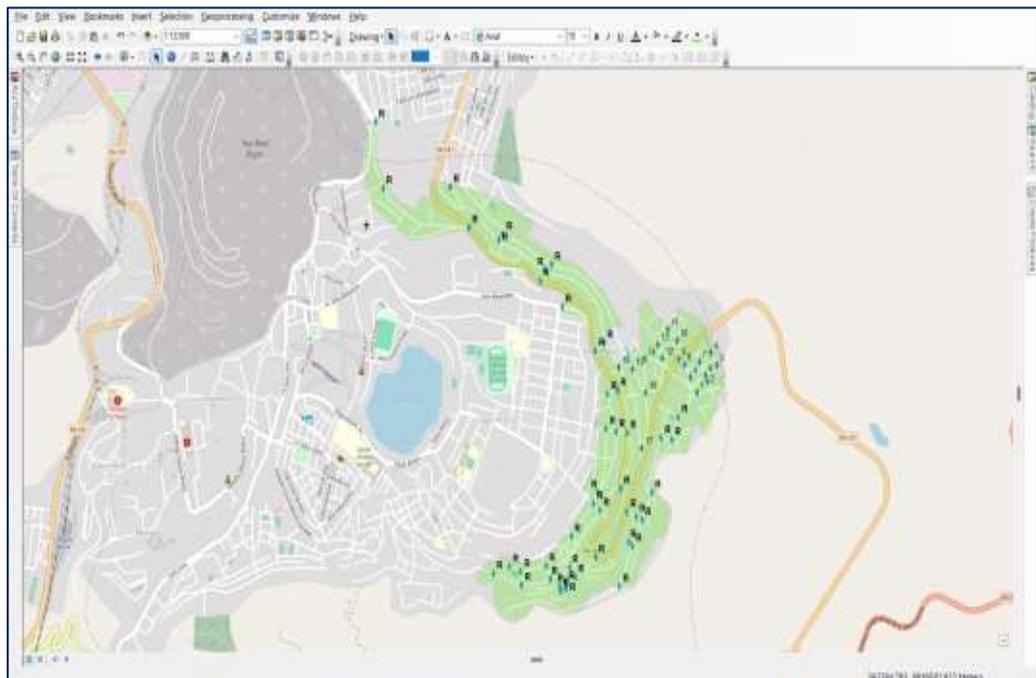
- Inicia el recorrido en la Av. Circunvalación Arenales.
- Gira por la Av. Circunvalación Túpac Amaru.
- Pasa por el Jr. María Parado de Bellido.
- Gira nuevamente por la Av. Circunvalación Túpac Amaru.
- Gira por la Av. 28 de Julio.
- Gira por la Av. 9 de Enero.
- Gira dos cuadras por el Pje. Bolívar.

- Gira dos cuadras al Pje. La Perla.
- Gira una cuadra por el Pje. Sáenz Peña.
- Gira tres cuadras por la calle San Pedro.
- Avanza hasta la calle San Mateo.
- Gira por el Pje. Sáenz Peña.
- Llega al Jr. Pozuzo.
- Gira por la Av. 9 de Enero.
- Gira una cuadra en el Jr. San Sebastián.
- Baja por el Jr. 22 de Septiembre.
- Gira hasta esquina de la Av. Los Insurgentes y terminando su recorrido

3. Identificación y colocación de nodos en la zona 3

Gráfico 15

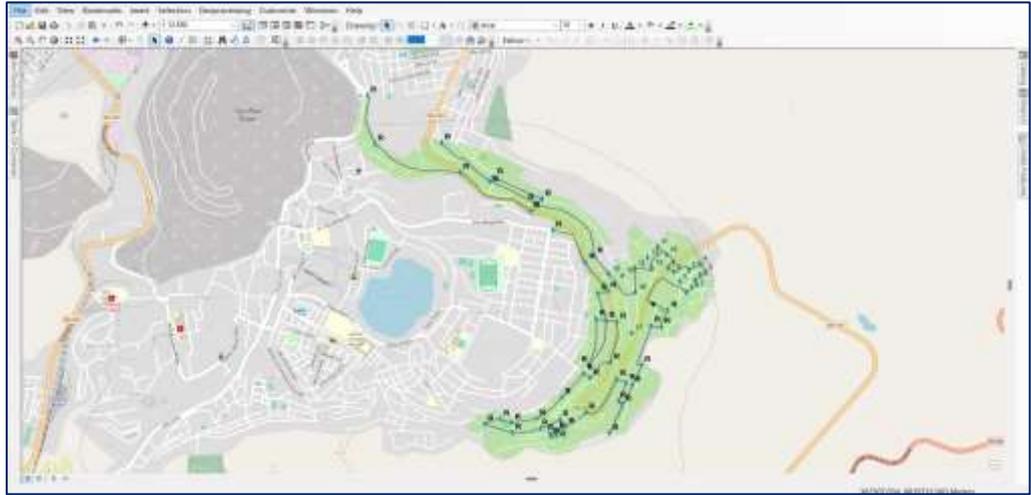
Nodos de la Ruta 3



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 16

Recorrido optimizado - Ruta 3.



Fuente: Elaboración propia.

La tercera ruta de recorrido:

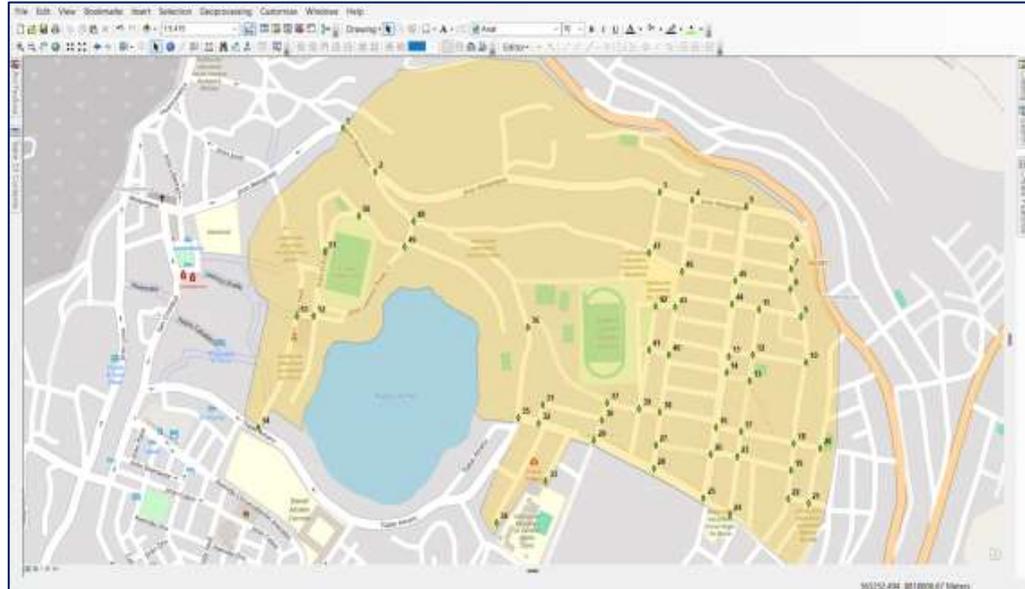
- Inicia el recorrido en la Av. Circunvalación Arenales
- Gira por la Av. Circunvalación Tupac Amaru
- Pasa por el Jr. María Parado de Bellido
- Gira nuevamente por la Av. Circunvalación Tupac Amaru
- Gira por la Av. 28 de Julio
- Gira por la Av. 9 de Enero
- Gira dos cuadras por el Pje. Bolívar
- Gira dos cuadras al Pje. La Perla
- Gira una cuadra por el Pje. Sáenz Peña
- Gira tres cuadras por la Calle San Pedro
- Avanza hasta la Calle San Mateo
- Gira por el Pje. Sáenz Peña
- Llega al Jr. Pozuso
- Gira por la Av. 9 de Enero
- Gira una cuadra del Jr. San Sebastián
- Baja por el Jr. 22 de Septiembre

- Y finalmente gira hasta la Av. Los Insurgentes para terminar su recorrido.

4. Identificación y colocación de nodos en la zona 4

Gráfico 17

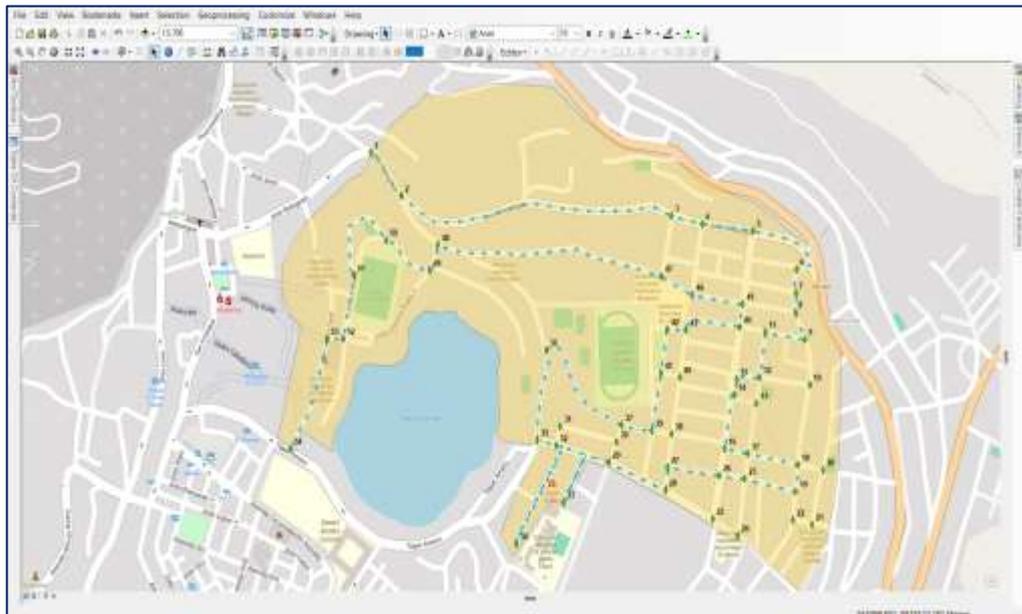
Nodos de la Ruta 4.



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 18

Recorrido optimizado - Ruta 4.



Fuente: Elaboración propia.

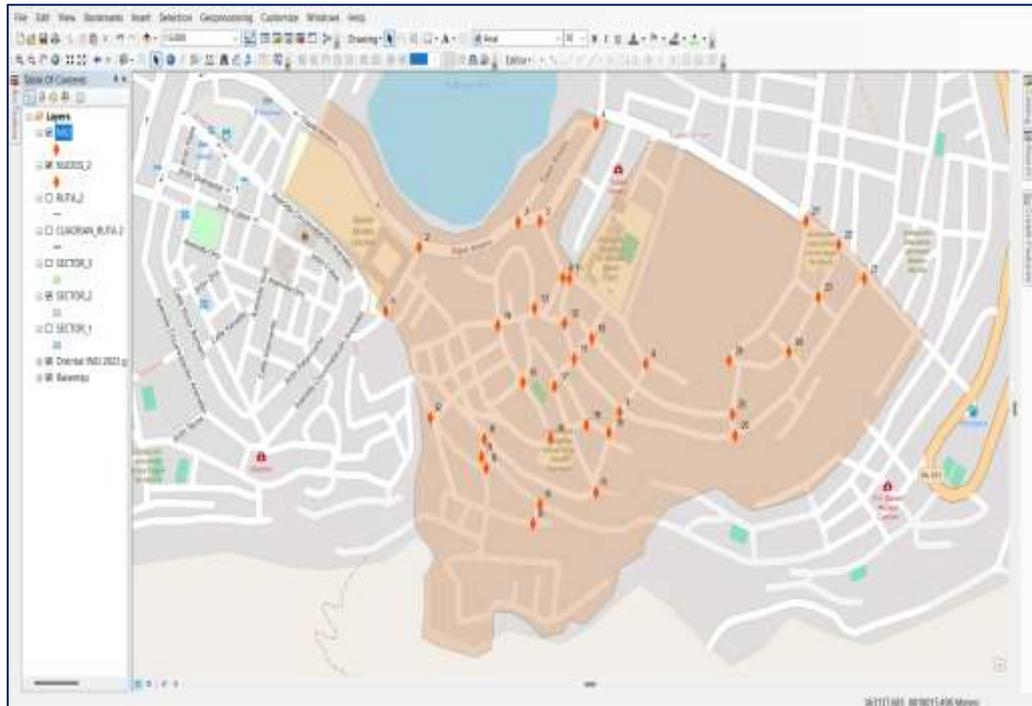
La cuarta ruta de recorrido:

- Inicia el recorrido el Jr. Bolognesi.
- Baja por el Jr. Moquegua.
- Gira una cuadra por el Jr. Huánuco.
- Gira tres cuadras abajo por la Av. 9 de Enero.
- Gira dos cuadras en el Jr. Huallaga.
- Gira una cuadra en el Jr. Iquitos.
- Gira tres cuadras por la Av. 1 de Mayo.
- Gira dos cuadras por la Av. La Libertad.
- Gira una cuadra hacia abajo por la Av. 9 de Enero.
- Gira tres cuadras en el Jr. 15 de Mayo.
- Gira en el Jr. Huaricapcha.
- Gira en la Av. Los Insurgentes.
- Gira en el Jr. 6 de Agosto y vuelve a la Av. Los Insurgentes.
- Gira en el Jr. 9 de Diciembre y vuelve a la Av. Los Insurgentes.
- Gira en la Av. Circunvalación Túpac Amaru.
- Gira por la Av. La Libertad.
- Gira por la Av. San Martín de Porres.
- Gira una cuadra por el Jr. Huallaga.
- Gira una cuadra en la Av. 1 de Mayo.
- Gira por el Jr. Dos de Mayo.
- Llega al Jr. Bolognesi.
- Gira por el Jr. Leoncio Prado.
- Da vuelta alrededor del Estadio Patarcocha.
- Llega de nuevo al Jr. Leoncio Prado y gira por el Jr. Yauli.
- Regresa al Jr. Bolognesi y finalmente culmina su recorrido.

5. Identificación y colocación de nodos en la zona 6

Gráfico 19

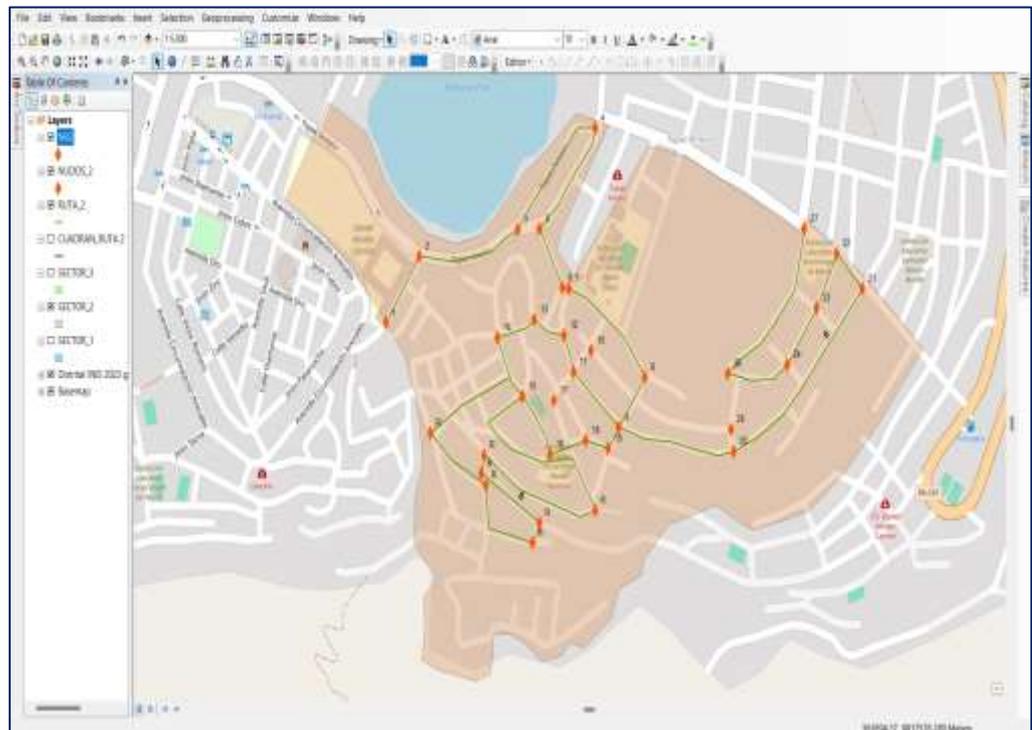
Nodos de la Ruta 5



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 20

Recorrido optimizado - Ruta 5.



Fuente: Elaboración propia.

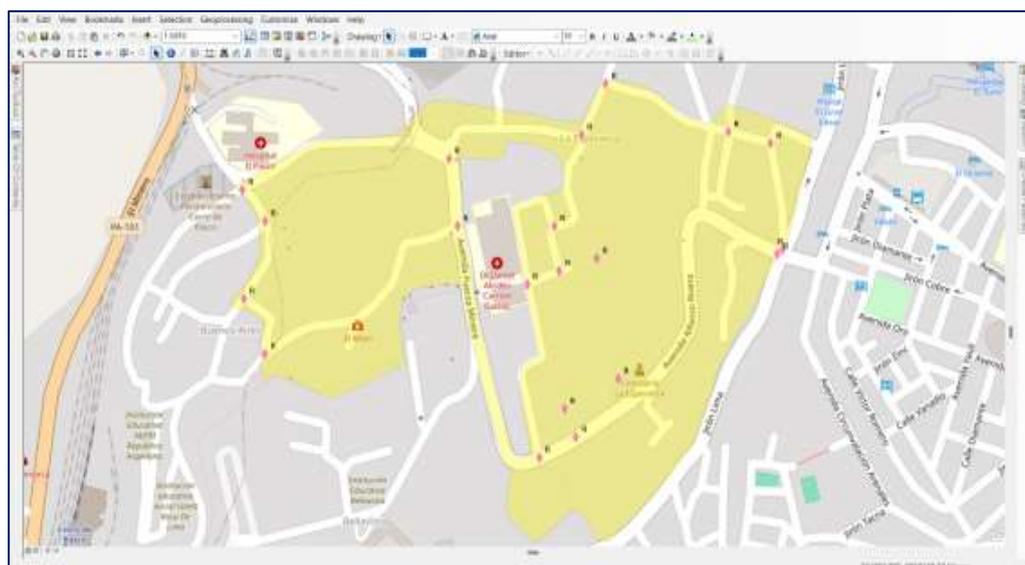
La quinta ruta de recorrido:

- Inicia el recorrido en la Calle Lima.
- Gira una cuadra por el Jr. Bolognesi.
- Gira dos cuadras por el Jr. Grau.
- Llega al Jr. Junín y sigue por el Jr. Huancavelica.
- Gira por el Jr. Lorenzo Rockovich.
- Baja por el barrio Matadería hasta llegar nuevamente al Jr. Lorenzo Rockovich.
- Gira y baja por el Jr. Bolognesi.
- Llega y gira por el Jr. San Cristóbal.
- Gira por la Av. Circunvalación Arenales.
- Gira hacia la Calle Santa Rosa.
- Gira una cuadra por el Jr. Amazonas.
- Gira una cuadra en la Calle Real de Minas.
- Llega a la Av. Circunvalación Túpac Amaru y terminando su recorrido

6. Identificación y colocación de nodos en la zona 6

Gráfico 21

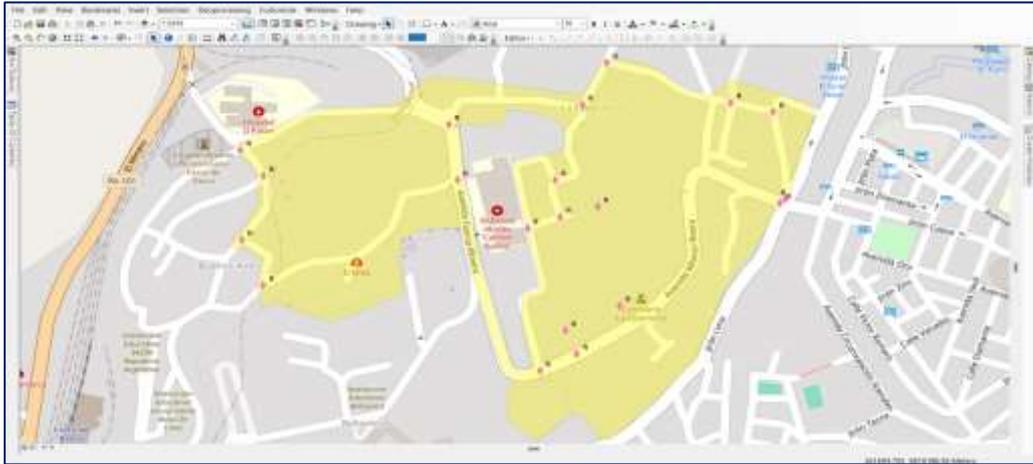
Nodos de la Ruta 6.



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 22

Recorrido optimizado - Ruta 6.



Fuente: Elaboración propia.

La sexta ruta de recorrido:

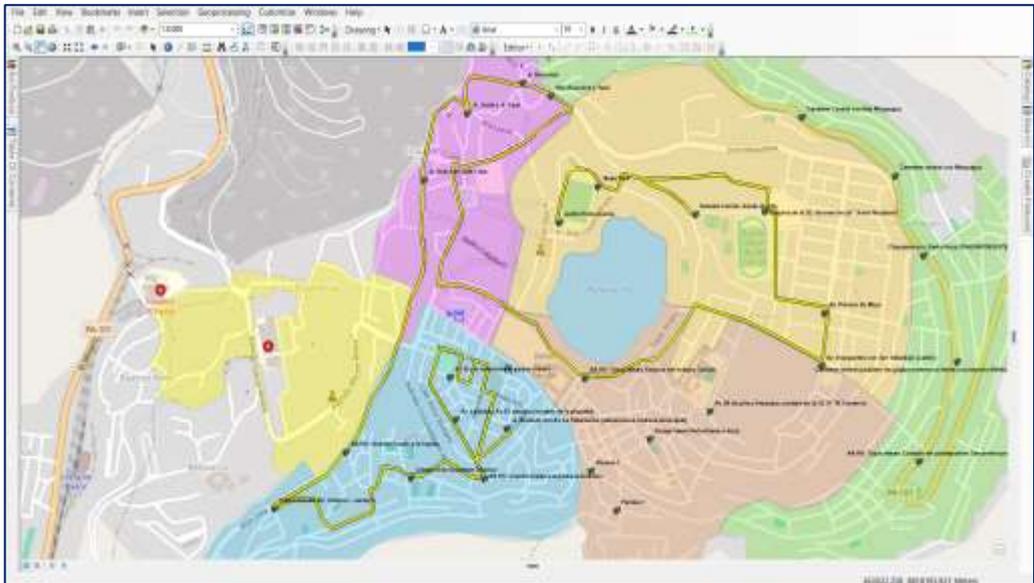
- Inicia el recorrido en el Jr. Huancavelica.
- Sigue por la Calle Huancayo.
- Gira hacia el Jr. San Martín de Porres.
- Dirígete a la Calle Santa Rosa del barrio del mismo nombre.
- Baja hacia el Jr. Las Malvinas.
- Llega a la esquina del EsSalud Pasco.
- Gira por la Av. Argentina.
- Gira hacia la Calle El Misti.
- Se dirige a la Calle La Plata.
- Gira hacia la Calle Fuerza Minera.
- Entra en la Calle 8.
- Luego la Calle 3.
- Recorre hacia la Calle 2.
- Entra por la Calle 7.
- Se dirige al campo La Esperanza para recoger puntos de acopio.
- Regresa a la Calle Fuerza Minera.
- Continúa hacia la Calle Alfonso Rivera para culminar su recorrido

➤ **Recolección de Soterrados**

7. Identificación y colocación de nodos en la zona 7

Gráfico 23

Recorrido optimizado - Ruta 7.



Fuente: Elaboración propia.

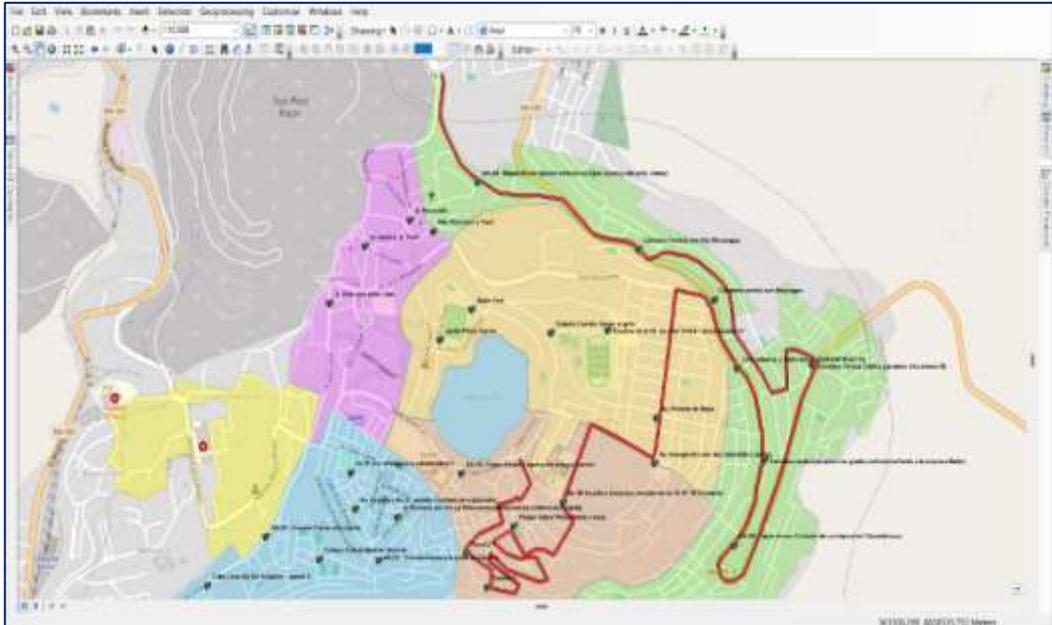
Tabla N°11*Recorrido de soterrado, inicia*

SOTERRADO	DIRECCIÓN
S1	Jr. Bismuto con Av.La Patarcocha (referencia ex cochera municipal)
S2	Av. La plata y Av. El vanadio (costado de la plazuela)
S3	Av.El oro referencia el parque minero
S4	AA .HH. Uliachin frente a la posta de Uliachin
S5	Colegio 6 de diciembre AA.HH Uliachin
S6	Calle Lima-AA .HH. Uliachin - sector 6
S7	AA .HH. Uliachin Frente a la Capilla
S8	Jr. Grau con calle Lima
S9	Jr.Junín y Jr. Yauli
S10	Jr. Rocovich
S11	Alto Rocovich y Yauli
S12	AA .HH.Túpac Amaru Esquina del colegio D.A.C.
S13	Av. Los Insurgentes con San Sebastián (Jardín)
S14	Av. Primero de Mayo
S15	Esquina de la I.E. de Nivel Inicial "Jesús Nazareno"
S16	Estadio Carrión- frente al grifo
S17	Skate Park
S18	Jardín Elvira García

8. Identificación y colocación de nodos en la zona 8

Gráfico 24

Recorrido optimizado - Ruta 8



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 13

Recorrido de soterrado, inicia.

SOTERRADO	DIRECCIÓN
S19	AA.HH. Miguel Bravo Quispe (referencia a dos cuadras del grifo Jimmy)
S20	Carretera Central con Alto Moquegua
S21	Carretera Central (Ultimo paradero villa minera B)
S22	Colegio 6 de diciembre AA.HH. Uliachin
S23	AA.HH. Túpac Amaru Costado del polideportivo Tahuantinsuyo
S24	Chaupimarca y Santa Rosa (TAHUANTINSUYO)
S25	Carretera Central con Alto Moquegua
S26	Av.28 de julio y Arequipa, costado de la Colegio. Nacional Comercial N° 39 "Gerardo Patiño López"
S27	Pasaje Sáenz Peña (frente a losa deportiva)
S28	Parcela 1
S29	Parcela 1

➤ **Interpretación de resultados**

La generación por zona (tal como también: las rutas) para relacionar con la cantidad de vehículos compactadores para la recolección de residuos sólidos es de 2.51, multiplicado por la frecuencia diaria nos da un total de 7.53, aproximando al entero, se necesita 8 rutas.

Tabla 14

Resumen de la generación y cálculo de vehículos.

POBLACIÓN (PROYECCIONES Y ESTADÍSTICAS AL 2023)	GPC (KG/HAB/DÍA)	CANTIDAD DEL VEHÍCULO COMPACTADOR (UND)	CANTIDAD DE ZONAS (COMO TAMBIÉN PARA RUTAS)
26 234	1.11	3	8

Fuente: Elaboración propia.

Distancia total de las rutas de recolección optimizadas.

La distancia total de las rutas optimizadas es de 178.72 km/sem, mediante los datos obtenidos en el software ArcGIS mediante el análisis en una hoja de Excel, las rutas son las siguientes:

Tabla 15

Distancia total de las rutas de recolección optimizadas.

RUTAS	DISTANCIA EN (M)	DISTANCIA EN (KM)
RUTA 1	4223	4.22
RUTA 2	4304.0	4.30
RUTA 3	9087.0	9.09
RUTA 4	5595.0	5.60
RUTA 5	2750.0	2.75
RUTA 6	3370.0	3.37
RUTA 7	8087.0	8.09
RUTA 8	7374.0	7.37

Fuente: Elaboración propia.

Aplicando Guía del Ministerio del ambiente para la recolección selectiva y transporte

Considerando las especificaciones y métodos de la “GUÍA PARA LA GESTIÓN OPERATIVA DEL SERVICIO DE LIMPIEZA PÚBLICA” enfocado en el proceso de recolección selectiva y transporte de residuos sólidos

A) Planificación

Se consideró lo siguiente:

- La frecuencia mínima de recolección y transporte de residuos sólidos domiciliarios de tipo no aprovechables es de tres (3) veces por semana.
- La frecuencia de recolección y transporte de residuos domiciliarios de tipo no aprovechables para la Municipalidad Provincial de Pasco es (2) dos veces por semana.
- La metodología del proyecto es la recolección de parada fija por lo que se realizará el recojo de los residuos sólidos en las esquinas de las calles o mediante paradas en esquinas de las calles, el vehículo tendrá que anunciarse mediante un megáfono para así los usuarios accedan a la unidad compactadora.
- Considerando que las unidades compactadoras tienen una carga de compactación máximo de 11600kg o 11.6 m³.
- Codificamos a las unidades compactadoras:
 - ❖ Unidad Compactadora 1: RT1
 - ❖ Unidad Compactadora 2: RT2
 - ❖ Unidad Compactadora 2: RT3
- El horario de los trabajadores son los siguientes:
 - a. Turno mañana: - 8:00am hasta 12:30am.
 - b. Turno tarde: - 2:00pm hasta 5:30pm.

B) Ejecución:

Tabla N°15

Frecuencia de recolección no aprovechable

RUT A	FRECUENCIA	TURNO	HORARIO	DISTANCIA (m)	DISTANCIA (Km)	U. COMPACT
CAMPANEO DE RUTAS						
1	LUN, MIE	MAÑANA Y TARDE	3:00am hasta 7:00am 2:00pm hasta 5:30pm	4223	4.22	RT 1
2	LUN, MIE	MAÑANA Y TARDE	3:00am hasta 7:00am 2:00pm hasta 5:30pm	4304.0	4.30	RT 1
3	MAR, JUE, SAB	MAÑANA Y TARDE	3:00am hasta 7:00am 2:00pm hasta 5:30pm	9087.0	9.09	RT 2
4	VIE, DOM	MAÑANA Y TARDE	3:00am hasta 7:00am 2:00pm hasta 5:30pm	5595.0	5.60	RT 1
5	MAR, JUE, SAB	MAÑANA Y TARDE	3:00am hasta 7:00am 2:00pm hasta 5:30pm	2750.0	2.75	RT 2
6	VIE, DOM	MAÑANA Y TARDE	3:00am hasta 7:00am 2:00pm hasta 5:30pm	3370.0	3.37	RT 2
RECOLECCIÓN DE TACHOS SOTERRADOS						
7	LUN, MAR, MIE, JUE, VIE, SAB, DOM	MAÑANA	8:00am hasta 12:30am	8087.0	8.09	RT3
8	LUN, MAR, MIE, JUE, VIE, SAB, DOM	TARDE	2:00pm hasta 5:30pm	7374.0	7.37	RT3

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 16*Frecuencia de recolección aprovechable:*

RUTA	FRECUENCIA	TURNOS	HORARIO	DISTANCIA (Km)	U. COMPAC
CAMPANEO DE RUTAS					
2	LUN, MIE	TARDE	6:00 pm hasta 10:00 pm	4.30	RT 1
3	MAR, JUE, SAB	TARDE	6:00 pm hasta 10:00 pm	9.09	RT 2

Fuente: Elaboración propia.**Tabla 17***Distancia semanal, mensual y anual de las rutas de recolección optimizadas.*

DISTANCIA SEMANALMENTE (Km)						
DOMINGO	LUNE	MARTE	MIERCOLE	JUEVE	VIERNE	SABAD
	S	S	S	S	S	O
R4	R1	R3	R1	R3	R4	R3
R6	R2	R5	R2	R5	R6	R5
R7	R7	R7	R7	R7	R7	R7
R8	R8	R8	R8	R8	R8	R8
-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-
24.43	23.98	27.3	23.98	27.3	24.43	27.3
TOTAL						
178.72						
DISTANCIA MENSUAL (Km)						
714.88						
DISTANCIA ANUAL (Km)						
8578.56						

Tabla 18*Distancia total de las rutas de recolección actual.*

N° DE RUTA	DISTANCIA (Km)	PLACA DE LA UNIDAD COMPACTADORA
R1	4.95	EGV-250
R2	6.53	EGV-250
R3	3.27	EGV-250
R4	8.39	EGV-250
R5	3.9	EGV-250
R6	3.24	EGV-250
R7	9.56	EGV-252
R8	3.66	EGV-252
R9	3.42	EGV-252
R10	4.92	EGV-252

Fuente: Elaboración propia.**Tabla 19***Distancia semanal de las rutas de recolección actual.*

	DISTANCIA SEMANALMENTE (Km)					
	LUNE	MARTE	MIERCOLES	JUEVE	VIERNE	SABAD
DOMINGO	S	S		S	S	O
R2	R1	R2	R3	R2	R1	R2
R3	R3	R3	R4	R3	R3	R3
R4	R4	R4	R5	R4	R4	R4
R7	R5	R6	R7	R6	R5	R6
-	R7	R7	R9	R7	R7	R7
-	R8	-	R10	R8	R9	R10
27.75	33.73	30.99	33.46	34.65	33.49	35.91
TOTAL						
229.98						

Tabla 20*Distancia mensual de las rutas de recolección actual.*

DISTANCIA MENSUAL (Km)
919.92

Fuente: Elaboración propia.**Tabla 21***Distancia anual de las rutas de recolección actual.*

DISTANCIA ANUAL (Km)
11039.04

Fuente: Elaboración propia.**Resumen de la distancia total de las rutas actuales y optimizadas****Tabla 22***Distancia total de las rutas actuales y optimizadas*

RESULTADO	DISTANCIA ACTUAL	DISTANCIA OPTIMIZADA
SEMANALMENTE (Km/sem)	229.98	178.72
MENSUAL (Km/mes)	919.92	714.88
DISTANCIA ANUAL (Km/año)	11,039.04	8,578.56

➤ **Resultado del tiempo de la ruta obtenida**

Se calcula que en la recolección y transporte de residuos sólidos de la Municipalidad Provincial De Pasco la velocidad tiene un valor de 5 km/h incluyendo paradas de esquina a esquina u otros factores cómo la obstaculización de vías. Como resultado del tiempo total de las rutas actuales es de 35.74 horas semanales.

Tabla 23*Resultado del tiempo de la ruta obtenida.*

RESULTADO	Tiempo actual	Tiempo optimizado
SEMANALMENTE	51.107	39.716
MENSUALMENTE	204.427	158.862
ANUALMENTE	2453.120	1906.347

➤ **Resultado de la combustible de la ruta obtenida**

Tabla 24*Resultado de combustible de la ruta obtenida.*

FRECUENCIA	RUTAS	GA/KM	DISTANCIA (Km/sem)	GALONES/SEM	GALONES	PRE CIO S/. (Incluido IGV)	Costo Semanal (S/.)	Costo mensual (S/.)
DOMINGO	R, R6, R7, R8	0.092	24.43	2.25	8.99	18.98	42.658688	170.6347552
LUNES	R1, R2, R7, R8	0.092	23.98	2.21	8.82	18.98	41.872916	167.4916672
MARTES	R3, R5, R7, R8	0.092	27.3	2.51	10.05	18.98	47.670168	190.680672
MIÉRCOLES	R1, R2, R7, R8	0.092	23.98	2.21	8.82	18.98	41.872916	167.4916672
JUEVES	R3, R5, R7, R8	0.092	27.3	2.51	10.05	18.98	47.670168	190.680672
VIERNES	R4, R6, R7, R8	0.092	24.43	2.25	8.99	18.98	42.658688	170.6347552
SÁBADO	R3, R5, R7, R8	0.092	27.3	2.51	10.05	18.98	47.670168	190.680672
TOTAL			178.72	16.4422	65.7689	-	312.0737	1248.2948

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 25

Resultado de combustible de la ruta obtenida.

RESULTADO	COSTO ACTUAL	COSTO OPTIMIZADA
SEMANALMENTE	S/. 401.58	S/. 312.07
MENSUAL	S/. 1,606.33	S/. 1,248.29
DISTANCIA		
ANUAL	S/. 19,275.93	S/. 14,979.53

4.3. Prueba de Hipótesis

La investigación tenía una hipótesis inicial, describiendo lo siguiente:

“La optimización se realizará mejorando las rutas en la recolección y transporte de los residuos sólidos domiciliarios utilizando Sistemas de Información Geográfica en el Distrito de Chaupimarca, 2023”

Entonces al concluir la investigación podemos mencionar que la hipótesis es válida, comprobándose en la georreferenciación y cálculo de distancias en el Sistema De Información Geográfica, teniendo como base lo mencionado se prosiguió a la construcción del modelo, con el modelo se detalla la optimización disminuyendo distancia, tiempo y costo de combustible en la recolección y transporte de los residuos sólidos.

Por lo expuesto, se afirma y cumple la hipótesis planteada en la investigación.

De la misma manera, las hipótesis específicas son válidas, se analizaron las 10 rutas actuales de recolección y transporte del distrito de Chaupimarca, también se localizaron 29 contenedores soterrados que fueron incluidas en las rutas de recolección de residuos sólidos optimizadas que fueron determinados utilizando sistemas de información geográfica y el uso de modelos matemáticos, todo ellos a base de la actualización al Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos Municipales - ECRS del distrito de Chaupimarca. Obteniendo la mejora

y como resultado la eficiencia en los indicadores de distancias, tiempos y costos correspondiente a la propuesta del servicio de recolección y transporte en el distrito de Chaupimarca.

4.4. Discusión de resultados

Posteriormente, al realizar los cálculos mediante el software del sistema de información geográfica – ArcGIS y el cálculo con el modelo matemático y asimismo diseñando las resultantes, la investigación detalla los siguientes resultados:

- a) En el área urbana del distrito de Chaupimarca, se ubicaron 29 contenedores soterrados para el almacenamiento de residuos sólidos y posteriormente se diseñaron e incluyeron (2) dos rutas en el servicio de limpieza pública para su recolección, con una distancia total de 15.46 Km.
- b) Respecto a la distancia de recolección y transporte de las unidades compactadoras, la ruta actual tiene una distancia total de 11039.04 Km/año, mientras que la ruta propuesta tiene una distancia total de 8,578.56 Km/año, logrando la optimización con una diferencia de 2,460.48 Km/año.
- c) Respecto al tiempo de recolección y transporte, la ruta actual alcanza un tiempo de 51.11 horas/sem, mientras que la ruta optimizada alcanza un tiempo de 39.72 horas/sem, logrando la optimización con una diferencia de 11.39 horas/sem.
- d) Respecto al costo de combustible en la recolección y transporte, la ruta actual tiene un costo de S/. 19,275.93, mientras que la ruta optimizada alcanza un costo de S/. 14,979.53, logrando la optimización con una diferencia de S/. 4,296.40.

CONCLUSIÓN

A partir de los resultados obtenidos mediante el proceso aplicado, se concluye con los siguiente:

- Mediante la revisión de investigaciones en el ámbito local, nacionales e internacionales se desarrolló la optimización de rutas mediante la aplicación de Sistemas de Información Geográfica como datos base, que consiguiente ejecutamos y aplicamos el Método del Agente Viajero (TSP), aplicando estadística para el cálculo de las rutas del servicio de recolección y transporte.
- Al aplicar el Método del Agente Viajero (TSP) mediante el cálculo en la herramienta SOLVER del software Excel siendo una herramienta fácil de usar y con resultados eficientes, se diseñaron nuevas rutas que optimizan la recolección y transporte de residuos sólidos en el distrito de Chaupimarca, al aplicarlo mediante el macrorruteo y microrruteo mejora el porcentaje cobertura del servicio en los 6 sectores calculados; asimismo, minimiza la distancia, tiempo y costo de la entidad.
- Al analizar las rutas optimizadas respecto a las rutas actuales se nota una diferencia de reducción en distancia: 15.46 Km; en tiempo: 11.39 horas/sem; y en costo de combustible: S/. 4,296.40.
- El estudio de investigación al aplicar los datos de la actualización del E.C.R.S., consiguiente el método de recolección y las consideraciones de la Guía Para La Gestión Operativa Del Servicio De Limpieza Pública para la frecuencia de recolección de residuos aprovechables y no aprovechables, formula el cambio de forma positiva a la Gestión Integral de Residuos Sólidos y su manejo dentro del distrito de Chaupimarca por su eficiencia en los indicadores.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda a la Municipalidad Provincial de Pasco, que utilice la información obtenida en la investigación para reducir distancias, tiempo y costo de combustible, donde se implementa la recolección selectiva de residuos aprovechables y no aprovechables en los (6) sectores obtenidos en la investigación, todo ello en la pronta actualización del instrumento base o documento técnico del “Plan de Rutas de recolección y transporte de residuos sólidos del distrito de Chaupimarca”.
- Se recomienda a las futuras investigaciones la aplicación del Método del Agente Viajero para reducir y mejorar el uso de los recursos de la identidad.
- Se recomienda un Plan de mantenimiento de las unidades compactadoras por el área de maquinarias o equivalente en la entidad para la vida útil larga de las unidades y su reducción de costos en el servicio de recolección y transporte de residuos sólidos.
- Se recomienda la sensibilización en el tema de la gestión y manejo de residuos sólidos municipales en el distrito de Chaupimarca.
- Se recomienda la implementación del Sistema de Control por posicionamiento global (GPS) con a la finalidad del monitoreo en tiempo real de las unidades compactadoras en: identificación, ubicación, velocidad, zona de trabajo, alarmas especiales, reconocimiento de las rutas, entre otros.), asimismo mejorar el sistema de comunicación entre los operadores y una base de control del proceso.
- Se recomienda la difusión de las rutas generadas en la investigación mediante campañas de sensibilización, espacios en las estaciones de radio y páginas web, como también la señalización en el área urbana mediante cintas reflectivas y paneles informativos de inicio y fin.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta Catacora, K. R. (2020). *Propuesta de un modelo de optimización de rutas para mejorar la eficiencia de la recolección y transporte de residuos sólidos en el distrito de Ilo, 2018*. Arequipa- Perú. Obtenido de <https://repositorio.ucsm.edu.pe/items/6e022b37-1bc0-4db8-a00c-d172b5a86b46>
- Anton Bernal, J. M. (2018). *Desarrollo de un planificador de rutas para recojo de desechos sólidos en el distrito de Chiclayo utilizando algoritmo de DIJKSTRA*. Obtenido de <https://repositorio.uss.edu.pe/handle/20.500.12802/4666>
- Barbosa Moreno, A., Mar Orozco, C. E., & Molar Orozco, J. F. (2020). *Metodología de la Investigación Metodos y Técnicas*. Ed. Patr, · Tapa Blanda. Obtenido de <https://books.google.com.pe/books?id=e5otEAAAQBAJ&printsec=copyright&r#v=onepage&q&f=false>
- Carmen.C. (2008). *Manejo integrado de residuos sólidos: Programa de reciclaje*. Caracas , Venezuela : Scielo . Obtenido de https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1010-29142008000100010
- Comex Peru. (2022). *Solo Aprovechamos El 1% De Residuos Orgánicos E Inorgánicos Que Generamos. Peru* : Comex Peru. Obtenido de <https://www.comexperu.org.pe/articulo/solo-aprovechamos-el-1-de-residuos-organicos-e-inorganicos-que-generamos#:~:text=De%20las%201%2C844%20municipalidades%20que,va%20para%20compostaje%20y%20otros.>
- GEOINNOVA. (2023). *¿Qué es un SIG, GIS o Sistema de Información Geográfica?* GEOINNOVA. Obtenido de <https://geoinnova.org/blog-territorio/que-es-un-sig-gis-o-sistema-de-informacion-geografica/>
- gob.pe. (2022). *Ficha De Homologación: Servicio de recolección selectiva y transporte de residuos sólidos*. Obtenido de

<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/3887354/PFH%20SERVICIO%20DE%20RECOLECCION%20VF%20%20%20%20.pdf.pdf>

Hernández Sampieri, R. (Abril, 2014). *Metodología de Investigación: Sexta Edición*.

McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.

M.Limache. (2021). *Programa de mejora del nivel de concientización ciudadana sobre la recolección de residuos sólidos en el barrio de San Carlos, Huancayo*.

Huancayo, Junin, Perú: SCielo. Obtenido de

http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-

99932021000200193

Márquez, P. J. (2008). *Macro y micro ruteo de residuos sólidos residenciales*. Obtenido

de <https://repositorio.unisucre.edu.co/server/api/core/bitstreams/868a8992->

173d-480a-926e-482e25e27cda/content

MINAM. (2015). *Guía Metodología para el desarrollo del plan de manejo de residuos*

sólidos. Lima, Peru . Obtenido de

<https://redrrss.minam.gob.pe/material/20150302183324.pdf>

MINAM, M. d. (Miércoles, 29 Abril, 2020). *Guía para la Gestión Operativa del Servicio*

de Limpieza Pública - Resolución Ministerial N°091-2020-MINAM. SINIA.

Obtenido de <https://sinia.minam.gob.pe/normas/aprueban-guia-gestion->

[operativa-servicio-limpieza-publica](https://sinia.minam.gob.pe/normas/aprueban-guia-gestion-operativa-servicio-limpieza-publica)

Ministerio del Ambiente. (9 de enero de 2022). *Decreto Supremo N.° 001-2022-MINAM*.

Obtenido de <https://www.gob.pe/institucion/minam/normas-legales/2649587->

001-2022-minam

NOAA. (2023). *Sistema de Posicionamiento Global*. Estados Unidos . Obtenido de

<https://www.gps.gov/spanish.php>

OAP. (2023). *Manual operativo para la gestión de proyectos de investigación*. Mexico.

Obtenido de <https://textos.pucp.edu.pe/pdf/4714.pdf>

OEFA, P. I. (s.f.). *Gestión Integral de Residuos Sólidos*. Obtenido de

<https://pifa.oefa.gob.pe/AppResiduos/>

- Pasco, M. P. (27 de setiembre de 2023). *Resolución de Alcaldía N.º Nro. 0435-2023-A-HMPP-PASCO. DISTRITO DE CHAUPIMARCA.* Obtenido de <https://www.gob.pe/institucion/munipasco/normas-legales/4839539-nro-0435-2023-a-hmpp-pasco>
- peplematters. (2023). *Sistema De Posicionamiento Global (GPS): Descripción, Análisis.* Obtenido de <https://www.peplematters.com/Archivos/Descargas/GPS.pdf>
- Report, J. (s.f.). *Sección I: Manual para Mejoramiento de la Recolección .* Obtenido de https://openjicareport.jica.go.jp/pdf/11712874_05.pdf
- UNAM. (2022). *Disposición a pagar por eliminación de residuos urbanos (Municipalidad Provincial de Tambopata).* Madre de Dios, Perú : Scielo. Obtenido de http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2313-29572020000400329
- UNCVT. (2023). *Manejo de residuos sólidos en la gestión municipal: Revisión sistémica.* Trujillo, Perú : Scielo. Obtenido de https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2542-30882023000200150
- USMP. (2018). *MANUAL PARA ELABORAR.* Lima, Peru . Obtenido de https://medicina.usmp.edu.pe/wp-content/uploads/manuales-investigacion/MANUAL_SEGUNDA_ESPECIALIDAD.pdf

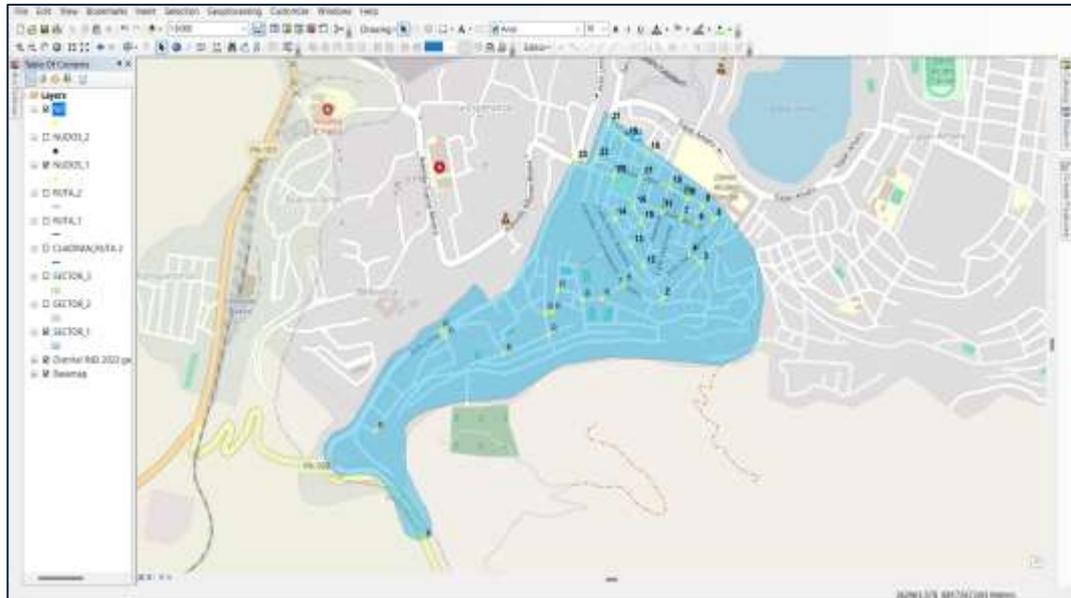
ANEXOS

INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

1. MÉTODO DE DISEÑO DE RUTAS

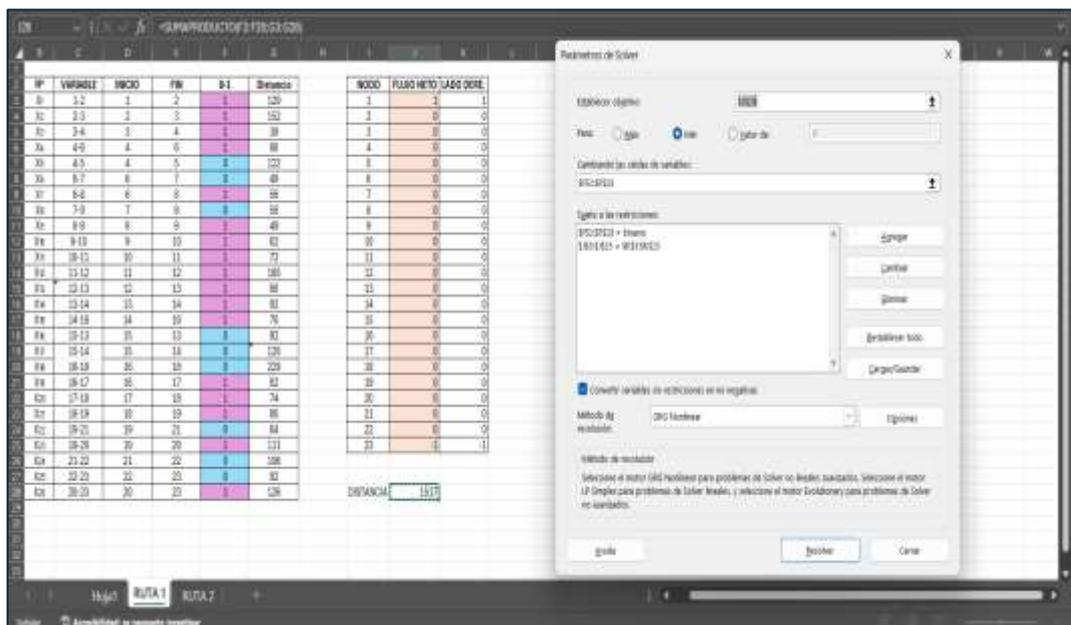
- RUTA 1

Gráfica 1: Distancia de nodo a nodo de ruta 1



Fuente: Elaboracion propia

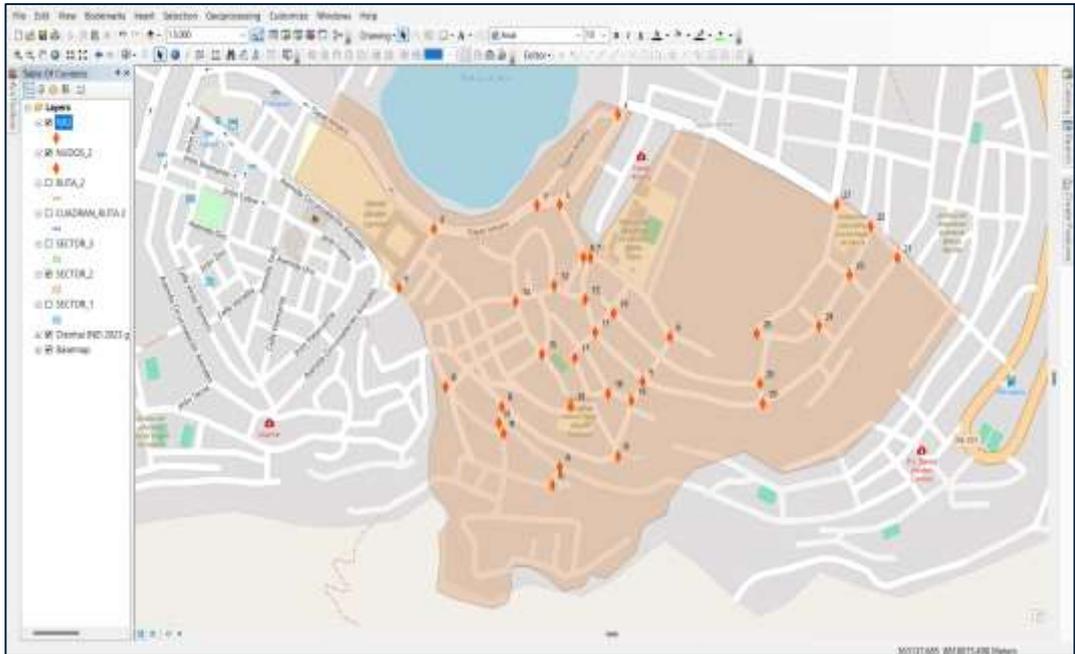
Gráfica 2: Calculo con la herramienta SOLVER de Excel.



Fuente: Elaboracion propia

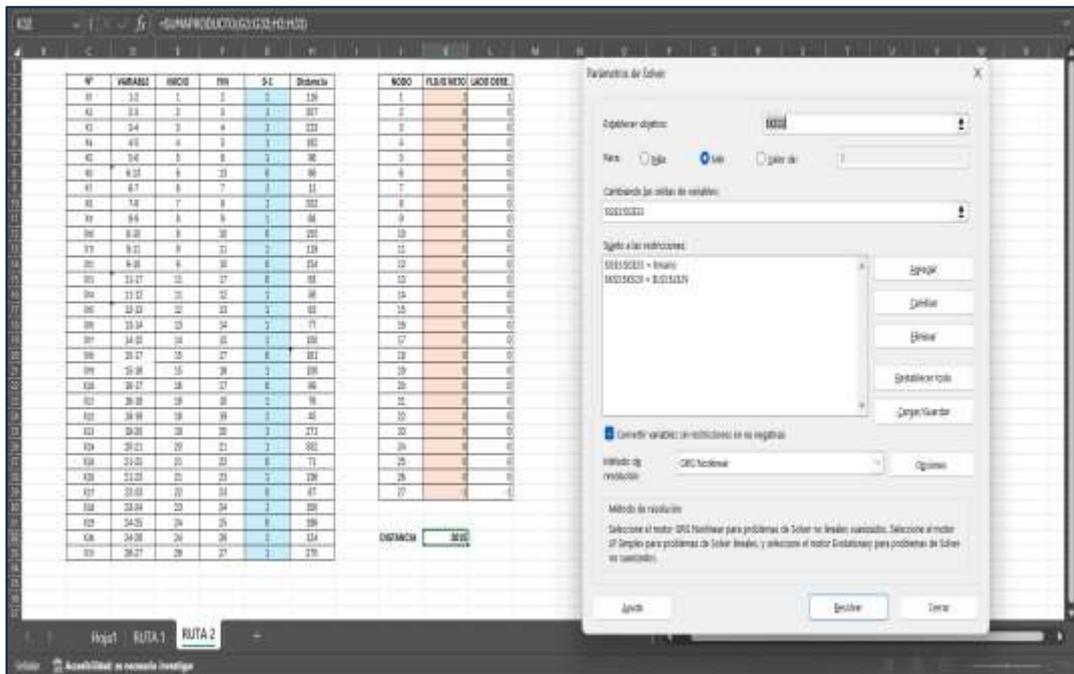
- **RUTA 2**

Gráfica 3: Distancia de nodo a nodo de ruta 2.



Fuente: Elaboracion propia

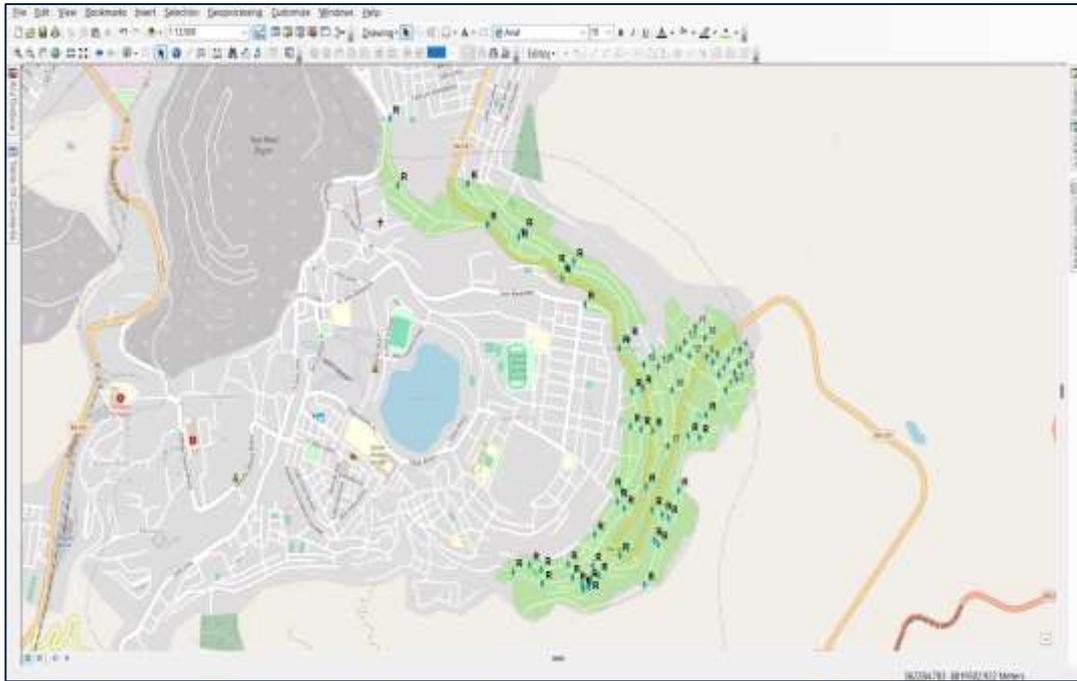
Gráfica 4: Calculo con la herramienta SOLVER de Excel.



Fuente: Elaboracion propia

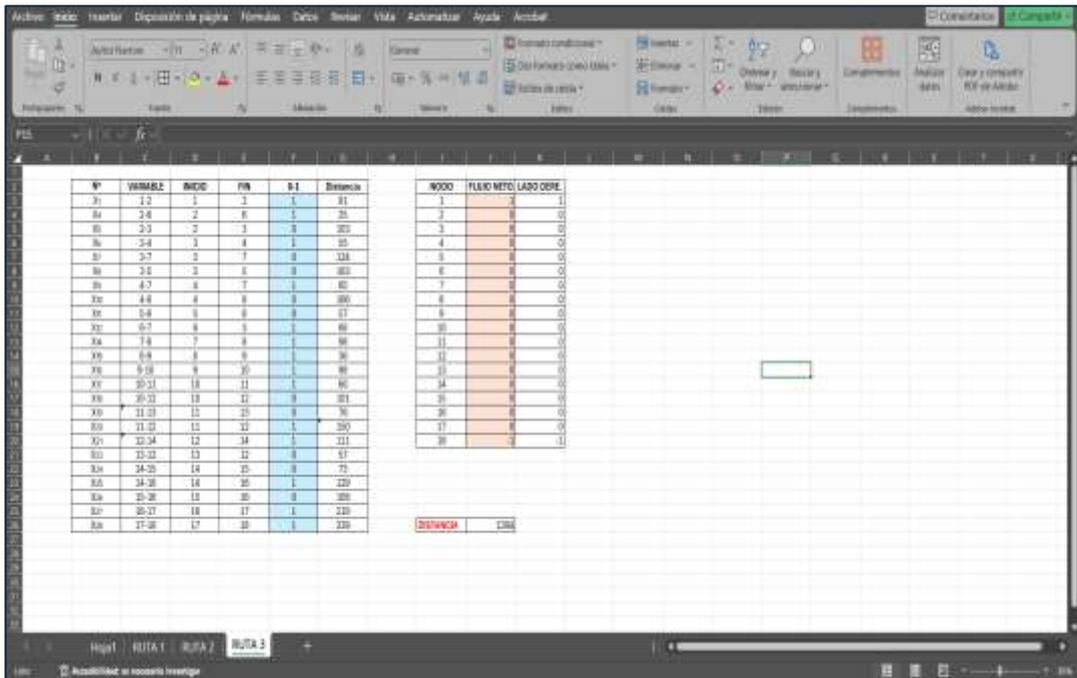
- **RUTA 3**

Gráfica 5: Distancia de nodo a nodo de ruta 3.



Fuente: Elaboracion propia

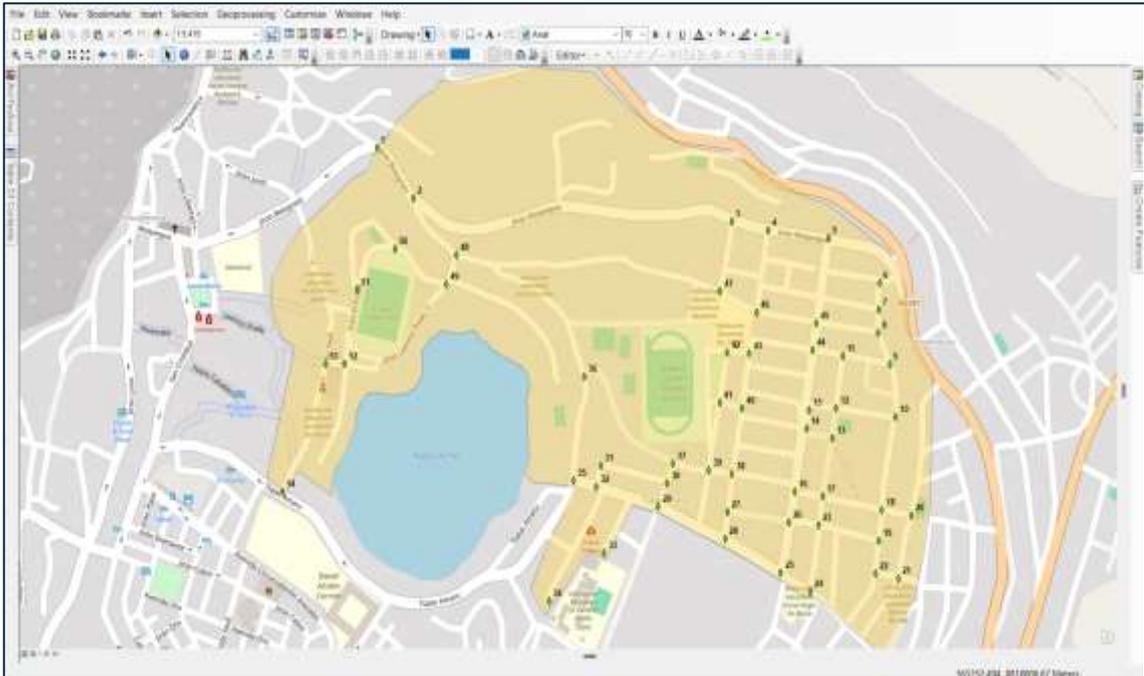
Gráfica 6: Calculo con la herramienta SOLVER de Excel.



Fuente: Elaboracion propia

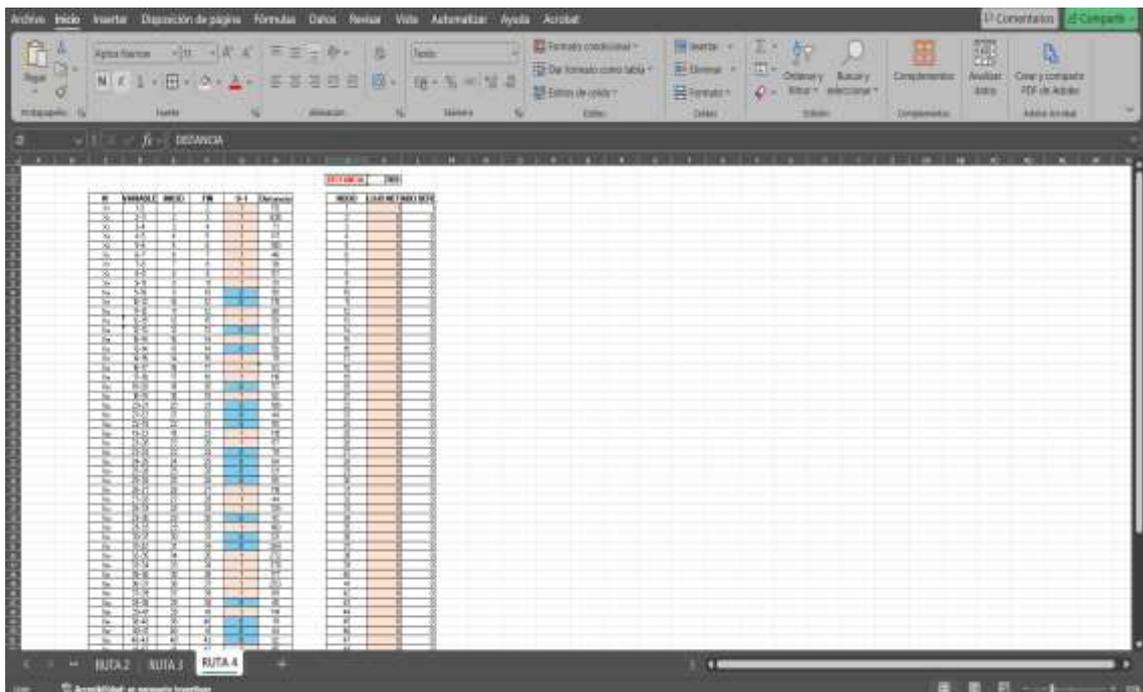
- **RUTA 4**

Gráfica 7: Distancia de nodo a nodo de ruta 3



Fuente: Elaboracion propia

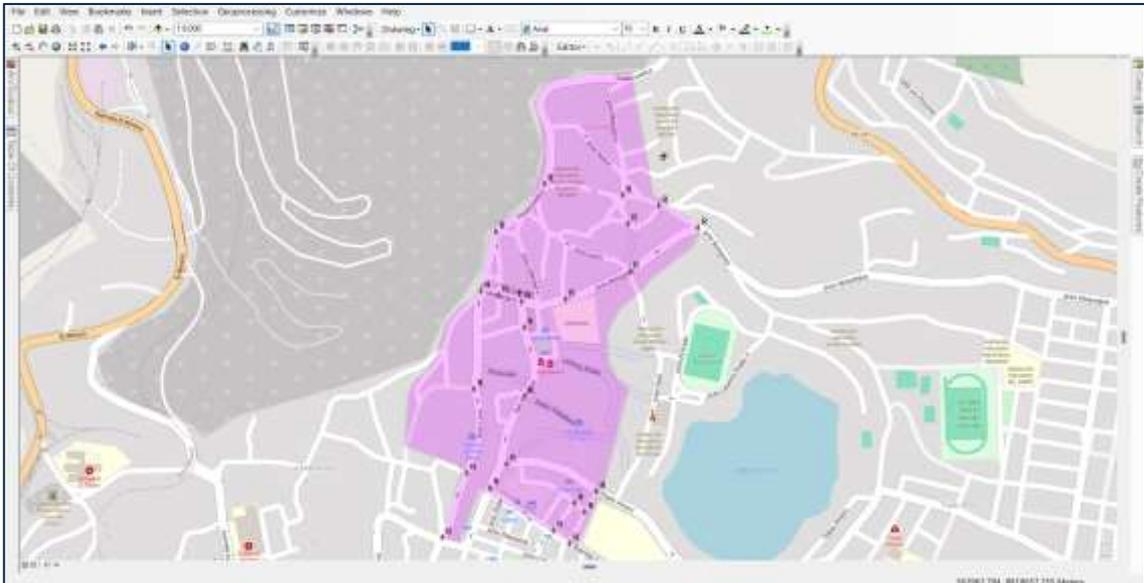
Gráfica 8: Calculo con la herramienta SOLVER de Excel.



Fuente: Elaboracion propia

- **RUTA 5**

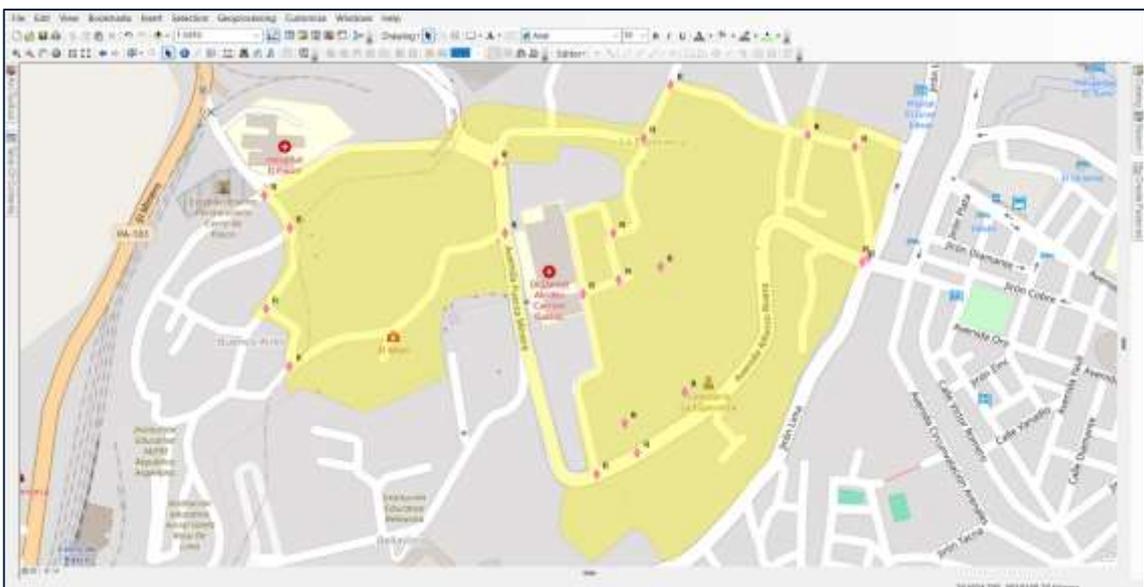
Gráfica 9: Distancia de nodo a nodo de ruta 5.



Fuente: Elaboracion propia

- **RUTA 6**

Gráfica 10: Distancia de nodo a nodo de ruta 6.



Fuente: Elaboracion propia

- **RUTA 7**

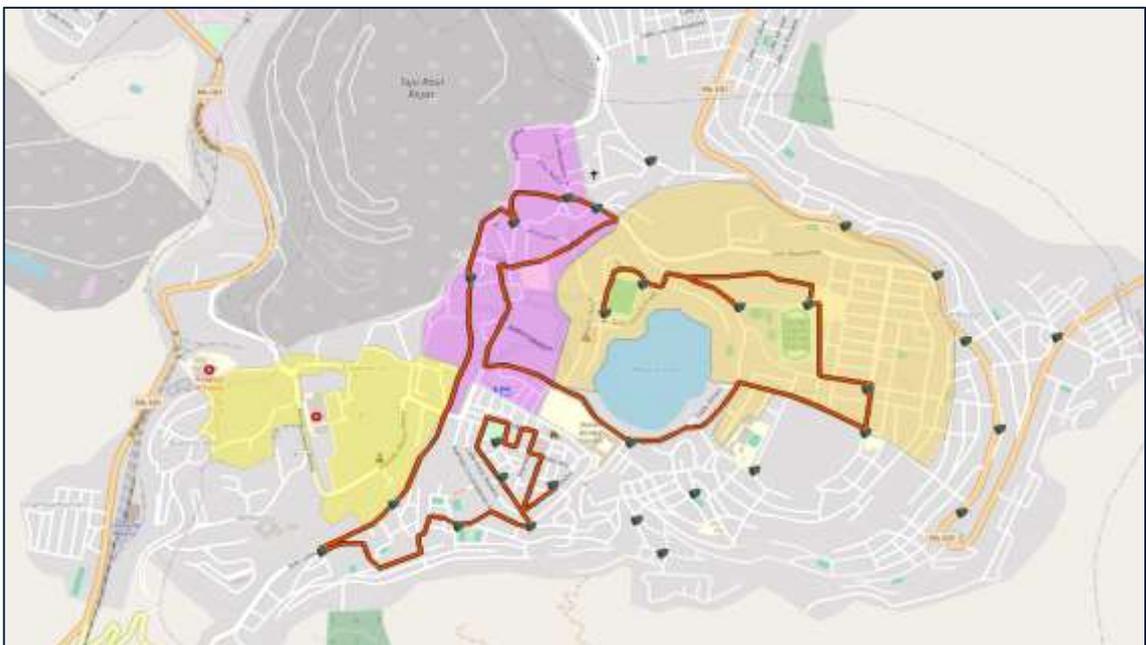
Gráfica 11: Distancia de nodo a nodo de ruta 7.



Fuente: Elaboracion propia

- **RUTA 8**

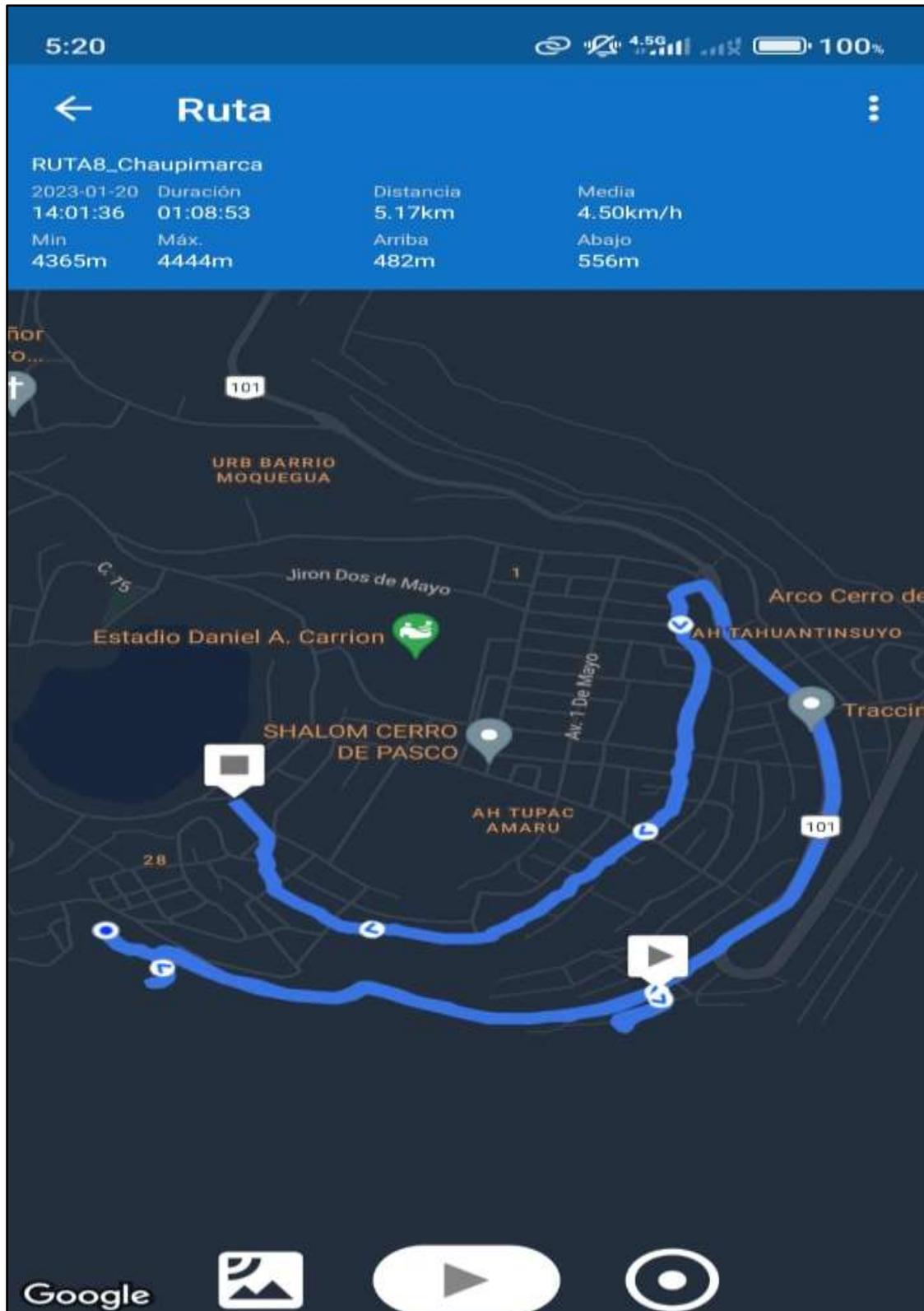
Gráfica 12: Distancia de nodo a nodo de ruta 8.



Fuente: Elaboracion propia.

2. APLICACIÓN MOVIL

Gráfica 13: Aplicación Móvil para el ruteo de las rutas

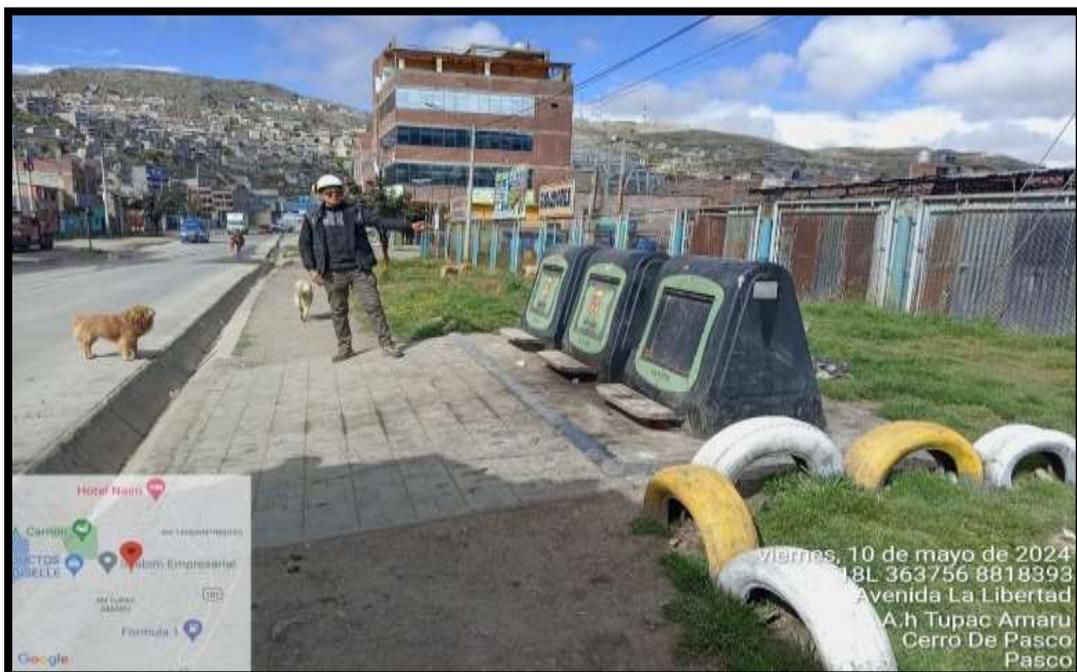


3. UBICACIÓN DE LOS CONTENEDORES SOTERRADOS EN EL DISTRITO

Gráfica 14: Soterrado PT 1 - Jr. Grau con calle Lima



Gráfica 15: Contenedor Soterrado PT 2 - Av. Primero de Mayo



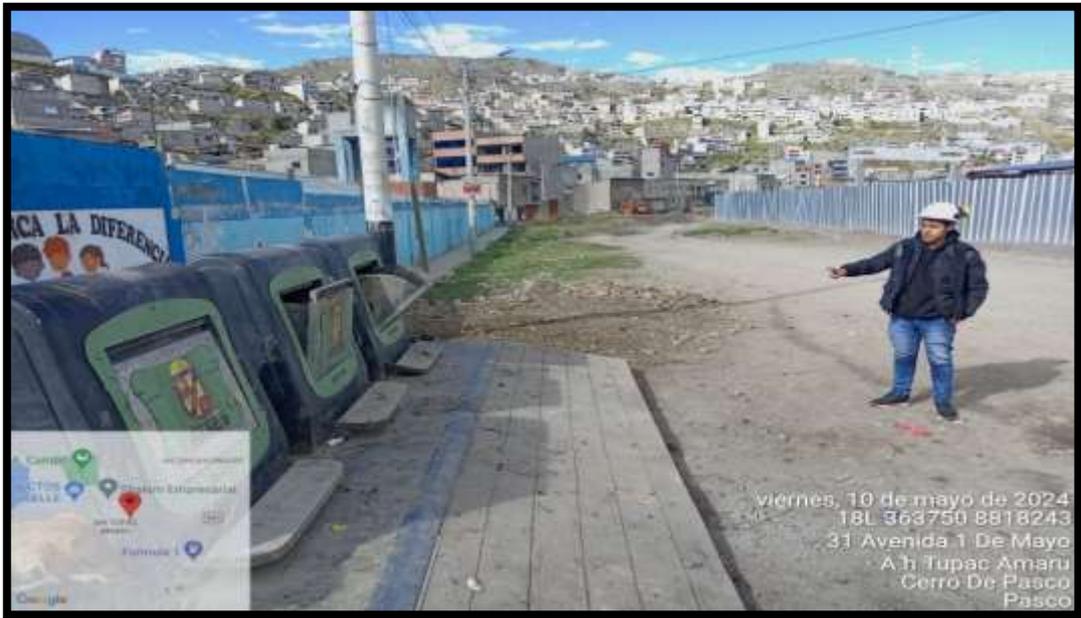
Gráfica 16: Contenedor Soterrado PT 3 - 1 Esquina de la I.E. de nivel inicial "Jesús Nazareno"



Gráfica 17: Contenedor Soterrado PT 4 – AA.HH. Túpac Amaru Costado del polideportivo Tahuantinsuyo



**Gráfica 18: Contenedor Soterrado PT 5 - Av. Insurgentes con San Sebastián
(Jardín)**



Gráfica 19: Contenedor Soterrado PT 6 - Jardín Elvira García



Gráfica 20: Contenedor Soterrado PT 7 - Jr. Junín y Jr. Yauli



Gráfica 21: Contenedor Soterrado PT 8 - AA .HH. Uliachin frente a la posta de Uliachin



Gráfica 22: Contenedor Soterrado PT 9 - AA .HH. Uliachin Frente a la Capilla.



Gráfica 23: Contenedor Soterrado PT 10 - Jr. Rocovich



**Gráfica 24: Contenedor Soterrado PT 11 - Colegio 6 de diciembre del AA.HH
Uliachin**



Gráfica 25: Contenedor Soterrado PT 12 - Carretera central con jr. Moquegua



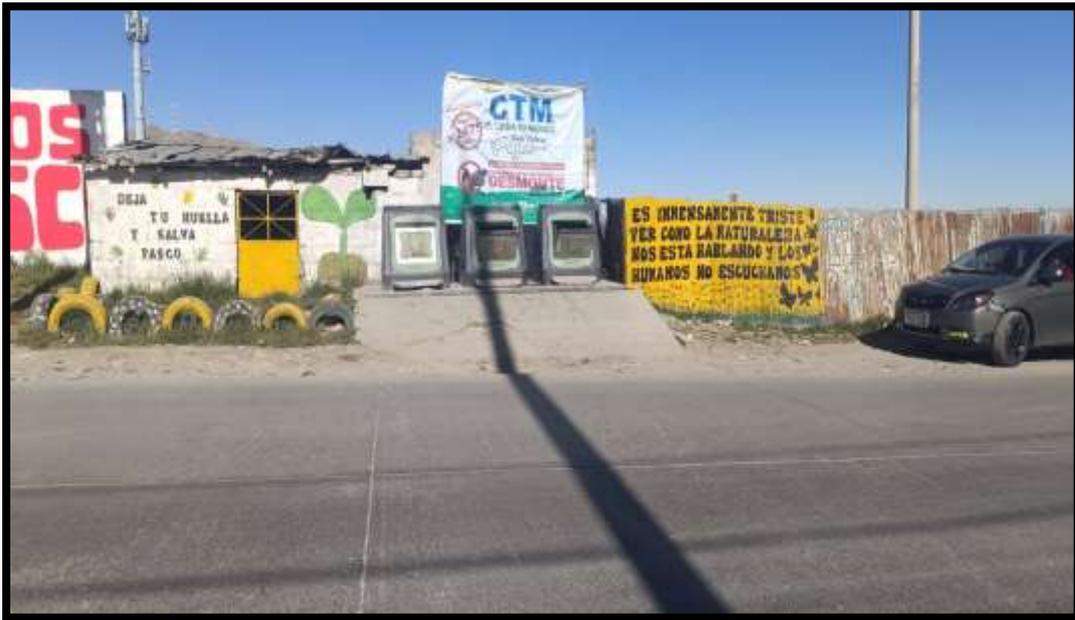
Gráfica 26: Contenedor Soterrado PT 13 - 1 AA. HH. Túpac Amaru Esquina del colegio Carrión



Gráfica 27: Contenedor Soterrado PT 14 - Estadio Carrión- frente al grifo



Gráfica 28: Contenedor Soterrado PT 15 – carretera central - Tahuantinsuyo.



Gráfica 29: Contenedor Soterrado PT 16 - Alto Rocovich y jr. Yauli



Gráfica 30: Gráfico N°52: Contenedor Soterrado PT 17 - Av.28 de julio y Arequipa, costado de la I.E. N° 39 Comercio



Gráfica 31: Contenedor Soterrado PT 18 - Carretera central paradero las gradas (referencia frente a la empresa Belén)



Gráfica 32: Contenedor Soterrado PT 19 - Carretera Central con Alto Moquegua



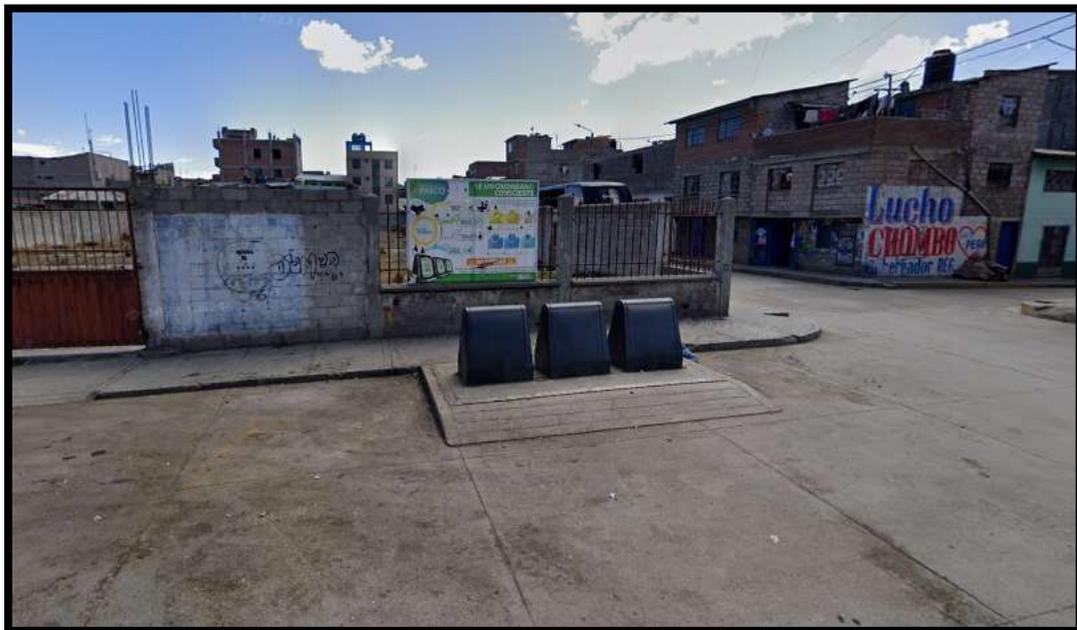
Gráfica 33: Contenedor Soterrado PT 20 - Av. El oro referencia el parque minero



Gráfica 34: Contenedor Soterrado PT 21 - Av. La plata y Av. El vanadio (costado de la plazuela)



Gráfica 35: Contenedor Soterrado PT 22 - Jr. Bismuto con Av. La Patarcocha (referencia ex cochera municipal)



Gráfica 36: Contenedor Soterrado PT 23 - Pasaje Sáenz Peña (frente a losa)



Gráfica 37: Contenedor Soterrado PT 24 - Skate Park



Gráfica 38: Contenedor Soterrado PT 25- Parcela 1



Gráfica 39: Contenedor Soterrado PT 26 - Parcela 1



Gráfica 40: Contenedor Soterrado PT 27 - Calle Lima-AA.HH. Uliachin - sector 6.



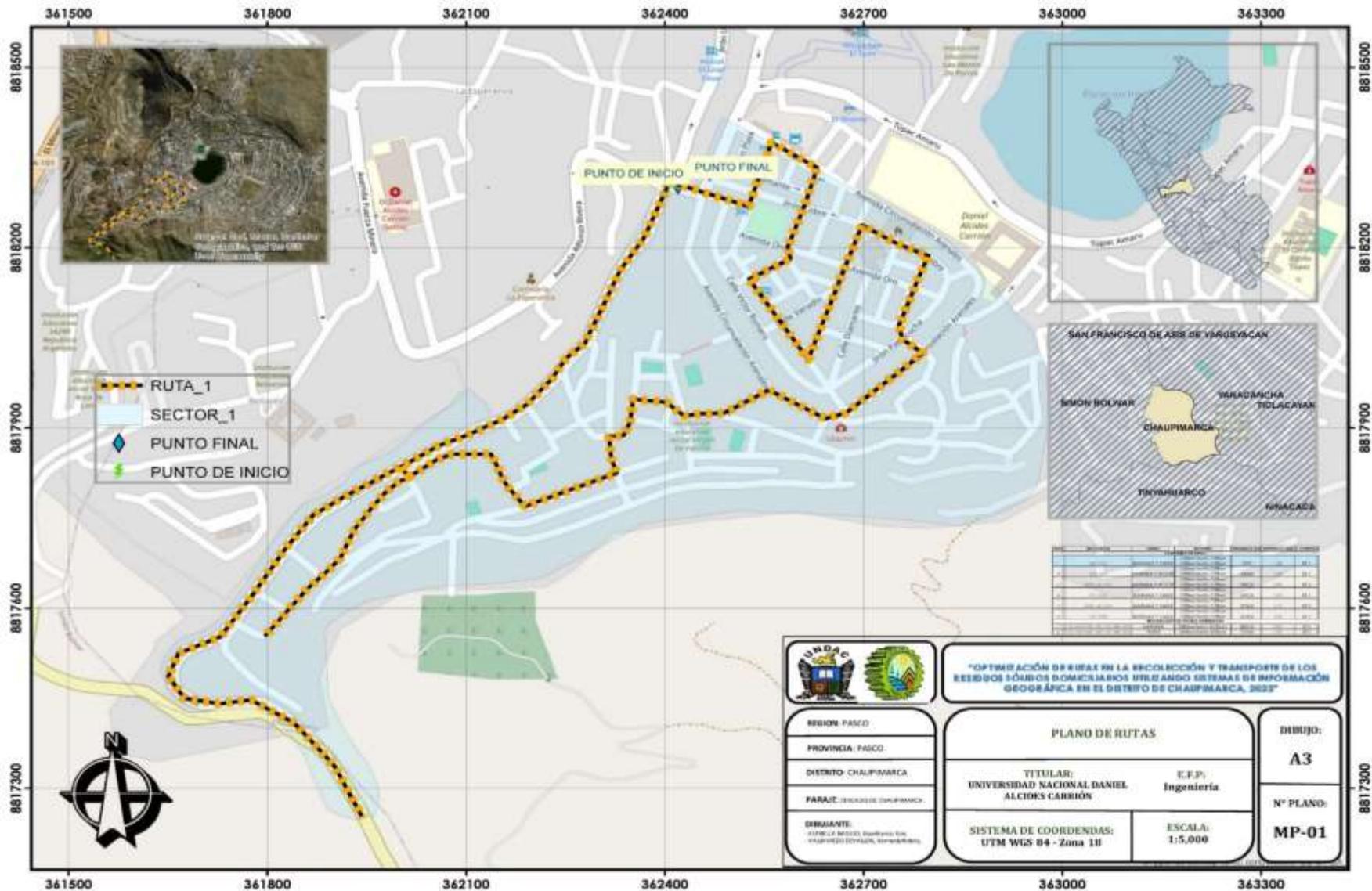
Gráfica 41: Contenedor Soterrado PT 28- Carretera Central (Ultimo paradero villa minera B)



Gráfica 42: Contenedor Soterrado PT 29- Barrio Huancapucro.



4. PLANOS DE LAS RUTAS



- RUTA_1
- SECTOR_1
- PUNTO FINAL
- PUNTO DE INICIO

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	VALOR
1	SECTOR	HA	100
2	SECTOR	HA	100
3	SECTOR	HA	100
4	SECTOR	HA	100
5	SECTOR	HA	100
6	SECTOR	HA	100
7	SECTOR	HA	100
8	SECTOR	HA	100
9	SECTOR	HA	100
10	SECTOR	HA	100

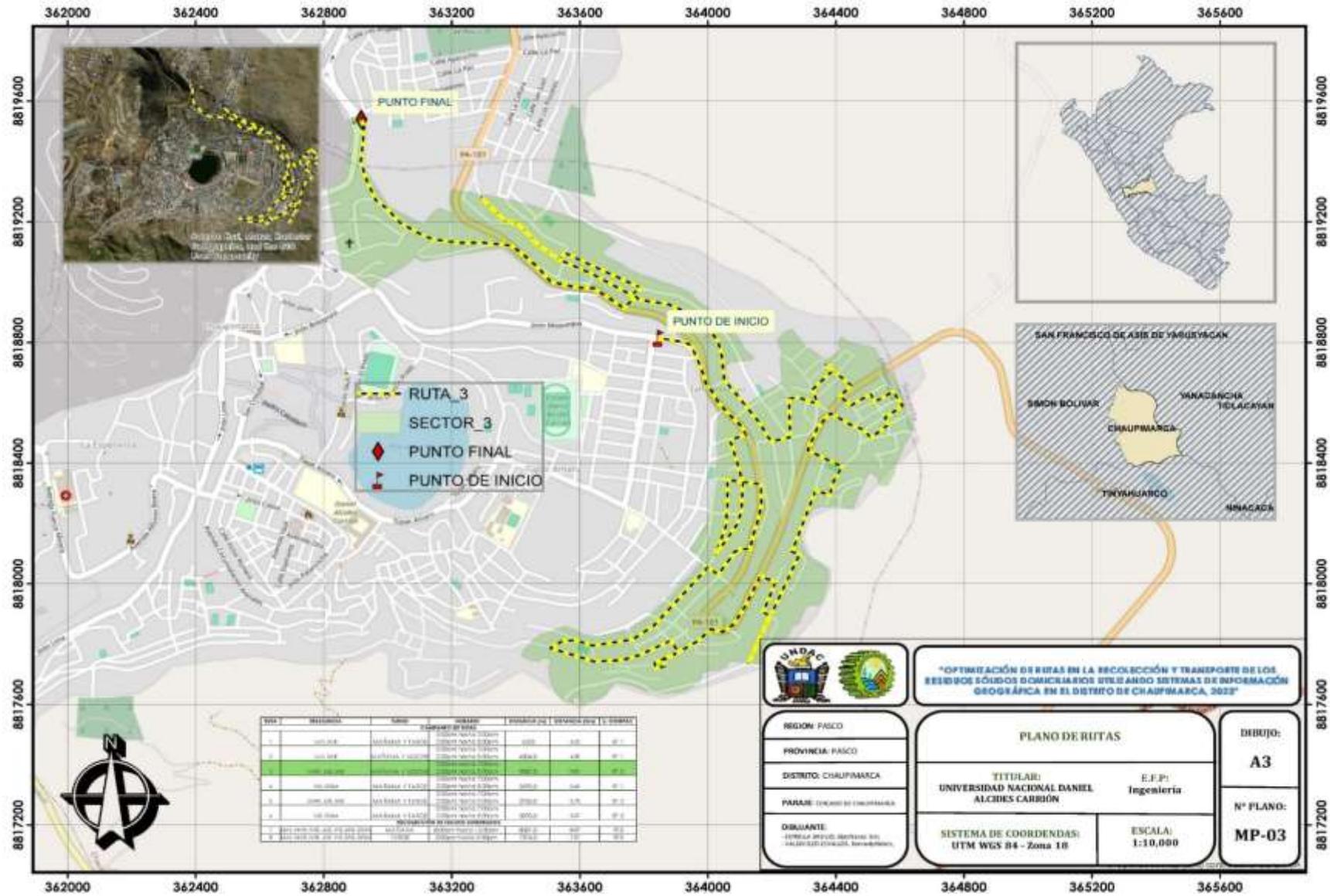
		<p>"OPTIMIZACIÓN DE RUTAS EN LA RECOLECCIÓN Y TRANSPORTE DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DOMICILIARIOS UTILIZANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA EN EL DISTRITO DE CHAUPIMARCA, 2022"</p>	
REGION PASCO PROVINCIA PASCO DISTRITO CHAUPIMARCA PARAJE: DISTRITO DE CHAUPIMARCA		PLANO DE RUTAS	
DIBUJANTE: ESTRELLA MICOLO, ESTRELLA DEL VALLE INGENIERO CIVIL, ESPECIALIDAD EN INGENIERIA CIVIL		TITULAR: UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION	E.F.P: Ingeniería
SISTEMA DE COORDENADAS: UTM WGS 84 - Zona 18		ESCALA: 1:5,000	
		DIBUJO: A3	N° PLANO: MP-01



PROYECTO	FECHA	ESTADO	PROYECTADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR
OPTIMIZACIÓN DE RUTAS EN LA RECOLECCIÓN Y TRANSPORTE DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DOMICILIARIOS UTILIZANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA EN EL DISTRITO DE CHAUPIMARCA, 2023	2023	EN EJECUCIÓN	INGENIERO	INGENIERO	INGENIERO

- RUTA_2
- SECTOR_2
- PUNTO FINAL
- PUNTO DE INICIO

		<p>"OPTIMIZACIÓN DE RUTAS EN LA RECOLECCIÓN Y TRANSPORTE DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DOMICILIARIOS UTILIZANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA EN EL DISTRITO DE CHAUPIMARCA, 2023"</p>	
REGION: PASCO	PLANO DE RUTAS		DIBUJO:
PROVINCIA: PASCO	TITULAR: UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN		A3
DISTRITO: CHAUPIMARCA	E.F.P: Ingeniería		Nº PLANO:
PARAJE: URBANIZO DE CHAUPIMARCA	SISTEMA DE COORDENADAS: UTM WGS 84 - Zona 18		MP-02
DIBUJANTE: ESTEFANIA MARINO GONZALEZ	ESCALA: 1:5,000		



ORDEN	SECTOR	NOMBRE	DESCRIPCIÓN DE RUTA	LONGITUD (M)	ANCHO (M)	TIPO DE RUTA
1	SECTOR 3	WASHING Y TINTADO	SECTOR 3	400	10	10'
2	SECTOR 3	WASHING Y TINTADO	SECTOR 3	400	10	10'
3	SECTOR 3	WASHING Y TINTADO	SECTOR 3	400	10	10'
4	SECTOR 3	WASHING Y TINTADO	SECTOR 3	400	10	10'
5	SECTOR 3	WASHING Y TINTADO	SECTOR 3	400	10	10'
6	SECTOR 3	WASHING Y TINTADO	SECTOR 3	400	10	10'
7	SECTOR 3	WASHING Y TINTADO	SECTOR 3	400	10	10'
8	SECTOR 3	WASHING Y TINTADO	SECTOR 3	400	10	10'
9	SECTOR 3	WASHING Y TINTADO	SECTOR 3	400	10	10'
10	SECTOR 3	WASHING Y TINTADO	SECTOR 3	400	10	10'

REGION: PASCO
PROVINCIA: PASCO
DISTRITO: CHAUPIMARCA
PARQUE: CENTRO DE CHAUPIMARCA
DIBUJANTE:
INSTITUCIÓN: UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIBES CARRIÓN

PLANO DE RUTAS

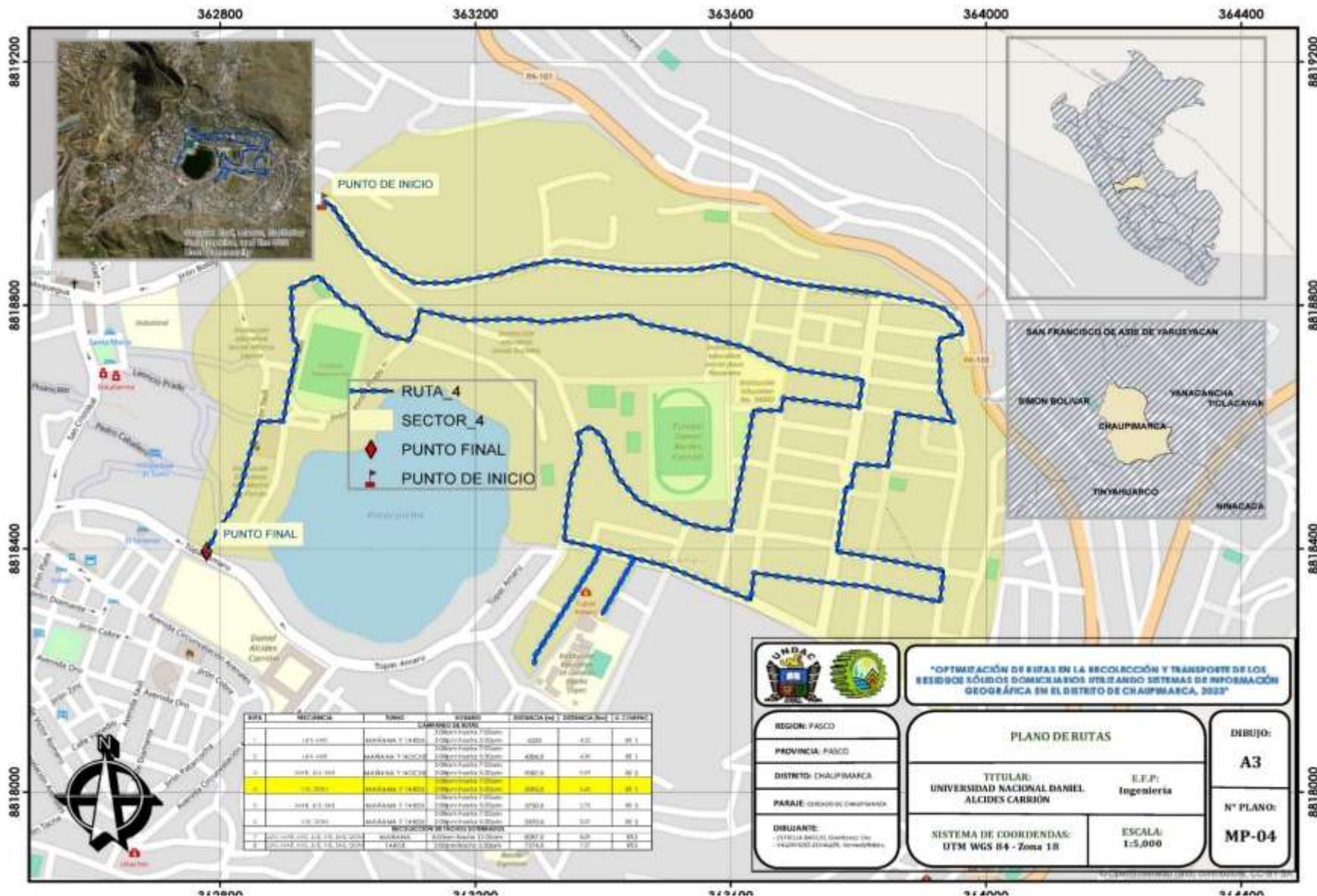
TITULAR: UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIBES CARRIÓN
E.F.P: Ingeniería

SISTEMA DE COORDENADAS: UTM WGS 84 - Zona 18
ESCALA: 1:10,000

DIBUJO: **A3**

Nº PLANO: **MP-03**

"OPTIMIZACIÓN DE RUTAS EN LA RECOLECCIÓN Y TRANSPORTE DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DOMICILIARIOS ESTABLECIENDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA EN EL DISTRITO DE CHAUPIMARCA, 2023"

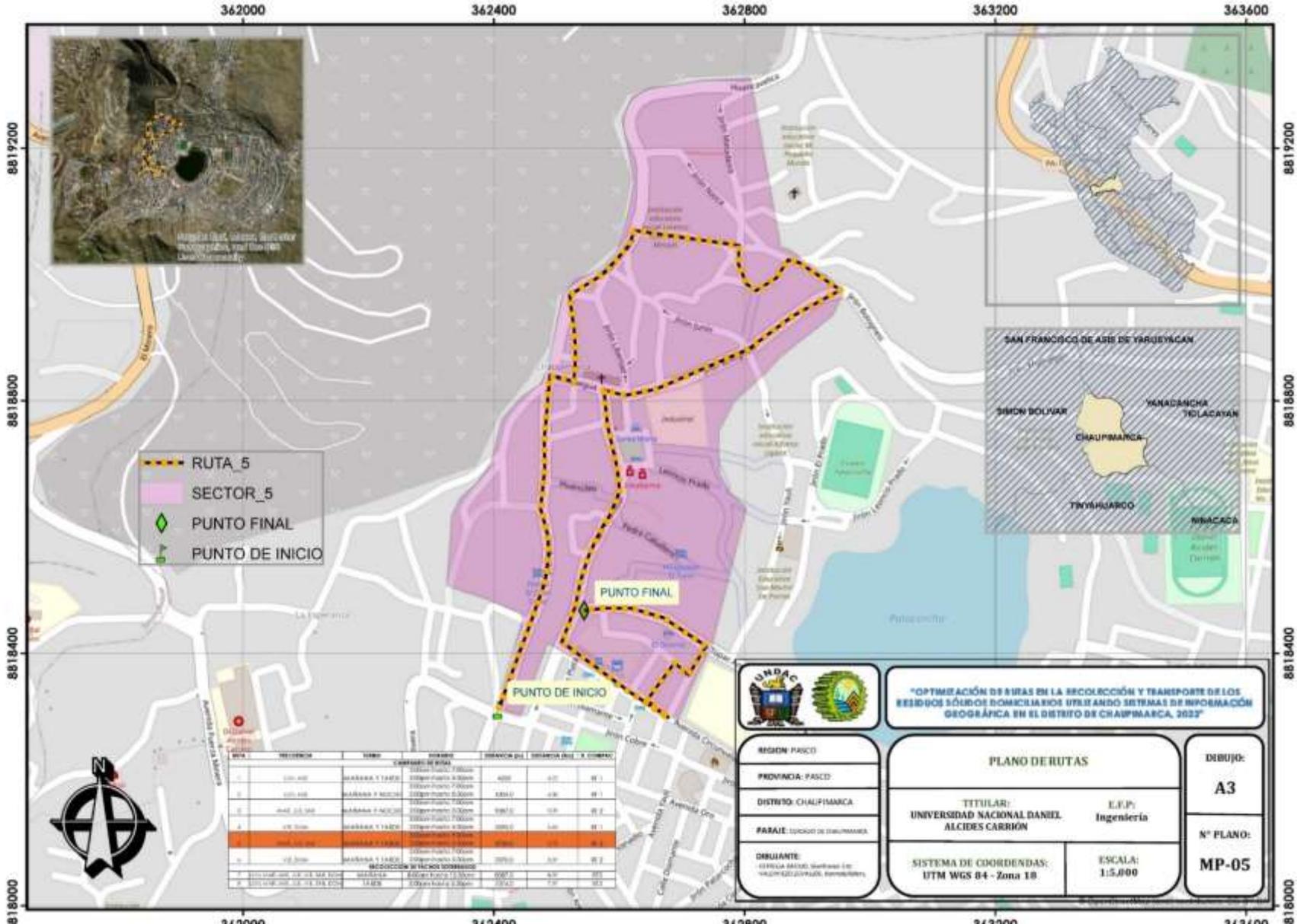


SECTOR	SEÑALIZACION	SINCRONIZACION	ESTADO	SEÑALIZACION Y DISTRIBUCION DE CONTENEDORES		
1	185.100	MARCAVA 1 (4800)	200m x 70m	4000	400	80.1
2	185.100	MARCAVA 1 (4800)	200m x 70m	4000	400	80.1
3	185.100	MARCAVA 1 (4800)	200m x 70m	4000	400	80.1
4	185.100	MARCAVA 1 (4800)	200m x 70m	4000	400	80.1
5	185.100	MARCAVA 1 (4800)	200m x 70m	4000	400	80.1
6	185.100	MARCAVA 1 (4800)	200m x 70m	4000	400	80.1
7	185.100	MARCAVA 1 (4800)	200m x 70m	4000	400	80.1
8	185.100	MARCAVA 1 (4800)	200m x 70m	4000	400	80.1
9	185.100	MARCAVA 1 (4800)	200m x 70m	4000	400	80.1
10	185.100	MARCAVA 1 (4800)	200m x 70m	4000	400	80.1
11	185.100	MARCAVA 1 (4800)	200m x 70m	4000	400	80.1
12	185.100	MARCAVA 1 (4800)	200m x 70m	4000	400	80.1
13	185.100	MARCAVA 1 (4800)	200m x 70m	4000	400	80.1
14	185.100	MARCAVA 1 (4800)	200m x 70m	4000	400	80.1
15	185.100	MARCAVA 1 (4800)	200m x 70m	4000	400	80.1
16	185.100	MARCAVA 1 (4800)	200m x 70m	4000	400	80.1
17	185.100	MARCAVA 1 (4800)	200m x 70m	4000	400	80.1
18	185.100	MARCAVA 1 (4800)	200m x 70m	4000	400	80.1
19	185.100	MARCAVA 1 (4800)	200m x 70m	4000	400	80.1
20	185.100	MARCAVA 1 (4800)	200m x 70m	4000	400	80.1

OPTIMIZACIÓN DE RUTAS EN LA RECOLECCIÓN Y TRANSPORTE DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DOMICILIARIOS UTILIZANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA EN EL DISTRITO DE CHAUPIMARCA, 2022

REGION: PASCO PROVINCIA: PASCO DISTRITO: CHAUPIMARCA PARAJE: CENTRO DE CHAUPIMARCA DIBUJANTE: - DISTRITO DE CHAUPIMARCA - UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION	PLANO DE RUTAS TITULAR: UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION E.F.P: Ingenieria	DIBUJO: A3 N° PLANO: MP-04
SISTEMA DE COORDENADAS: UTM WGS 84 - Zona 18		ESCALA: 1:5,000





- RUTA_5
- SECTOR_5
- PUNTO FINAL
- PUNTO DE INICIO

SECTOR	SECCION	NOMBRE	TIPO DE VIA	ORIGEN DEL SECTOR	DESTINO DEL SECTOR	ANCHO (M)
1	101	BARBARA Y TARDU	200m ancho 7.00m	4880	4910	30.1
2	102	BARBARA Y TARDU	200m ancho 7.00m	4880	4910	30.1
3	103	BARBARA Y TARDU	200m ancho 7.00m	4880	4910	30.1
4	104	BARBARA Y TARDU	200m ancho 7.00m	4880	4910	30.1
5	105	BARBARA Y TARDU	200m ancho 7.00m	4880	4910	30.1
6	106	BARBARA Y TARDU	200m ancho 7.00m	4880	4910	30.1
7	107	BARBARA Y TARDU	200m ancho 7.00m	4880	4910	30.1
8	108	BARBARA Y TARDU	200m ancho 7.00m	4880	4910	30.1
9	109	BARBARA Y TARDU	200m ancho 7.00m	4880	4910	30.1
10	110	BARBARA Y TARDU	200m ancho 7.00m	4880	4910	30.1

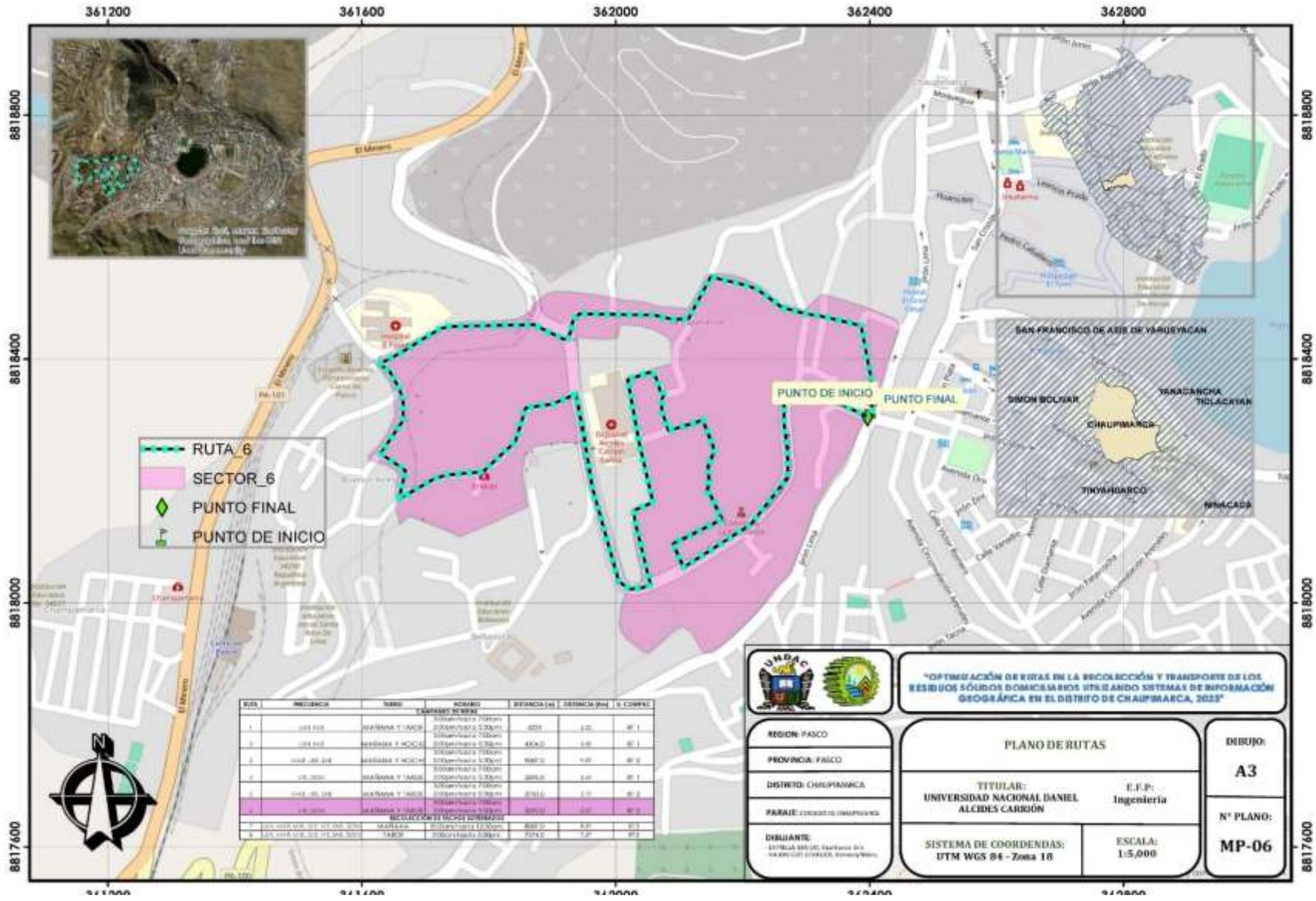


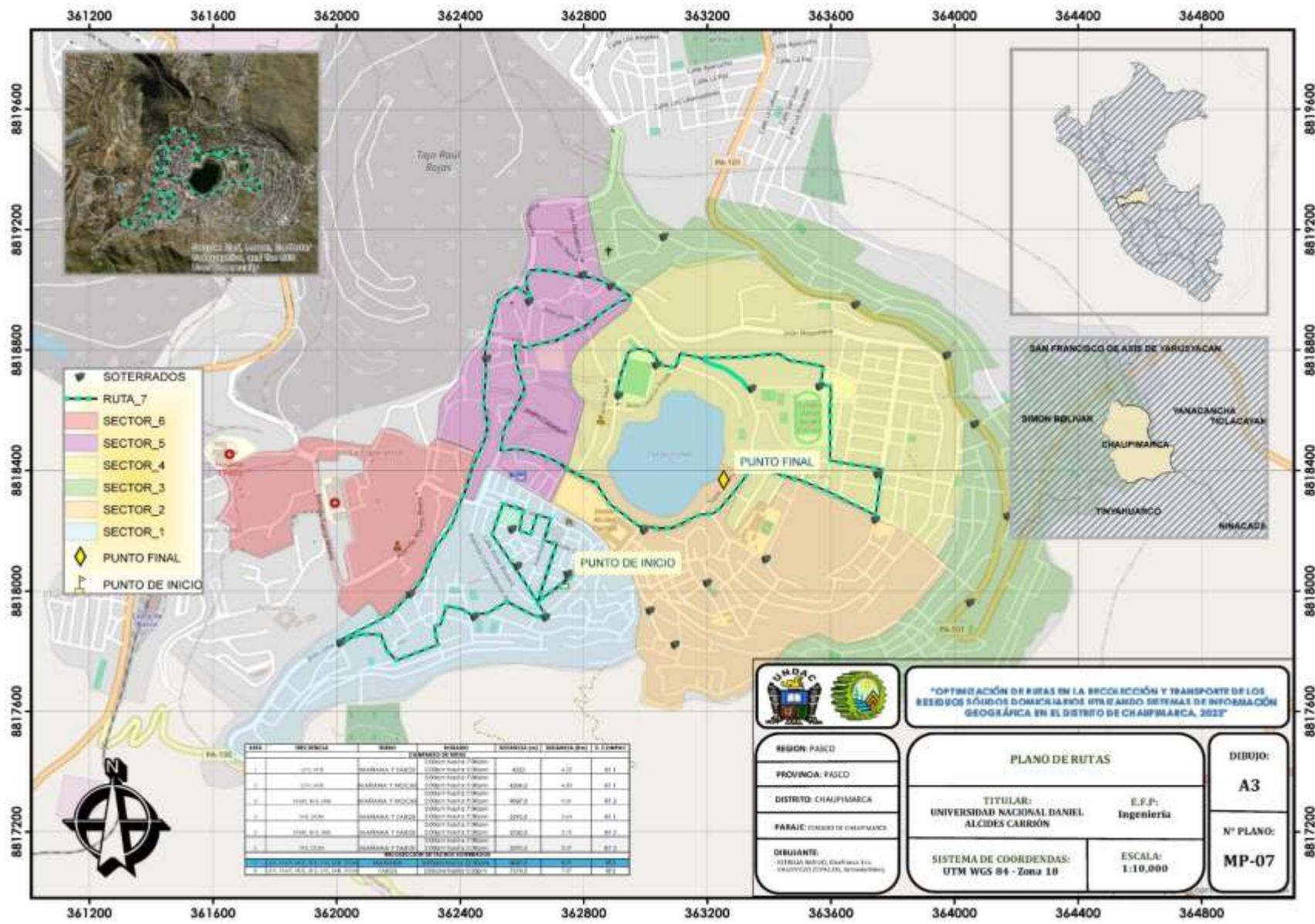
"OPTIMIZACIÓN DE RUTAS EN LA RECOLECCIÓN Y TRANSPORTE DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DOMICILIARIOS UTILIZANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA EN EL DISTRITO DE CHAUPIMARCA, 2022"

REGION: PASCO
 PROVINCIA: PASCO
 DISTRITO: CHAUPIMARCA
 PARAJE: URBANO DE CHAUPIMARCA
 DIBUJANTE: GERARDO SANCHEZ SANCHEZ S.R.L.
 "MAYORISTA DE MATERIALES DE CONSTRUCCION"

PLANO DE RUTAS
 TITULAR: UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION
 E.F.P: Ingeniería
 SISTEMA DE COORDENADAS: UTM WGS 84 - Zona 18
 ESCALA: 1:5.000

DIBUJO: A3
 N° PLANO: MP-05





- SOTERRADOS
- RUTA_7
- SECTOR_6
- SECTOR_5
- SECTOR_4
- SECTOR_3
- SECTOR_2
- SECTOR_1
- PUNTO FINAL
- PUNTO DE INICIO

LINEA	DESCRIPCION	SECTOR	COORDENADA (X)	COORDENADA (Y)	SECTOR	COORDENADA (X)	COORDENADA (Y)
1	LINEA 1	SECTOR 1	361500	8817500	SECTOR 2	362000	8817800
2	LINEA 2	SECTOR 2	362500	8818100	SECTOR 3	363000	8818400
3	LINEA 3	SECTOR 3	363500	8818700	SECTOR 4	364000	8819000
4	LINEA 4	SECTOR 4	364500	8819300	SECTOR 5	364000	8819000
5	LINEA 5	SECTOR 5	363500	8818700	SECTOR 6	363000	8818400
6	LINEA 6	SECTOR 6	362500	8818100	SECTOR 1	362000	8817800
7	LINEA 7	SECTOR 1	361500	8817500	SECTOR 2	362000	8817800
8	LINEA 8	SECTOR 2	362500	8818100	SECTOR 3	363000	8818400
9	LINEA 9	SECTOR 3	363500	8818700	SECTOR 4	364000	8819000
10	LINEA 10	SECTOR 4	364500	8819300	SECTOR 5	364000	8819000
11	LINEA 11	SECTOR 5	363500	8818700	SECTOR 6	363000	8818400
12	LINEA 12	SECTOR 6	362500	8818100	SECTOR 1	362000	8817800
13	LINEA 13	SECTOR 1	361500	8817500	SECTOR 2	362000	8817800
14	LINEA 14	SECTOR 2	362500	8818100	SECTOR 3	363000	8818400
15	LINEA 15	SECTOR 3	363500	8818700	SECTOR 4	364000	8819000
16	LINEA 16	SECTOR 4	364500	8819300	SECTOR 5	364000	8819000
17	LINEA 17	SECTOR 5	363500	8818700	SECTOR 6	363000	8818400
18	LINEA 18	SECTOR 6	362500	8818100	SECTOR 1	362000	8817800
19	LINEA 19	SECTOR 1	361500	8817500	SECTOR 2	362000	8817800
20	LINEA 20	SECTOR 2	362500	8818100	SECTOR 3	363000	8818400
21	LINEA 21	SECTOR 3	363500	8818700	SECTOR 4	364000	8819000
22	LINEA 22	SECTOR 4	364500	8819300	SECTOR 5	364000	8819000
23	LINEA 23	SECTOR 5	363500	8818700	SECTOR 6	363000	8818400
24	LINEA 24	SECTOR 6	362500	8818100	SECTOR 1	362000	8817800
25	LINEA 25	SECTOR 1	361500	8817500	SECTOR 2	362000	8817800
26	LINEA 26	SECTOR 2	362500	8818100	SECTOR 3	363000	8818400
27	LINEA 27	SECTOR 3	363500	8818700	SECTOR 4	364000	8819000
28	LINEA 28	SECTOR 4	364500	8819300	SECTOR 5	364000	8819000
29	LINEA 29	SECTOR 5	363500	8818700	SECTOR 6	363000	8818400
30	LINEA 30	SECTOR 6	362500	8818100	SECTOR 1	362000	8817800

"OPTIMIZACIÓN DE RUTAS EN LA RECOLECCIÓN Y TRANSPORTE DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DOMICILIARIOS UTILIZANDO SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA EN EL DISTRITO DE CHAUPIMARCA, 2022"

REGION: PASCO	PLANO DE RUTAS		DIBUJO: A3
PROVINCIA: PASCO	TITULAR: UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRÓN		N° PLANO: MP-07
DISTRITO: CHAUPIMARCA	E.F.P.: Ingeniería		
FARAJE: CENTRO DE CHAUPIMARCA	SISTEMA DE COORDENADAS: UTM WGS 84 - Zona 18	ESCALA: 1:10,000	
DIBUJANTE: ESTEBAN MEDINA SUAREZ ETC. INSTITUTO ESTADÍSTICO NACIONAL			

