



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de **INGENIERÍA INDUSTRIAL**

“SISTEMA DE OPTIMIZACIÓN DE TRANSPORTES PARA MINIMIZAR COSTOS DE DISTRIBUCIÓN DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN EN NOR ANDES S.A.C. CAJAMARCA, 2022”

Tesis para optar al título profesional de:

**Ingeniero Industrial**

**Autor:**

William Chilón Huatay

**Asesor:**

Mg. Ing. Roger Samuel Silva Abanto

<https://orcid.org/0000-0002-2559-0268>

Cajamarca - Perú

**JURADO EVALUADOR**

Jurado 1 Presidente(a)	<b>Ana Rosa Mendoza Azañero</b>	<b>45512232</b>
	Nombre y Apellidos	N° DNI

Jurado 2	<b>Elmer Aguilar Briones</b>	<b>18856045</b>
	Nombre y Apellidos	N° DNI

Jurado 3	<b>Luis Roberto Quispe Vásquez</b>	<b>26716258</b>
	Nombre y Apellidos	N° DNI

## INFORME DE SIMILITUD

### "SISTEMA DE OPTIMIZACIÓN DE TRANSPORTES PARA MINIMIZAR COSTOS DE DISTRIBUCIÓN DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN EN NOR ANDES S.A.C. CAJAMARCA, 2022

#### INFORME DE ORIGINALIDAD



#### FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>hdl.handle.net</b> Fuente de Internet	<b>2%</b>
<b>2</b>	<b>repositorio.upn.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>2%</b>
<b>3</b>	<b>repositorio.uncp.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>4</b>	<b>Submitted to Universidad Privada del Norte</b> Trabajo del estudiante	<b>1%</b>
<b>5</b>	<b>renati.sunedu.gob.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>6</b>	<b>Submitted to Universidad Tecnológica Indoamerica</b> Trabajo del estudiante	<b>1%</b>
<b>7</b>	<b>www.dspace.espol.edu.ec</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>8</b>	<b>www.redalyc.org</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>

## **DEDICATORIA**

Es mi deseo como sencillo gesto de agradecimiento, dedicarle mi trabajo de investigación plasmado en el presente informe, a mi esposa Damaris y mi hija Ariana por su amor, permanente cariño y comprensión. A mis padres Raúl y Juanita, a mis hermanos, quienes permanentemente me apoyaron con espíritu alentador, contribuyendo incondicionalmente a lograr las metas y objetivos propuestos.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a mis profesores de la carrera de ingeniería industrial de la facultad de Ingeniería de la UPN Sede Cajamarca, en especial a mi asesor de tesis, Mg. Ing. Roger Samuel Silva Abanto por guiar esta investigación y formar parte de este objetivo alcanzado.

## **TABLA DE CONTENIDO**

<b>JURADO EVALUADOR .....</b>	<b>2</b>
<b>INFORME DE SIMILITUD.....</b>	<b>3</b>
<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>4</b>
<b>AGRADECIMIENTO.....</b>	<b>5</b>
<b>TABLA DE CONTENIDO.....</b>	<b>6</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS .....</b>	<b>8</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>9</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>10</b>
<b>CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>11</b>
1.1.    REALIDAD PROBLEMÁTICA .....	11
1.2.    FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	24
1.3.    OBJETIVOS .....	24
1.4.    HIPÓTESIS .....	25
<b>CAPÍTULO II: METODOLOGÍA .....</b>	<b>26</b>
2.1.    TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN .....	26
2.2.    POBLACIÓN Y MUESTRA .....	27
2.3.    TÉCNICAS E INSTRUMENTOS.....	30
2.4.    PROCEDIMIENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS .....	30
2.5.    ASPECTOS ÉTICOS .....	31
<b>CAPÍTULO III: RESULTADOS.....</b>	<b>32</b>
<b>CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES .....</b>	<b>43</b>

<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>48</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>52</b>
ANEXO 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA .....	52
ANEXO 2: MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	57
ANEXO 3: FICHA DE REGISTRO DE VIAJES.....	59

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Rutas de reparto .....	32
<b>Tabla 2</b> Número de viajes .....	32
<b>Tabla 3</b> Tiempo de viaje promedio .....	33
<b>Tabla 4</b> Costo por viaje .....	34
<b>Tabla 5</b> Rutas de las unidades móviles en un día al azar .....	35
<b>Tabla 6</b> Tiempo de viaje promedio .....	39
<b>Tabla 7</b> Costo por viaje .....	40
<b>Tabla 8</b> Tiempo de viaje promedio .....	40
<b>Tabla 9</b> Tiempo de viaje promedio .....	41
<b>Tabla 10</b> Costo por viaje .....	42

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Ruta Nor Andes - Fonavi .....	36
<b>Figura 2:</b> Ruta Nor Andes - Otuzco .....	36
<b>Figura 3:</b> Ruta Nor Andes - Llacanora .....	37
<b>Figura 4:</b> Ruta óptima elaborado con smartmonkey .....	376

## **RESUMEN**

El siguiente estudio tuvo como fin desarrollar un sistema de optimización de transportes para minimizar costos de distribución de materiales de construcción en Nor Andes S.A.C. Cajamarca 2022. Para ello se tuvo como muestra a 282 viajes de entrega de materiales realizados dentro de la ciudad de Cajamarca, ejecutados por unidades móviles de la empresa y realizados durante el primer semestre del 2022, el instrumento de estudio fue la ficha de registro y se utilizó el software de smartmonkey.io para elaborar la ruta óptima. Los resultados del estudio expuesto señalaron una nueva ruta planteada por el software de optimización de rutas ha sido beneficioso para la empresa, dado que el tiempo promedio de viaje para cada ruta tuvo reducciones de hasta un 10.9% respecto al tiempo inicial, los kilómetros recorridos por ruta disminuyeron hasta un 23.6% respecto al recorrido inicial; conllevando a que los costos por viaje por ruta disminuyeran hasta un 13%, generando un ahorro significativo para la organización. Por lo que se concluye que el sistema de optimización de transportes minimizó los costos de distribución de materiales de construcción en Nor Andes S.A.C. Cajamarca 2022.

**PALABRAS CLAVES:** optimización de transporte, costos de distribución

## **CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN**

### **1.1. Realidad problemática**

Las entidades privadas de diferentes países deben gestionar constantemente el transporte de bienes y personas. Esto es aplicable no sólo a las empresas basadas en la producción, sino también a las que requieren la adquisición y entrega de materiales, así como el traslado de personal a largas distancias. Las operaciones logísticas pueden suponer hasta el 80% del coste total de ventas de una empresa, por lo que una gestión, planificación y programación eficaces son posibles de resaltar una gran diferencia en un grado de competitividad de dichas empresas (Guillen, 2017).

El transporte es un gasto logístico importante para las empresas que comercializan materiales construcción dado que cuenta con compradores situados en distintas zonas geográficas. En consecuencia, el sistema de transporte es la parte más crucial del supply chain para la gran cantidad de estas entidades privadas, ya que su diseño e implementación eficaces conducen al éxito de la cadena de suministro. Los costes de transporte desempeñan un papel fundamental en todas las fases del proceso distribución, por lo que son un factor importante en el coste final de los bienes y servicios, que suele ascender a entre el 10% y el 20% para estas empresas. (Reyes, 2020)

A nivel mundial, el transporte de materiales de construcción presenta varios problemas, entre ellos la falta de regulaciones y estándares de seguridad, lo que puede provocar accidentes. Además, el transporte de materiales de construcción suele ser muy costoso, lo que puede afectar la viabilidad económica de los proyectos. Asimismo, la

distancia entre la fuente de los materiales y el lugar de construcción puede afectar la eficiencia y la sostenibilidad del transporte. (Cervantes y García, 2019)

Una de las cuestiones primordiales para empresas del sector distribuidor de materiales de construcción es la planificación de rutas, ya que la necesidad de transporte interempresarial ha aumentado en los últimos años, al ser cada vez más importante e imprescindible. Así, los gastos relacionados con el transporte son un elemento crítico para diferentes empresas. Ya sea los dilemas de optimización obtienen un poderoso efecto financiero en el sector empresarial, aquellos investigadores han dedicado un gran esfuerzo a la investigación y evaluación de este tipo de cuestiones, con el objetivo primordial de reducir los costes de las operaciones logísticas, ya que la mejora de las rutas y la planificación de los vehículos podría suponer un ahorro sustancial para las empresas (Guillen, 2017).

En el Perú, los datos positivos avalan el crecimiento económico de muchas empresas de diversos sectores, y el mercado del traslado de bienes por autopista no es una limitación. Existe un aumento considerable del número de empresas formales de servicios de transporte de mercancías por departamentos entre 2011 y 2021, siendo Lima el departamento con más empresas, con 76,457; le sigue Cajamarca, con 3,306 empresas. Cabe mencionar que estas empresas ofrecen diversas clases de servicios de traslado en función de un bien que manejan (Estadísticas del MTC, 2021). Pero, la problemática del transporte de materiales de construcción está relacionada con la falta de infraestructura vial, lo que hace que las oportunidades de crecimiento a nivel de país sean más remotas. Además, la falta de un Sistema Integrado de Transporte (SIT) y el

dominio de la informalidad en el transporte hacen que sea inseguro, contaminante, sin tarifa plana y poco accesible (Ramírez, 2020)

Así mismo, existe la necesidad de ejecutar actividades ventajosas para los clientes, ya que la demanda de transporte ha aumentado rápidamente y hay poco tiempo para realizar diversas actividades desde la perspectiva del cliente, y existe la necesidad de sortear todos los inconvenientes relacionados con el transporte y tener las rutas más óptimas que permite a las empresas de materiales de construcción mantener costos óptimos y seguir siendo competitivas en el mercado, mediante la entrega a tiempo (Ortúzar, 2012).

Se han desarrollado muchos métodos para resolver de forma óptima este problema de transporte de materiales, se desarrollaron modelos matemáticos que permiten tener el menor costo total que sea satisfactorio para todos los requerimientos de los destinos de cada producto, en función de la cantidad que reciba de cada fuente. (Ramírez, 2020). Pero también, se han desarrollado tecnologías que permiten un seguimiento instantáneo mediante una red de sensores inalámbricos se han adoptado ampliamente en los últimos años, demostrando ser beneficiosas en numerosos campos e industrias en cuanto a tamaño, coste y eficacia. (Reyes, 2020).

Mencionado todo ello, la empresa Nor Andes SAC, es una organización enfocada a al intercambio comercial de materiales de construcción en la región de Cajamarca, la empresa actualmente cuenta con 60 diferentes clientes que le adquieren materiales de construcción, llegando a atender hasta 8 clientes al día, pero ha estado teniendo inconvenientes con atender el requerimiento de sus clientes a tiempo, incumpliendo plazos de entrega, dado el crecimiento que está teniendo; lo que genera

quejas con sus clientes, y un riesgo posible de perderlos, por ello la empresa, requiere implementar un sistema de optimización de sus transportes para brindar la mejor ruta para atender a sus clientes a tiempo y evaluar si requiere mayor unidades para atender a todos.

De esta forma se plantea los antecedentes del estudio.

Morales (2022) desarrolló un modelo para amplificar la eficacia del intercambio terrestre de cemento a granel en Colombia. Investigar, construir y perfeccionar periódicamente los sistemas de transporte puede ayudar a las entidades empresariales a obtener ahorros sustanciales determinando con precisión las ubicaciones ideales de origen y destino que garanticen una alta calidad de suministro y plazos de entrega. Para llevar a cabo esta tesis, tomamos datos operativos de una empresa transitoria de Colombia que presta servicios a un renombrado fabricante de cemento. Los resultados se basan en la sintaxis del detalle de la demanda, la formación de las matrices de kilómetros y costes, el modelo matemático de la problemática y el cálculo del parámetro índice de coste de flete (ICTC) que se empleará en el procedimiento de optimización.

Reyes (2020) se esforzó por elaborar un sistema sofisticado que pudiera trazar rutas alcanzables para que una flota de vehículos transportara al personal de una organización o entidad. El procedimiento consta de tres pasos: el primero es la Generación de Paradas, que requiere como datos de entrada las ubicaciones residenciales de los pasajeros, el objetivo de la organización/entidad y la distancia más extrema que puede recorrer un pasajero. Se empleará un análisis jerárquico de desbordado conjunto y un algoritmo ajustado utilizando datos reales de distancia recorrida por los pasajeros, para asegurarse de que el número de personas por parada

no supera la cantidad de carga de los vehículos. El Paso II, Encaminamiento de los Vehículos, trabaja para optimizar las rutas de los vehículos para recoger a los clientes en diferentes puntos de desembarco. Por último, se utilizarán los SIG y la metaheurística para ofrecer una representación visual de las rutas en mapas interactivos.

Rivera et al (2022) emplearon medios tecnológicos para mejorar la eficacia del transporte. Para ello, se adoptan enfoques ecológicos para establecer redes y servicios de transporte seguros, ecológicos, eficientes e integrales. En consecuencia, se realizó un estudio documental-bibliográfico para descubrir qué herramientas tecnológicas deberían emplearse para la optimización del transporte. El examen consistió en recopilar y evaluar documentos sobre instrumentos tecnológicos, el sistema de transporte de Ecuador y los mejores métodos para optimizarlo. Con respecto a las tendencias tecnológicas actuales, las herramientas se concentran en adaptar los sistemas de pago digitales, los sistemas logísticos y el transporte eléctrico para mejorar la movilidad, por lo que es primordial la selección más adecuada y el desarrollo personalizado de tecnologías para cada situación.

Moreno et al (2020) emplearon modelos matemáticos para determinar las configuraciones operativas más económicas, disminuir los gastos operativos y garantizar unos niveles de servicio satisfactorios para garantizar la satisfacción del cliente. El modelo sondeado en esta investigación intenta optimizar el sistema de reparto de paquetes y mensajería, que consiste en una abundancia de clientes, un conjunto de terminales consolidadas y unas pocas plataformas satélite donde se atiende a los clientes, lo que es habitual en este tipo de negocio. Utilizando el modelo, cada cliente y su mercancía pueden asignarse a una instalación de la red, modificando la

capacidad de los vehículos y aprovechando el concepto de mediana P, lo que da como resultado una disminución del 19% en los costes generales de distribución.

Serrano et al. (2019) pretendieron mostrar la capacidad de Comercializadora para reducir gastos y tiempo en el transporte de sus artículos mediante la utilización de técnicas de optimización de redes y modelos de transporte. Se empleó el software Win QSB para facilitar el trabajo de designación y organización de rutas en el ámbito logístico de la organización. Además, se utilizaron ecuaciones para calcular el consumo de combustible de cada uno de los vehículos de la empresa. La incorporación de estos modelos y técnicas permitió evaluar las ventajas e inconvenientes de cada ruta. Así, la planificación de rutas debe tener en cuenta la cantidad y el tamaño de las mercancías, la duración de la entrega y los kilómetros recorridos.

Nogales (2020) intentó maximizar la productividad de la flota de acarreo mediante la utilización de la programación lineal. Este estudio se realizó para analizar el mejor rendimiento posible de la flota de transporte de una determinada empresa minera a cielo abierto. La mejora de los sistemas de producción puede ser muy ventajosa para muchas empresas mineras. La investigación incluyó tres fases: en primera instancia, se encargó de una revisión de la bibliografía pertinente, después se creó un modelo matemático basado en Excel con el complemento Solver y, por último, se dio validez al modelo con el software de simulación FlexSim. Los resultados del modelo matemático creado con el complemento Solver proporcionaron una tasa de producción óptima de 7701,0 [toneladas/día], que se obtuvo en los frentes mineros de Derrumbe y Lérica.

Rivas et al. (2019) diseñaron un Plan de Mejora para gestionar mejor el proceso de transporte. Para ello se aplicaron los modelos de control de Ishikawa, instrumentos de encuesta y la visualización directa del proceso. Se utilizaron como referencia los principios Kaizen y DMAIC para proponer la ejecución de protocolos como forma de estandarización. Tras analizar los datos recogidos y compararlos con los registros existentes, se determinó que la utilización de combustible y los costes de mantenimiento disminuyeron un 15% y un 19,80%, respectivamente. Además, las paradas imprevistas debidas a dificultades técnicas se redujeron un 15%.

Mogollón et al (2019) realizaron un examen del sector logístico de la zona intercambio comercial de Costa Gas S.A.C. Trujillo. Esta zona es costosa en logística, sobre todo en transporte, que requiere cinco vehículos para las rutas de Huanchaco, El Porvenir, La Esperanza, El Milagro, El Valle y Trujillo. Para reducir estos gastos, proponemos utilizar un algoritmo para el Problema de Rutas de Vehículos (VRP), concretamente la heurística propuesta por Clarke y Wright (Pichpibul, 2012), también conocida como Algoritmo de Ahorro de Distancia. Esta técnica permite un cálculo rápido y eficaz, y es capaz de abordar el VRP con flotas homogéneas o heterogéneas, dando una respuesta satisfactoria que puede compararse con la actual planificación de rutas de la empresa. Con estos datos, podemos averiguar si el sistema de distribución está realmente optimizado.

Hurtado (2019) aumentó la eficacia de las operaciones de acarreo empleando la simulación de la Teoría de la Línea de Espera para resolver las insuficiencias presentes en estos procesos. Se utilizan Scooptrams de 6, 13 y 15 yd<sup>3</sup> para la carga en diferentes zonas mineras, y en la operación participan 12 camiones volquete de 25 m<sup>3</sup> y 8

camiones DUX DT asignados a las tareas de carga y acarreo y a la zona del Proyecto. Para este estudio, se han tenido en cuenta los camiones Mercedes Benz, FMX y DUX DT asignados a las actividades de carga y acarreo en las Zonas I, III y V, es decir, 2, 10 y 3 respectivamente. Se observó una dispersión desigual de los volquetes en las regiones y zonas de carga, así como un descontrol de tiempos muertos en la operación de carga y acarreo.

Chique et al. (2020) realizaron un estudio cuantitativo no experimental con una encuesta como herramienta principal de recogida y análisis de datos para evaluar la velocidad media del transporte público en un entorno urbano y determinar la duración de los trayectos. El tamaño de la muestra ascendió a 384 viajeros y 8 minibuses que recorrían las rutas más eficientes de autopistas principales de Puno. Los resultados demostraron que la composición del transporte público de la zona está congestionado debido al uso del suelo en el distrito del centro, el tráfico se ve obstaculizado por el estacionamiento de vehículos en los laterales de las carreteras y las calles superan su capacidad, lo que en última instancia provoca tiempos de viaje insuficientes en la ciudad.

Pereda (2020) trató de analizar las consecuencias de las distintas etapas de la minería en la producción de una empresa. Para ello, se llevó a cabo un proceso descriptivo-aplicativo, recopilando datos sobre la principal ruta de extracción de mineral de la empresa, que incluía elementos como el paso, la longitud de la vía y la velocidad de transporte. Se emplearon herramientas como GPS, ordenadores y IBM SPSS Statistics. Los resultados, en función de la composición de la roca, garantizarán la fragmentación deseada del mineral para un tratamiento eficaz de la cabeza del

mineral, lo que a su vez conducirá a una reducción del tiempo del ciclo de carga y acarreo y de otros procesos posteriores.

Valdivia (2021) estudió el establecimiento de una estructura de gestión y seguridad en una entidad privada que presta servicios especializados de traslado de cargas voluminosas a sectores industriales. Los servicios de localización por GPS de las cabezas tractoras y camiones de la organización proporcionan toda la información del trayecto (distancia recorrida, estacionamiento, velocidad, frenazos, aceleraciones bruscas, etc.), que, tras ser procesada y estudiada, proporciona los datos necesarios para el control y la consiguiente toma de decisiones para la consecución de un servicio de transporte que satisfaga adecuadamente las necesidades del cliente. El resultado sugiere que una mejor gestión de cada servicio de transporte conducirá a un mejor control de los costes, en particular de los costes variables, y por tanto será capaz de aplicar la precisión necesaria para tener una operación más productiva

El objetivo de Flores (2022) fue comprobar la utilización de Zigbee, un tipo de red inalámbrica que emplea sensores WSN (Wireless Sensor Network). Se realizó una investigación analítica, explicativa y descriptiva a través de la observación directa en la Empresa de Transportes Herman S.R.L. Este estudio permite la mecanización de procesos a través de una conexión inalámbrica a un módulo de hardware que tiene el módulo Xbee S2C Pro y un módulo de software que procesa los datos y la representación de una manera comprensible.

Quispe (2019) buscó ajustar el programa Talpac 10.2 repitiendo una serie de pasos en los que las curvas Rimpull y Retard (que predicen el comportamiento de un camión) se ajustaban con un factor de corrección. Se empleó el método científico para

realizar la investigación, que es de tipo Aplicado y nivel Descriptivo. Se realizó en el nivel 3990 del Pozo Norte FASE01N, y en los niveles 3735 y 3840 del Pozo Sur FASE05S de la Mina. Los resultados del software Talpac 10.2 permitieron desarrollar la estimación de los tiempos variables, con unas discrepancias de  $\pm 0,6$  minutos de media.

A continuación, se presenta las bases teóricas de estudio

Pulido et al. (2018) destacan el papel necesario del transporte de mercancías en la industria. Esta actividad logística mueve productos y materiales, y puede suponer hasta la mitad de los costes logísticos totales de una empresa, lo que la convierte en un componente fundamental para el éxito de la entrega a los clientes finales. Históricamente, la distribución de mercancías se ha concentrado en el traslado físico de mercancías.

El *transporte* es cualquier proceso que traslada un artículo desde su origen hasta su destino. Según Pulido et al. (2018), se utiliza para transportar productos acabados, materias primas y materiales entre clientes y empresas que se encuentran en lugares distintos. Además, si los productos se entregan a tiempo, en la cantidad adecuada y en buenas condiciones, puede añadir mucho valor.

*Guías de ruta*, se describe los criterios para conectar un envío a una determinada ruta, tamaño de contenedor o límite de peso, y un proveedor, servicio o combinación. (Microsoft, 2019). Rutas planificadas: Una ruta planificada es una representación visual de rutas con un calendario de fechas de entrega. Espacio de tareas de planificación de cargas: El Espacio de Trabajo de Planificación de Carga utiliza las direcciones y fechas

de entrega de los pedidos de venta y las rutas predeterminadas para elaborar una propuesta de carga. (Microsoft, 2019)

*Gestión de Combustible*, la publicación del IDAE (2006) afirma que la gestión del combustible se refiere al diseño e implantación de un sistema que supervise y registre el consumo total e individual de combustible de los automóviles de un conjunto de transporte. el combustible es parte integrante del sistema de costes de un conjunto de transporte, por lo que una gestión eficaz del combustible es esencial para el buen funcionamiento de sus operaciones comerciales.

*Plan de Recorrido*, el plan debe tener en cuenta el tamaño y el estado del vehículo, las leyes, el tipo de carga, el método de transporte, el clima, las condiciones de la carretera y el envío. Cada plan de ruta debe enumerar las partes del viaje, incluidas las paradas y los transportistas utilizados, así como los precios, las tarifas de recogida y las tarifas de entrega. Además, todo plan de ruta debe ir acompañado de una guía de destinos. (Microsoft, 2019)

MTC (2022) explica la existencia de tres tipos de mantenimiento: Mantenimiento correctivo. (Es el tipo de reparación que tiene lugar cuando los distintos componentes del vehículo funcionan mal o empiezan a deteriorarse). Mantenimiento preventivo (Es necesario continuar con las guías del fabricante que figuran en el libro de procedimientos del vehículo, que especifican el tipo de servicio y cuándo debe realizarse, para que el mantenimiento del vehículo sea correcto) y Mantenimiento predictivo (Se elaboran procedimientos o mediciones para determinar si deben realizarse alteraciones o modificaciones antes de que se produzca una avería).

## Softwares de Simulación de Transporte

*Talpac 10.2*, es un programa utilizado en el sector minero para evaluar los tiempos de transporte (tiempos de recorrido completo). Además, puede utilizarse para analizar la productividad de la maquinaria existente o para calibrar la introducción de nuevas flotas de maquinaria minera o de movimiento de tierras. (Runger Limited, 2010)

*Distpach Analiser*, es un programa informático creado para evaluar los informes emitidos por el sistema de Despacho. Cuando se recrea el periodo analizado, el software elabora un informe que revela las horas de llegada y salida de todos los vehículos que recorrieron esa zona, así como la distancia recorrida, la velocidad media y la inclinación de la zona estudiada.

Tecnología ZIGBEE, esta tecnología busca una comunicación eficaz y unificada, con una cantidad mínima de datos transmitidos y un dispositivo que dure un tiempo prolongado. Por este motivo, es una gran elección para redes que incluyan varios sensores, así como para ampliar el alcance mediante una red de malla. (Alliance, 2014)

*Modelo de base de datos relacional*, proporciona una estructura para diseñar el esquema, formando así las entidades que corresponden al mundo real. El objetivo de construir un modelo de base de datos es detallar la información que se gestionará cuando el sistema esté en funcionamiento, permitiendo así conocer los datos que se verán afectados y procesados. Este modelo incorpora asociaciones, limitaciones y restricciones a la hora de manipular o ejecutar una consulta y, por tanto, de acceder a ella. (González, 2011)

## Sistemas de carguío y transporte

Las actividades principales en una mina son la carga y el acarreo, que consisten en transportar el material fragmentado por la voladura. (Eyzaguirre, 2011)

El proceso de carga consiste en transportar el material mineralizado desde el yacimiento hasta la trituración, las pilas de mineral o los vertederos de residuos. (Eliana Eyzaguirre, 2011) afirma: a) Procedimiento del carguío, b) Planificación, c) Operación de la mina, d) Jefe de operaciones y e) Operador del equipo de carguío.

*Ruta Óptima*, Mauleón (2013) afirma que la planificación de rutas trata de ser lo más eficaz posible centrándose en tres objetivos: tener el mayor número de pasajeros al inicio del viaje, reducir el kilometraje recorrido y maximizar el número de entregas por intervalo de tiempo. Mauleón (2013) menciona rutas como:

*Programas informáticos*, el software desarrollado para organizar rutas de reparto urbano tiene en cuenta numerosos puntos. Este software de gestión de rutas es capaz de realizar las siguientes actividades: - Perfeccionar la estructura de datos. - Satisfacer todas las necesidades diarias de planificación de rutas. - Ilustración y desglose del plan de ruta de reparto. Bases de datos de clientes, envíos, normativas y vehículos. - Mapas de carreteras y calles para el cálculo de costes de transporte. - Planificación automatizada de rutas. - Gráficos de control de vehículos (horarios, kilómetros, etc.).

*Manualmente*, se utiliza un mapa de la provincia/ciudad para indicar la ubicación de los clientes. Las rutas se planifican en un esfuerzo por distribuir uniformemente la carga de trabajo, en función de la frecuencia del servicio y de los vehículos disponibles. (Mauleón, 2013)

Métodos de aproximación exacta

*Ramificación y acotamiento (Branch and Bound)*. el algoritmo de rama y límite es un método empleado para abordar problemas de optimización global. Realiza un seguimiento de los límites mínimo y máximo (globales) del valor ideal de la función principal. Aunque puede ser lento, el esfuerzo crece exponencialmente a medida que el problema se vuelve más intrincado. Además, se integra a planos de corte y enumeración implícita para abordar los problemas. El concepto principal es localizar las restricciones que no se cumplen. (Dorronsoro, 2004)

*Modelo de los ahorros (Savings Criterion – Clarke and Wright)*, la heurística de ahorro de Clarke y Wright es una solución ampliamente conocida para los Problemas de Encaminamiento de Vehículos. Puede utilizarse tanto para problemas directos como indirectos, y es adecuada para escenarios en los que el número de vehículos no es fijo. Hay que tener en cuenta todos los límites necesarios, como el tiempo y la capacidad de los vehículos. (Vidal, 2004).

## **1.2. Formulación del problema**

¿De qué manera se puede desarrollar un sistema de optimización de transportes para minimizar costos de distribución de materiales de construcción en Nor Andes S.A.C. Cajamarca 2022?

## **1.3. Objetivos**

**Objetivo general**

Desarrollar un sistema de optimización de transportes para minimizar costos de distribución de materiales de construcción en Nor Andes S.A.C. Cajamarca 2022.

### **Objetivos específicos**

- Elaborar un diagnóstico de los costos de distribución de materiales de construcción en Nor Andes S.A.C. Cajamarca 2022.
- Analizar las rutas de distribución de materiales de construcción en Nor Andes S.A.C. Cajamarca 2022.
- Optimizar la ruta para mejorar la distribución de materiales de construcción en Nor Andes S.A.C. Cajamarca 2022.
- Evaluar el impacto económico de la implementación del método de optimización de rutas sobre la distribución de materiales de construcción en Nor Andes S.A.C. Cajamarca 2022.

### **1.4. Hipótesis**

El desarrollo de un sistema de optimización de transportes minimiza los costos de distribución de materiales de construcción en Nor Andes S.A.C. Cajamarca 2022.

## CAPÍTULO II: METODOLOGÍA

### 2.1. Tipo y diseño de investigación

La investigación es de enfoque cuantitativo dado que se centra en la medición y el análisis de datos numéricos y estadísticos para responder a preguntas de investigación específicas (Hernández et al, 2014). Es de alcance explicativo y diseño experimental debido a que existe un planificación y estructuración de la investigación para poder medir y analizar el efecto de las variables independientes sobre la variable dependiente. (Hernández et al, 2014).

Asimismo, se considera una investigación pre experimental, porque se enfoca en medir el efecto de implementar un sistema de optimización de transporte sobre los costos de distribución de materiales de una empresa de construcción. Permittedose así recolectar información en el tiempo detallado, para realizar su respectivo análisis.

Teniendo así la siguiente gráfica

$$O1 \rightarrow X \rightarrow O2$$

Donde:

O1: Costos de distribución de materiales (antes)

O2: Costos de distribución de materiales (después)

X: Sistema de optimización de transportes

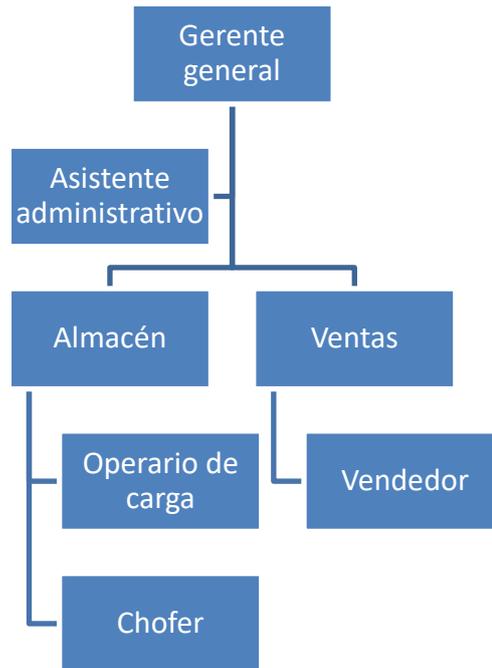
## **2.2. Población y muestra**

### **2.1.1. Población**

La población de estudio está conformada por los viajes realizados por las unidades móviles de la empresa constructora para entregar materiales de construcción en la ciudad de Cajamarca.

La empresa cuenta con 4 camiones de carga la entrega de materiales de construcción, en cada camión van 2 ayudantes de carga y descarga, y el chofer; haciendo un total de 8 trabajadores de carga y descarga y 4 choferes. Además, se cuenta con 2 trabajadores de carga más en el área de almacén.

La cantidad de viajes que realiza cada camión de carga depende del lugar a donde se dirija, la cantidad de material, entre otros; pudiendo realizar 2 viajes en promedio cada día. Haciendo un total de 8 viajes diarios de lunes a viernes y la mitad los sábados; por lo que al mes se realiza 176 viajes; y en un semestre 1056 viajes.



### 2.1.2. Muestreo

Muestreo probabilístico, es un método utilizado en la estadística para seleccionar una muestra representativa de una población o universo. En el muestreo probabilístico, cada elemento de la población tiene una probabilidad conocida o calculable de ser seleccionado en la muestra. (Hernández et al, 2014).

### 2.1.3. Criterios de selección

**Inclusión:** Se considera en la muestra a todos los viajes de entrega de materiales realizados dentro de la ciudad de Cajamarca, ejecutados por unidades móviles de la empresa y realizados durante el primer semestre del 2022.

**Exclusión:** se excluyen a los viajes realizados fuera de la ciudad de Cajamarca o realizados por empresas terceras, y que no se encuentren dentro del primer semestre del 2022.

#### 2.1.4. Muestra

Teniendo en cuenta los criterios de inclusión y exclusión

**Para el cálculo de la muestra se tiene:**

$$n = \frac{Z^2 P Q N}{E^2 (N - 1) + Z^2 P Q}$$

**Leyenda:**

**Datos:**

n: Tamaño de la muestra

n=?

N: Población

N: 1056

Z: Nivel de significancia

Z: (95%) = 1,96

P: Probabilidad de éxito

P: (50%) = 0.5

Q: Probabilidad de fracaso

Q: (50%) = 0.5

E: Error

E: (5%) = 0.05

**Desarrollo de la fórmula:**

$$n = \frac{(1.96)^2 (0.5)(0.5)(1056)}{(0.05)^2 (1056 - 1) + (1.96)^2 (0.5)(0.5)}$$

n= 282 viajes

### **2.3. Técnicas e instrumentos**

#### **Técnica**

La técnica que se manejara para la recolección de datos del presente estudio es el análisis documental, donde se utilizara un instrumento validado, estandarizado y confiable. El análisis documental es una técnica de investigación que implica la recopilación y el examen sistemático de documentos escritos, grabaciones de audio o video, fotografías y otros materiales que pueden proporcionar información relevante sobre un tema de investigación. (Hernández et al. 2014).

#### **Instrumento**

El instrumento utilizado para medir la variable sistema de optimización de transporte, es la ficha de registro (anexos), donde se realizarán los cálculos para determinar la ruta más óptima. Y para medir la variable costos de distribución se usa la ficha de registro de costos de los 282 viajes realizados durante el primer semestre del 2022.

Para el cálculo de la ruta óptima se utilizará un software de optimización de rutas.

### **2.4. Procedimiento de recolección de datos**

Antes de la recolección de datos, el investigador es responsable de preparar la autorización de uso de información de la empresa Nor Andes SAC, además de validar por juicio de expertos los instrumentos.

Durante la recolección de datos, el investigador recopilará la información de los costos de los 282 viajes realizados durante el primer semestre del 2022; así como evaluar si la ruta seguida es óptima.

Después de la recolección de datos, se implementará un sistema de optimización de transportes, y con ello se medirá los nuevos costos para 50 viajes realizados luego de la implementación. Los resultados se presentan en tablas y gráficos de ser necesario.

## **2.5. Aspectos éticos**

Esta investigación se llevó a cabo con el permiso de cada participante, respetando sus opiniones y salvaguardando su intimidad. El uso del nombre y los datos del centro de estudio se hizo de acuerdo con las normas de propiedad intelectual y las normas éticas establecidas por la UPN para los investigadores. Además, se aplicaron principios éticos al buscar y utilizar la información necesaria, como citar referencias u obtener el consentimiento por escrito.

### CAPÍTULO III: RESULTADOS

**Objetivo específico 1: Elaborar un diagnóstico de los costos de distribución de materiales de construcción en Nor Andes S.A.C. Cajamarca 2022.**

A continuación, se presentan las rutas que la empresa Nor Andes realiza con sus 4 unidades móviles, cabe recalcar que cada unidad móvil cuenta con 1 chofer y 2 ayudantes de carga y descarga.

**Tabla 1**

*Rutas de reparto*

RUTA	ZONA
0	Nor Andes
1	Baños del inca
2	Llacanora
3	Otuzco
4	Santa Apolonia
5	Fonavi
6	Nuevo metro
7	Grifo 3M
8	Porcón Bajo

Fuente: Nor Andes SAC

De la tabla se observa que la empresa cuenta con 8 rutas principales de atención, siendo la ruta 0 el local de la empresa Nor Andes S.A.C.

**Tabla 2**

*Número de viajes*

Ruta	Número de viajes	%
Baños del inca	35	12%

Fonavi	47	17%
Grifo 3M	34	12%
Llacanora	38	13%
Nuevo metro	32	11%
Otuzco	37	13%
Porcón Bajo	33	12%
<u>Santa Apolonia</u>	<u>26</u>	<u>9%</u>
<u>Total</u>	<u>282</u>	<u>100%</u>

Fuente: Nor Andes SAC

De la tabla se puede observar, los viajes realizados por las unidades móviles a las diferentes rutas que tiene la empresa, durante el primer semestre del año 2022; siendo la ruta a Fonavi, la más concurrida y la ruta Santa Apolonia, la de menor recorrido.

**Tabla 3**

*Tiempo de viaje promedio*

Ruta	Tiempo de viaje promedio (minutos)	Km promedio
Baños del inca	167	7.2
Fonavi	132	0.9
Grifo 3M	149	4.0
Llacanora	184	13.7
Nuevo metro	143	2.4
Otuzco	168	8.5
Porcón Bajo	184	15.8
Santa Apolonia	153	2.8

Fuente: Nor Andes SAC

En la tabla, se presenta el tiempo promedio de viaje en minutos para cada ruta, cabe resaltar que el tiempo de viaje consta de tiempo de carga de material, tiempo de traslado y tiempo de descarga de material; además de los kilómetros recorrido en promedio por cada viaje. Si bien

es cierto la diferencia de tiempo entre rutas con menores kilómetros de recorrido con las de mayor distancia, no es muy alta; es debido a que algunas son rutas urbanas que presentan tráfico y otras son rutas hacia fuera de la ciudad, con menor cantidad de tráfico.

Además, de un simple promedio de tiempo, y con un horario de trabajo de 10 horas al día, la empresa puede realizar entre 3 a 4 viajes por día por unidad móvil.

**Tabla 4**

*Costo por viaje*

Ruta	Promedio de Costo Gasolina	Promedio de Mano de obra	Costo de mantenimiento	Costo administrativo	Total
Baños del inca	S/ 13.14	S/ 46.38	S/ 1.44	S/ 6.10	S/ 67.06
Fonavi	S/ 2.08	S/ 36.75	S/ 0.18	S/ 3.90	S/ 42.91
Grifo 3M	S/ 7.30	S/ 41.41	S/ 0.80	S/ 4.95	S/ 54.46
Llacanora	S/ 21.17	S/ 51.20	S/ 2.74	S/ 7.51	S/ 82.63
Nuevo metro	S/ 5.54	S/ 39.65	S/ 0.48	S/ 4.57	S/ 50.24
Otuzco	S/ 13.14	S/ 46.57	S/ 1.70	S/ 6.14	S/ 67.55
Porcón Bajo	S/ 28.84	S/ 51.08	S/ 3.16	S/ 8.31	S/ 91.38
Santa Apolonia	S/ 6.46	S/ 42.39	S/ 0.56	S/ 4.94	S/ 54.35

Fuente: Nor Andes SAC

De la tabla, se muestra el costo promedio por viaje realizado a las diferentes rutas de la empresa, considerando el costo de gasolina y el costo de mano de obra incluyendo el conductor.

**Objetivo específico 2: Analizar las rutas de distribución de materiales de construcción en Nor Andes S.A.C. Cajamarca 2022.**

Respecto a la forma de planificar las rutas, la empresa no cuenta con un estándar de ruta específico, simplemente asigna las rutas a las unidades móviles conforme tenga pedidos de

materiales, lo que ocasiona que la empresa no tenga información si su ruta es óptima o no. Por ejemplo, tomando un día cualquiera de la muestra:

**Tabla 5**

*Rutas de las unidades móviles en un día al azar*

Destino	MOVIL
Fonavi	2
Otuzco	3
Llacanora	1
Llacanora	4
Otuzco	2
Otuzco	2
Grifo 3M	1
Porcón Bajo	4
Llacanora	3
Nuevo metro	4
Fonavi	1
Llacanora	2
Fonavi	4
Fonavi	1
Baños del inca	3
Baños del inca	3

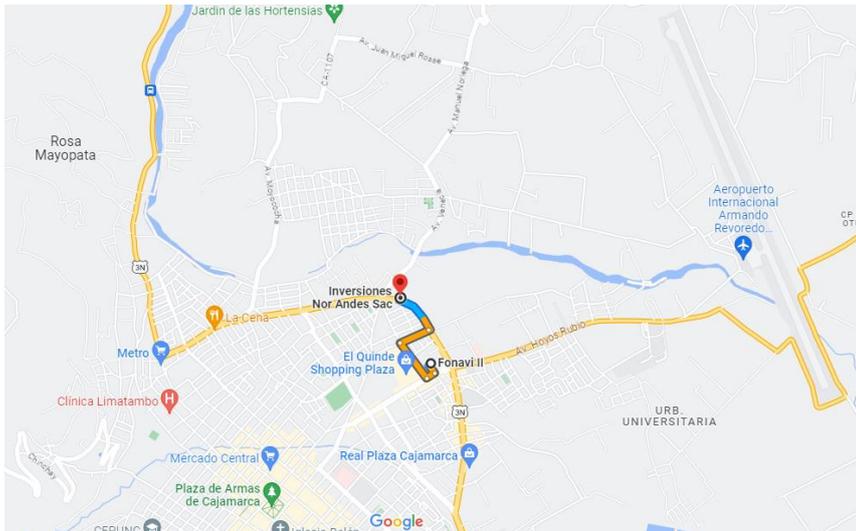
Fuente: Nor Andes SAC

De la tabla se observa 16 viajes realizados en un día por las 4 unidades móviles. Si tomamos de ejemplo la ruta de la móvil 2; observamos que hizo 1 ruta cerca y 3 rutas largas, además las

otras unidades tuvieron destinos similares; cuando se podría planificar de mejor forma; y evitar rutas dobles o innecesarias.

**Figura 1**

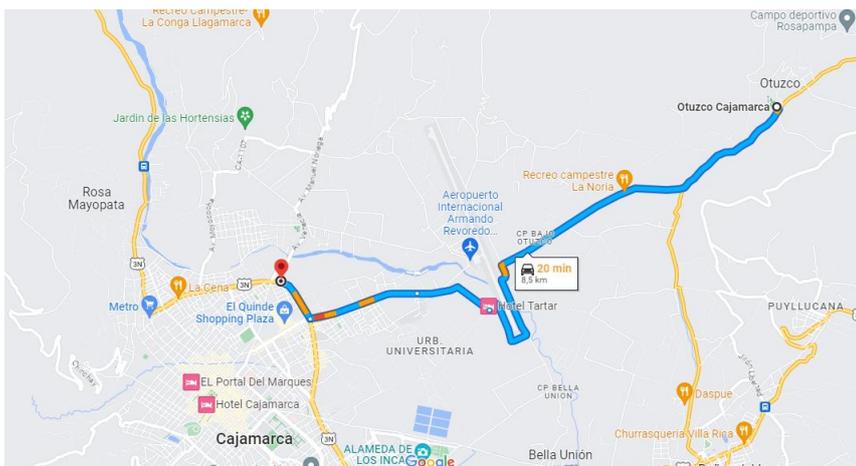
*Ruta Nor Andes - Fonavi*



Nota: Tomado de Googlemaps. Fuente: Nor Andes SAC

**Figura 2**

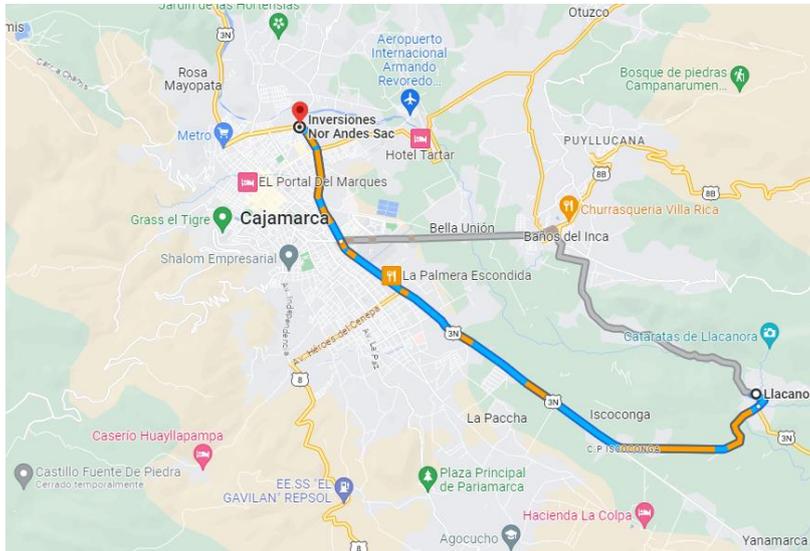
*Ruta Nor Andes - Otuzco*



Nota: Tomado de Googlemaps. Fuente: Nor Andes SAC

**Figura 3**

*Ruta Nor Andes - Llacanora*



Nota: Tomado de Googlemaps. Fuente: Nor Andes SAC

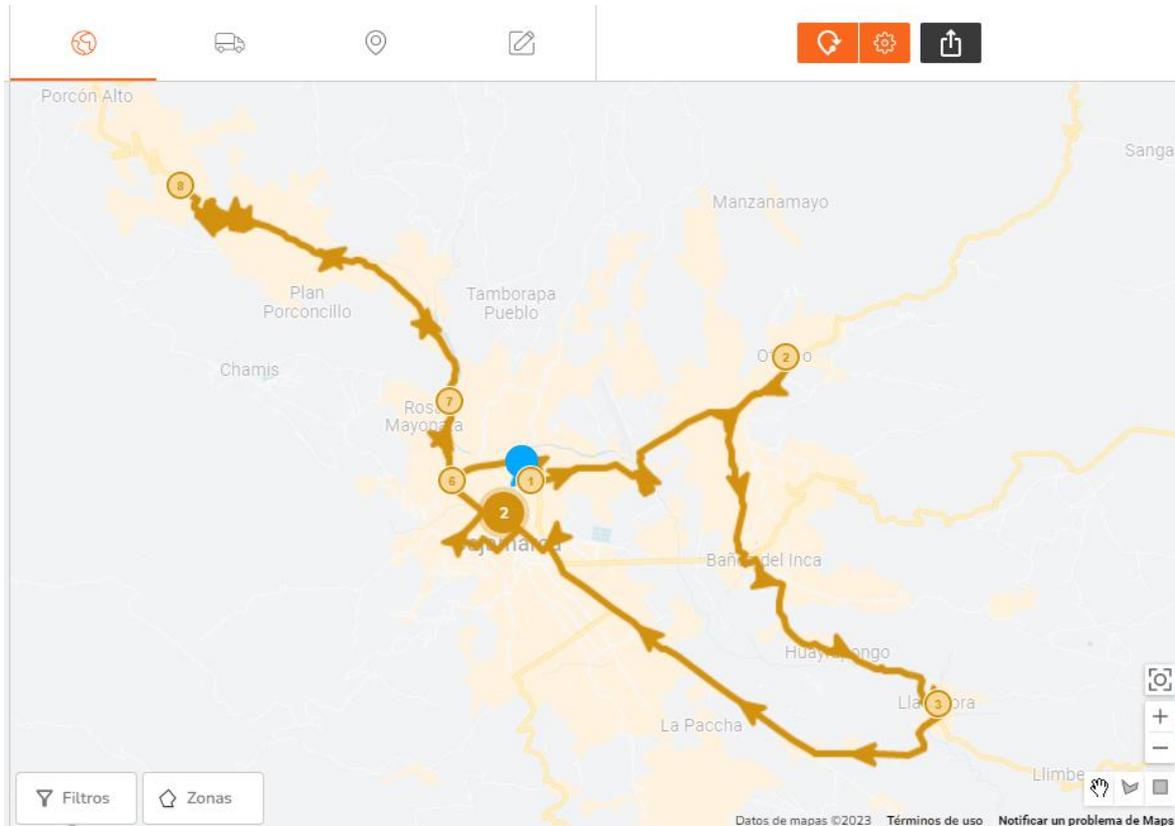
De la tabla se observa 16 viajes realizados en un día por las 4 unidades móviles. Si tomamos de ejemplo la ruta de la móvil 2; observamos que hizo 1 ruta cerca y 3 rutas largas, además las otras unidades tuvieron destinos similares; cuando se podría planificar de mejor forma; y evitar rutas dobles o innecesarias.

**Objetivo específico 3: Optimizar la ruta para mejorar la distribución de materiales de construcción en Nor Andes S.A.C. Cajamarca 2022.**

Para calcular la ruta más óptima se utilizó el software web Smartmonkey ([www.smartmonkey.io](http://www.smartmonkey.io)); en la cual se registraron todas las rutas que la empresa debe realizar, y el software calculó la ruta más óptima a seguir. De tal forma, la ruta propuesta por el software sería la siguiente:

**Figura 4**

*Ruta óptima elaborado con smartmonkey*



Nota: Elaboración propia con software web smartmonkey. Fuente: [www.smartmonkey.io](http://www.smartmonkey.io)

De la figura se observa, que el software propuso la ruta Fonavi, Otuzco, Baños del Inca, Llacanora, Santa Apolonia, Nuevo Metro, Grifo 3M, Porcón Bajo y de regreso hacia Nor Andes. Esta ruta trazada por el sistema implica una nueva organización de como asignar las unidades móviles. La ruta se dividió en 2 zonas: zona sur y zona norte.

- Zona Sur: Fonavi, Otuzco, Baños del Inca, Llacanora, Santa Apolonia
- Zona Norte: Nuevo Metro, Grifo 3M, Porcón Bajo

Acorde a dichas nuevas rutas; se organizaron las unidades móviles, las 2 más grandes y de mayor capacidad fueron asignadas a la zona sur; y las de menor capacidad a la zona norte.

Además, según la tabla 2, la zona norte recibe el 35% de los pedidos, mientras que la zona sur recibe el 65% de los pedidos; por ello en caso se requiere se decidió asignar una unidad móvil de soporte a la zona sur, cuando exista alta demanda; quedando de esta forma la zona norte solo con 1 unidad móvil para atención.

Por lo tanto, todos los pedidos de materiales quedarían programados en base a la ruta en lugar de atenderlos conforme llegan; además de ello, la empresa ha solicitado que los pedidos se realicen por lo menos con 2 días de anticipación para tener una mejor programación.

**Objetivo específico 4: Evaluar el impacto económico de la implementación del método de optimización de rutas sobre la distribución de materiales de construcción en Nor Andes S.A.C. Cajamarca 2022.**

Para evaluar el impacto económico, se analizaron 50 rutas de viaje realizadas por la empresa durante los primeros meses del año 2022.

**Tabla 6**

*Tiempo de viaje promedio*

Ruta	Tiempo de viaje promedio (minutos)	Km promedio
Baños del inca	149	6.09
Fonavi	137	0.72
Grifo 3M	145	3.31
Llacanora	164	11.55
Nuevo metro	140	2.00
Otuzco	162	6.72
Porcón Bajo	166	12.86

Santa Apolonia	143	2.14
----------------	-----	------

---

Nota. Elaboración propia. Fuente: Nor Andes SAC

De la tabla 6, se observa el nuevo tiempo de viaje en minutos para cada ruta; de la misma forma con los kilómetros promedio recorridos.

**Tabla 7**

*Costo por viaje*

Ruta	Promedio de Costo Gasolina	Promedio de Mano de obra	Costo de mantenimiento	Costo administrativo	Total
Baños del inca	S/ 11.11	S/ 41.29	S/ 1.22	S/ 5.36	S/ 58.99
Fonavi	S/ 1.67	S/ 37.96	S/ 0.14	S/ 3.98	S/ 43.76
Grifo 3M	S/ 6.04	S/ 40.34	S/ 0.66	S/ 4.70	S/ 51.74
Llacanora	S/ 17.86	S/ 45.52	S/ 2.31	S/ 6.57	S/ 72.25
Nuevo metro	S/ 4.62	S/ 38.91	S/ 0.40	S/ 4.39	S/ 48.32
Otuzco	S/ 10.38	S/ 44.90	S/ 1.34	S/ 5.66	S/ 62.28
Porcón Bajo	S/ 23.47	S/ 46.08	S/ 2.57	S/ 7.21	S/ 79.33
Santa Apolonia	S/ 4.93	S/ 39.77	S/ 0.43	S/ 4.51	S/ 49.64

Nota. Elaboración propia. Fuente: Nor Andes SAC

De la tabla 7, se observa los nuevos costos promedio por viajes, considerando el gasto en gasolina y mano de obra.

**Tabla 8**

*Tiempo de viaje promedio*

Ruta	Tiempo de viaje promedio	Tiempo de viaje promedio	% Variación

	después (minutos)	antes (minutos)	
Baños del inca	149	167	-10.8%
Fonavi	137	132	3.8%
Grifo 3M	145	149	-2.7%
Llacanora	164	184	-10.9%
Nuevo metro	140	143	-2.1%
Otuzco	162	168	-3.6%
Porcón Bajo	166	184	-9.8%
Santa Apolonia	143	153	-6.5%

Nota. Elaboración propia. Fuente: Nor Andes SAC

De la tabla 8, el porcentaje de variación del tiempo promedio de viaje considerando la nueva ruta planteada, donde se observa una reducción de hasta un 10.9% del tiempo inicial; esto se debe principalmente a que las unidades móviles ya no hacen recorridos innecesarios en zonas urbanas.

**Tabla 9**

*Tiempo de viaje promedio*

Ruta	Km promedio después	Km promedio antes	% Variación
Baños del inca	6.09	7.2	-15.4%
Fonavi	0.72	0.9	-20.0%
Grifo 3M	3.31	4.0	-17.3%
Llacanora	11.55	13.7	-15.7%
Nuevo metro	2.00	2.4	-16.7%

Otuzco	6.72	8.5	-20.9%
Porcón Bajo	12.86	15.8	-18.6%
Santa Apolonia	2.14	2.8	-23.6%

Nota. Elaboración propia. Fuente: Nor Andes SAC

De la tabla 9, el porcentaje de variación del kilómetro recorrido de viaje considerando la nueva ruta planteada, donde se observa una reducción de hasta un 23.6% del tiempo inicial; esto se debe principalmente a que las unidades móviles ya no hacen recorridos innecesarios en zonas urbanas.

**Tabla 10**

*Costo por viaje*

Ruta	Costo viaje después	Costo de viaje antes	% Variación
Baños del inca	S/ 52.41	S/ 59.52	-11.9%
Fonavi	S/ 39.63	S/ 38.83	2.1%
Grifo 3M	S/ 46.37	S/ 48.71	-4.8%
Llacanora	S/ 63.37	S/ 72.37	-12.4%
Nuevo metro	S/ 43.53	S/ 45.19	-3.7%
Otuzco	S/ 55.27	S/ 59.71	-7.4%
Porcón Bajo	S/ 69.55	S/ 79.92	-13.0%
Santa Apolonia	S/ 44.70	S/ 48.85	-8.5%

Nota. Elaboración propia. Fuente: Nor Andes SAC

De la tabla 10, el porcentaje de variación del costo por viaje ha disminuido hasta un 13%, esto es debido a la reducción de los tiempos de viaje y a los kilómetros recorridos; de esto se evidencia la efectividad de la ruta planteada.

## **CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES**

Los resultados del presente estudio indicaron que la nueva ruta planteada por el software de optimización de rutas ha sido beneficioso para la empresa, dado que el tiempo promedio de viaje para cada ruta tuvo reducciones de hasta un 10.9% respecto al tiempo inicial, los kilómetros recorridos por ruta disminuyeron hasta un 23.6% respecto al recorrido inicial; conllevando a que los costos por viaje por ruta disminuyeran hasta un 13%, generando un ahorro significativo para la organización. Los resultados obtenidos en el presente estudio coinciden en ciertos aspectos con los hallazgos de Morales (2022). Ambos estudios muestran una reducción significativa tanto en el tiempo de viaje como en los kilómetros recorridos por ruta. Esto indica que la nueva ruta propuesta por el software de optimización ha sido beneficioso para la empresa, ya que se logró una mayor eficiencia en la distribución de los materiales de construcción. Además, los resultados de ambos estudios destacan el ahorro de costos generado por la optimización de las rutas. Morales (2022) menciona que la optimización del transporte puede llevar a ahorros considerables para las empresas, mientras que el estudio actual muestra una disminución de hasta un 13% en los costos por viaje por ruta. Estos ahorros son significativos y pueden tener un impacto positivo en la rentabilidad y competitividad de la organización. Por otro lado, el estudio de Reyes (2020) se centra en el desarrollo de un sistema inteligente para la optimización de rutas de vehículos de transporte, específicamente para transportar personal de una organización o entidad. Aunque el enfoque difiere ligeramente del estudio actual, ambos comparten la meta de optimizar las rutas de transporte. Este enfoque puede complementar el estudio actual, ya que podrían aplicarse para mejorar aún más la eficiencia y la representación visual de las rutas optimizadas.

Los resultados del estudio de Moreno et al. (2020) son relevantes en relación con el presente estudio sobre la optimización de rutas de distribución de materiales de construcción. Ambos estudios comparten el objetivo de reducir los costos operativos y mejorar la eficiencia en la distribución de mercancías. La utilización de modelos matemáticos permite asignar eficientemente los recursos y encontrar las configuraciones óptimas en la red de distribución. Estos enfoques pueden ser aplicados en el presente estudio para lograr una mayor reducción de los costos y mejorar la satisfacción del cliente. El estudio de Serrano et al. (2019) proporciona una perspectiva adicional sobre la optimización de rutas de transporte y su impacto en los costos y tiempos de entrega. Al considerar el consumo de combustible y otros factores relevantes, se puede lograr una reducción adicional de los costos y una mejora en la eficiencia del transporte. Estos aspectos pueden ser considerados en el presente estudio para evaluar y ajustar aún más las rutas optimizadas de distribución de materiales de construcción. Aunque el contexto del estudio de Nogales (2020) difiere del presente estudio sobre la distribución de materiales de construcción, ambos comparten el objetivo de maximizar la eficiencia del transporte y utilizar modelos matemáticos para encontrar soluciones óptimas. La programación lineal y el uso de software de simulación son herramientas valiosas para evaluar diferentes escenarios y tomar decisiones informadas sobre las rutas.

Los resultados también fueron comparables con el estudio de Rivas et al. (2019), dado que ambos estudios tuvieron mejoras significativas en sus nuevas rutas, los resultados obtenidos mostraron una disminución del 15% en el consumo de combustible y del 19.80% en los gastos de mantenimiento, así como una reducción del 15% en las paradas imprevistas por problemas mecánicos.

Los resultados del estudio también son consistentes con los hallazgos de Valdivia (2021), quien estudió la implementación de un sistema de gestión y seguridad en una empresa de transporte de carga. La implementación de un sistema de rastreo GPS permitió recopilar y analizar datos relacionados con el viaje, como kilómetros recorridos, estacionamientos, velocidad, frenado y aceleraciones bruscas. Esta información fue utilizada para el control y la toma de decisiones que contribuyeron a un servicio de transporte más eficiente y, en última instancia, a un mejor control de los costos variables.

Asimismo, el estudio de Flores (2022) que aplicó la tecnología Zigbee para el monitoreo de flotas de transporte de carga también es relevante en relación con los resultados del presente estudio. El uso de la tecnología Zigbee y la automatización de procesos mediante una conexión inalámbrica permitió recopilar datos y mostrarlos de manera comprensible. Esto podría contribuir a la optimización de las rutas y a una gestión más eficiente de la flota de transporte.

En cuanto al estudio de Quispe (2019) sobre la calibración del software Talpac 10.2 para mejorar la estimación de tiempos variables de acarreo en una mina, aunque el contexto es diferente, comparte la aplicación de herramientas tecnológicas para optimizar los procesos de transporte. La mejora en la estimación de los tiempos variables a través del software permitió una mayor precisión en la planificación de las operaciones de acarreo.

Respecto a los aportes del estudio: Los resultados del estudio demuestran que la implementación del software de optimización de rutas ha llevado a reducciones significativas en el tiempo de viaje, los kilómetros recorridos y los costos por viaje por ruta. Estos ahorros tienen un impacto práctico directo en la eficiencia y rentabilidad de la empresa al optimizar las operaciones de distribución de materiales de construcción. Al disminuir los kilómetros recorridos y los costos por viaje por ruta, el estudio contribuye a una reducción del consumo

de combustible y las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas al transporte de materiales de construcción. Esto tiene un impacto social positivo al contribuir a la sostenibilidad y la protección del medio ambiente; además, la optimización de rutas y la reducción de costos en la distribución de materiales de construcción generaron ahorros significativos para la empresa, lo que puede traducirse en mayores inversiones, crecimiento y generación de empleo. Esto contribuye al desarrollo económico y social de la región o comunidad en la que opera la empresa.

### **Conclusiones:**

- Se elaboró un diagnóstico de los costos de distribución, observando que existían sobrecostos por rutas realizadas doble vez y de tramos innecesarios para la distribución de materiales, dichos sobrecostos correspondían al costo de gasolina y gastos de personal.
- Se encontró que en la empresa no realizaba rutas óptimas dado que era el conductor quien tomaba la decisión de qué ruta tomar en base a su criterio o condiciones de tráfico; siendo esta forma de trabajo la que se venía haciendo la empresa desde sus inicios.
- Se optimizó la ruta de distribución utilizando el software de Smartmonkey, las rutas se dividieron en zona norte y zona sur; siendo la zona sur la ruta de recorrido más largo y de puntos de entrega mayores; además se crearon 2 equipos de distribución, con 2 unidades cada uno, pero 1 unidad de la zona norte podía ser ubicada a zona sur dependiendo de la demanda.
- Los resultados del presente estudio indicaron que la nueva ruta planteada por el software de optimización de rutas ha sido beneficioso para la empresa, dado que el tiempo promedio de viaje para cada ruta tuvo reducciones de hasta un 10.9% respecto

al tiempo inicial, los kilómetros recorridos por ruta disminuyeron hasta un 23.6% respecto al recorrido inicial; conllevando a que los costos por viaje por ruta disminuyeran hasta un 13%, generando un ahorro significativo para la organización.

## REFERENCIAS

Alliance, Z. (2014). Tecnología Zigbee.

Calderón, B. J. C., Calderón, H. J. C., & Zúñiga, L. A. C. (2020). Análisis del sistema de transporte urbano para optimizar el tiempo de viaje del pasajero de la ciudad de Puno-2018. *Veritas et Scientia*, 9(1), 134-144. <https://revistas.upt.edu.pe/ojs/index.php/vestsc/article/view/285>

Cervantes, M. E. S., & García, L. D. J. M. (2019). El uso de modelos de redes y modelos de transporte para la optimización y reducción de tiempos y costos de transporte en la Comercializadora Gonac S. A de CV/The use of network models and transport models for the optimization and reduction of transport times and costs in the Comercializadora Gonac S. A de CV. *RICEA Revista Iberoamericana de Contaduría, Economía y Administración*, 8(15), 29-53. <https://www.ricea.org.mx/index.php/ricea/article/view/123>

Dorronsoro, Bernabé. (2004) VRP web. Universidad de Málaga, Departamento de ciencias de la computación, España. Disponible en Web: [http:// neo. lcc.uma.es/radi-aeb/WebVRP/](http://neo.lcc.uma.es/radi-aeb/WebVRP/)

Estadísticas del MTC, (2021) Estadística - Servicios de Transporte Terrestre por Carretera - Servicios de Carga. <https://www.gob.pe/institucion/mtc/informes-publicaciones/344890-estadistica-servicios-de-transporte-terrestre-por-carretera-servicios-de-carga>

Eyzaguirre Baldean Q., Zoila (2011). “gestión en las operaciones de transporte y acarreo para el incremento de la productividad en Cia. Minera Condestable S.A.”. Tesis de grado. Universidad Católica del Perú. Lima, Perú.

Flores Cervantes, H. J. A. (2022). Sistema automático de monitoreo de flotas de transporte de carga aplicando tecnología ZIGBEE. Caso: empresa de transportes Herman SRL. Universidad de Moquegua.  
[https://repositorio.unam.edu.pe/bitstream/handle/UNAM/465/D095\\_75555315\\_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unam.edu.pe/bitstream/handle/UNAM/465/D095_75555315_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

González, C. Y. (2011). Modelado de base de datos

Guillen, J., & Valdivieso, G. (2017). Rediseño del Proceso de Ruteo y Programación de Vehículos en una Empresa de Manufactura. Guayaquil.

Hurtado Quinto, J. S. (2019). Optimización del transporte aplicando simulación de la teoría de líneas de espera en la Unidad Minera Cobriza 2019.  
<https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/6238/TESIS%20-%20HURTADO%20QUINTO%20JESUS%20SAULO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Mauleón, T. (2013) Transporte, operadores, redes. Editorial Díaz de Santos, Madrid

Mogollon Oviedo, F. L., & Zafra Castillo, A. K. (2019). Diseño de un modelo de distribución y transporte y su impacto en los costos del centro de distribución de la Empresa Costa Gas SAC. <http://repositorio.upao.edu.pe/handle/20.500.12759/4801>

Morales Barbosa, R. E. *Optimización de una red de transporte aplicado al sector de cemento a granel en Colombia* (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de Colombia).  
<https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/82840>

Moreno, S. R., Serna, M. D. A., Uran, C. A. S., & Zapata, J. A. (2020). Modelo matemático para la optimización de la red de distribución de una empresa de transporte de paquetería y mensajería terrestre. *Dyna*, 87(214), 248-257.  
<https://revistas.unal.edu.co/index.php/dyna/article/view/84679>

Nogales Mieles, M. J. (2020). *Optimización del sistema de transporte minero por medio de un modelo matemático en una cantera ubicada en el cantón Guayaquil, Provincia del Guayas*. <https://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/50499>

Ortúzar, j. d. (2012). Modelos de Demanda de transporte. Santiago de Chile.

Pereda Valverde, W. E. (2021). Diseño de rutas de transporte de mineral, mallas de perforación y voladura para incremento de la productividad de la compañía minera, La Libertad, 2019. Universidad Privada del Norte.  
[https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/27802/PEREDA%20VALVERDE%20WILSON%20ELADIO\\_TOTAL\\_PDF.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/27802/PEREDA%20VALVERDE%20WILSON%20ELADIO_TOTAL_PDF.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Quispe Pérez, K. (2019). Calibración del software Talpac 10.2 para mejorar la estimación de tiempos variables de acarreo en el área de planeamiento de la Cia. Minera Antapaccay. Universidad Nacional del Centro del Perú.  
[https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/5322/T010\\_48208319\\_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/5322/T010_48208319_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Ramos, A., & Vitoriano, B. (2010). Modelos Matematicos de Optimización. Madrid.

Reyes Rueda, J. D. (2020). Sistema inteligente para la optimización de rutas de vehículos de transporte basado en sistema de información geográfica y metaheurísticas (Doctoral dissertation, ETSI\_Informatica). <https://oa.upm.es/63691/>

Rivas Vera, C. G., & Zamora Cárdenas, H. (2019). Propuesta de un plan de mejora para optimizar la gestión del proceso de transporte de inversiones Zamcar SAC. [https://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14138/2725/IND-T030\\_40455246\\_T%20%20%20RIVAS%20VERA%20CLAUDIA%20GISELLA.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14138/2725/IND-T030_40455246_T%20%20%20RIVAS%20VERA%20CLAUDIA%20GISELLA.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Rivera-Vaca, P. D., Rodríguez-Pérez, D. V., Ortiz-Díaz, M. P., & Díaz-Pazmiño, S. A. (2022). Herramientas tecnológicas utilizadas para la optimización de la gestión de transporte. *Polo del Conocimiento*, 7(4), 49-65. <https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/3809/8809>

Runger Limited. (2010). Guia de capacitación Talpac. Brisbane: Box

Valdivia Campos, S. B. (2023). Implementación de sistema de gestión y seguridad en ruta para una empresa de transporte de carga. Universidad de Piura. [https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/5947/TSP\\_AE-L\\_059.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/5947/TSP_AE-L_059.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Vidal, Carlos Julio. (2004) Modos de Transporte e Indicadores. Presentación en powerpoint. Cali: Colombia. Universidad del Valle. 57p.

## ANEXOS

### Anexo 1: Matriz de consistencia

<b>Título: SISTEMA DE OPTIMIZACIÓN DE TRANSPORTES PARA MINIMIZAR COSTOS DE DISTRIBUCIÓN DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN EN NOR ANDES S.A.C. CAJAMARCA 2022</b>				
<b>Problema</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Hipótesis</b>	<b>Variable</b>	<b>Metodología</b>
<b>Problema general</b>	<b>Objetivo general</b>	<b>Hipótesis general</b>		
¿De qué manera se puede desarrollar un sistema de optimización de transportes para minimizar costos de	Desarrollar un sistema de optimización de transportes para minimizar costos de	El desarrollo de un sistema de optimización de transportes minimiza los costos de	Variable 1:	Tipo: cuantitativo  Diseño: pre experimental

distribución de materiales de construcción en Nor Andes S.A.C. Cajamarca 2022?	distribución de materiales de construcción en Nor Andes S.A.C. Cajamarca 2022.	distribución de materiales de construcción en Nor Andes S.A.C. Cajamarca 2022.	Sistema de optimización de transportes  Variable 2:  Costos de distribución	Población: viajes realizados por las unidades móviles de la empresa constructora para entregar materiales de construcción en la ciudad de Cajamarca.
	<b>Objetivos específicos</b>	<b>Hipótesis específicas</b>		

	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Elaborar un diagnóstico de los costos de distribución de materiales de construcción en Nor Andes S.A.C. Cajamarca 2022.</li> <li>•Analizar las rutas de distribución de materiales de construcción en Nor Andes S.A.C. Cajamarca 2022.</li> </ul>			<p>Muestreo: probabilístico</p> <p>Muestra: 282 viajes</p> <p>Técnica: análisis documental</p> <p>Instrumento: fichas de registro de datos</p>
--	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--	--	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Optimizar la ruta para mejorar la distribución de materiales de construcción en Nor Andes S.A.C. Cajamarca 2022.</li> <li>•Evaluar el impacto económico de la implementación del método de optimización de rutas sobre la distribución de materiales de construcción en Nor</li> </ul>			
--	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--	--	--

	Andes S.A.C. Cajamarca 2022.			
--	---------------------------------	--	--	--

**Anexo 2: Matriz de operacionalización de variables**

<b>VARIABLES DE ESTUDIO</b>	<b>DEFINICIÓN CONCEPTUAL</b>	<b>DEFINICIÓN OPERACIONAL</b>	<b>DIMENSIÓN</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>FÓRMULA</b>	<b>ESCALA DE MEDICIÓN</b>
<b>V1. SISTEMA DE OPTIMIZACIÓN DE</b>	Proceso de obtener la mejor ruta de un viaje de mercancías con el objetivo de reducir costos, tiempos y aumentar el	Ficha de registro de información	Optimización de ruta	Tiempo de ruta  Distancia recorrida	Tiempo de ruta óptimo / tiempo inicial	Razón

	servicio al cliente (Pulido et al, 2018)				Distancia de ruta óptima/ distancia inicial	
V2 COSTOS DE DISTRIBUCIÓN	Son los costos relacionados con la realización de un viaje de transporte de mercancías como son remuneraciones, combustible, mantenimiento	Ficha de registro de información	Costos	Costo por km	Costo total del viaje/ km recorridos del viaje	razón

**Anexo 3: Ficha de registro de viajes**

N°	Destino	Fecha	Hora de salida	Hora de llegada	Tiempo de viaje	Km inicio	Km finales	Total Km recorridos	Costo de gasolina	Depreciación	Mano de obra
