

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DEL PERÚ

MEJORAS EN EL DESEMPEÑO AMBIENTAL Y LA APLICACIÓN
DE ALGORITMOS DE RUTEO DE VEHÍCULOS EN UNA
EMPRESA DISTRIBUIDORA DE RESIDUOS SÓLIDOS
ORGÁNICOS

Tesis para optar el Título de **Ingeniero Industrial**, que presenta el bachiller:

Sergio Leandro Toribio Alva

ASESOR: José Alan Rau Álvarez

Lima, junio de 2015

Resumen

La empresa Logística Callao E.I.R.L. se dedica al recojo, distribución y entrega de residuos sólidos orgánicos, los cuales son empleados para la producción de alimento balanceado y harina de pescado. El trabajo desarrollado en esta organización comprende un diagnóstico para determinar oportunidades de mejora, así como el análisis de las propuestas a implementar. Dichas propuestas se enfocan en la mejora de la planificación de sus rutas y en asegurar el cumplimiento de los requisitos legales ambientales de su sector.

Logística Callao E.I.R.L. cuenta con una flota de 7 camiones, los cuales recorren diversos mercados de Lima metropolitana y entregan los residuos a las empresas productoras, estos recorren en 322.4 km por día. Luego con la aplicación de algoritmos de ruteo de vehículos se propone una planificación donde este recorrido es 268 km, es decir 54.4 km menos por día, lográndose un ahorro anual de S/. 11500.

Por otro lado, debido a los antecedentes de malos manejos de los residuos se establecieron lineamientos para su correcta gestión. La empresa registra multas en una frecuencia de dos por año, siendo el valor por estas un promedio de S/. 7600. Para ello se presentan lineamientos y programas ambientales basados en la ISO 14001. Los ahorros obtenidos por la no ocurrencia de malos manejos y la prevención de las pérdidas de los materiales son alrededor de S/ 10500 anuales.

La reducción de las distancias permite controlar un aspecto ambiental significativo, la emisión de dióxido de carbono (CO₂). Anualmente se recorre 117676 km, con lo cual se generan 29.5 toneladas de CO₂ equivalente (considerando el ciclo de vida del camión), con la nueva propuesta se tendría una reducción aproximada de 5 toneladas anuales.

Además, se presenta una estructura organizacional que soporte las mejoras planteadas. En este sentido, se contará con personal parcialmente dedicado a la gestión ambiental, así como responsables del registro de los datos de los procesos.

La inversión requerida para la implementación de las propuestas es de S/. 15700 recuperables en 3 años y con una tasa interna de retorno de 78%.

Dedicatoria

El presente trabajo representa la culminación de mi etapa universitaria. Durante este período y en gran parte de mi vida solo me queda agradecer a mis padres, en especial a mi madre, por su constante apoyo, sacrificio y dedicación incondicional. También, a la persona que constituye un pilar en mi vida, mi abuela Loyola (Mama Yolita), la cual tiene un infranqueable espíritu y es parte importante de ese impulso que me permite seguir adelante.

Por otro lado, a mis tíos Oscar y Ermila, quienes fueron la fuente de información para la realización de la presente obra y tener la posibilidad de optar por el título profesional. Además de saber que su apoyo hacia mi persona siempre está presente.

También a mi abuelo Segundo, quien me ha demostrado que está ahí en esos momentos en los cuales no esperas esa ayuda desinteresada. Además, a mi tío Eleazar, la persona que ha sido una influencia importante en diversos temas, la cual se traduce en una apreciación por el arte y la atención a los detalles.

Por último, a unas personas que cruzaron por mi camino justo en esta etapa de formación y descubrimiento personal, gracias a las cuales pude fortalecer mi parte espiritual y conocerme más.

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Casillas para el diagnóstico organizacional según Mr. Weisbord.....	4
Tabla 2: Las 6 casillas vistas desde el ámbito formal e informal.....	4
Tabla 3: Resumen de cargas transportadas por ruta y capacidad de cada camión.....	35
Tabla 4: Detalle de las cargas transportadas por mercado.....	41
Tabla 5: Coordenadas de los puntos en kilómetros.....	44
Tabla 6: Distancias entre puntos.....	45
Tabla 7: Distancias recorridas por ruta o chofer.....	45
Tabla 8: Detalle de distancias recorridas por chofer.....	46
Tabla 9: Costo diario de distribución.....	46
Tabla 10: Análisis de variabilidad de las distancias recorridas.....	47
Tabla 11. Jornales.....	48
Tabla 12: Tipos de Tachos.....	49
Tabla 13: Cantidad de tachos por ruta o camión.....	49
Tabla 14: Problemas generales en Logística del Callao E.I.R.L.....	51
Tabla 15: Efectos de los problemas generales.....	52
Tabla 16: Cuantificación del impacto de los efectos.....	52
Tabla 17: Escalas de frecuencia.....	53
Tabla 18: Escala de impacto del costo.....	53
Tabla 19: Detalle de inducción general.....	59
Tabla 20: Lista de Aspectos Ambientales Significativos.....	62
Tabla 21: Posición relativa de cada punto.....	68
Tabla 22: Relación de camiones.....	68
Tabla 23: Clusters obtenidos por el método del barrido.....	69
Tabla 24: Detalle de cargas transportadas.....	69

Tabla 25: Ruteo de cada cluster.....	70
Tabla 26: Cantidad de kilómetros recorridos por chofer.....	70
Tabla 27: Análisis de distancias recorridas.....	71
Tabla 28: Detalle de costo de distribución actual.....	71
Tabla 29: Partición de ruta por el método Enrutar Primero Agrupar después.....	73
Tabla 30: Resumen de cargas para el método Enrutar primero Agrupar después.....	73
Tabla 31: Rutas recorridas por cluster.....	74
Tabla 32: Distancias recorridas por chofer.....	74
Tabla 33: Análisis de las distancias recorridas por chofer.....	74
Tabla 34: Costo diario por el método Enrutar primero Agrupar después.....	75
Tabla 35: Comparativo de soluciones.....	78
Tabla 36: Definición de Funciones, Responsabilidad y Nivel de autoridad.....	80
Tabla 37: Costo relevante diario actual.....	84
Tabla 38: Costo anual de mantenimientos periódicos actuales.....	84
Tabla 39: Costo mensual por pérdida de implementos de trabajo.....	85
Tabla 40: Monto de la sanción por mal manejo de residuos sólidos.....	85
Tabla 41: Resumen del impacto económico de las propuestas de mejora.....	86
Tabla 42: Detalle de la reducción de costos por mantenimiento.....	86
Tabla 43: Inversiones para la implementación de las propuestas de mejora.....	87
Tabla 44: Resumen de Inversiones y Ahorros de las propuestas de mejora.....	88
Tabla 45: Indicadores económicos del resultado de las propuestas de mejora.....	88

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ciclo de Mejora Continua.....	8
Figura 2: Estructura de la ISO 14001:2004.....	8
Figura 3: La política ambiental.....	10
Figura 4: Formas de Control para un aspecto ambiental significativo.....	11
Figura 5: Documentación de un Sistema de Gestión Ambiental.....	12
Figura 6: Esquema simple de los métodos de solución para el VRP.....	18
Figura 7: Ejemplo de clusters formados por el método de Barrido o Sweep.....	21
Figura 8: Diferentes posiciones en la ruta para los 3 primeros clientes.....	22
Figura 9: String Relocation y String Exchange.....	22
Figura 10: Esquema básico de un proceso general.....	23
Figura 11: Ejemplo genérico de una red de procesos.....	25
Figura 12: Tipos de procesos en una organización según la ISO 9000.....	26
Figura 13: Mapa Relacional de la empresa estudiada.....	29
Figura 14: Grupos de procesos en la empresa en estudio.....	30
Figura 15: Organigrama de la empresa en estudio.....	31
Figura 16: Diagrama de Flujo del proceso central de la empresa en estudio.....	33
Figuras 17: Mercados, Empresas y Depósito Central.....	42
Figura 18: Coordenadas UTM.....	43
Figura 19: Gráfico de barras de las distancias recorridas.....	47
Figura 20: Análisis de causa-efecto del desgaste de los vehículos.....	54
Figura 21: Análisis de causa de la pérdida de implementos de trabajo.....	54
Figura 22: Análisis de causas de las multas ambientales.....	55
Figura 23: Esquema para la mejora integral de la empresa en estudio.....	56
Figura 24: Mapa del proceso central de Logística Callao E.I.R.L.....	58
Figura 25: Diagrama de las partes del SGA para Logística Callao E.I.R.L.....	63

Figura 26: Tratamiento de las no conformidades reales.....64

Figura 27: Solución inicial de Enrutar primero, Agrupar después.....72

Figura 28: Corrida del Método Exacto.....77

Figura 29: Organigrama propuesto para Logística Callao E.I.R.L.....79

Figura 30: Esquema de Perfil Organizacional.....82

Figura 31: Cronograma de Implementación de las propuestas de mejora.....87

Figura 32: Componentes del Desarrollo Sostenible.....90



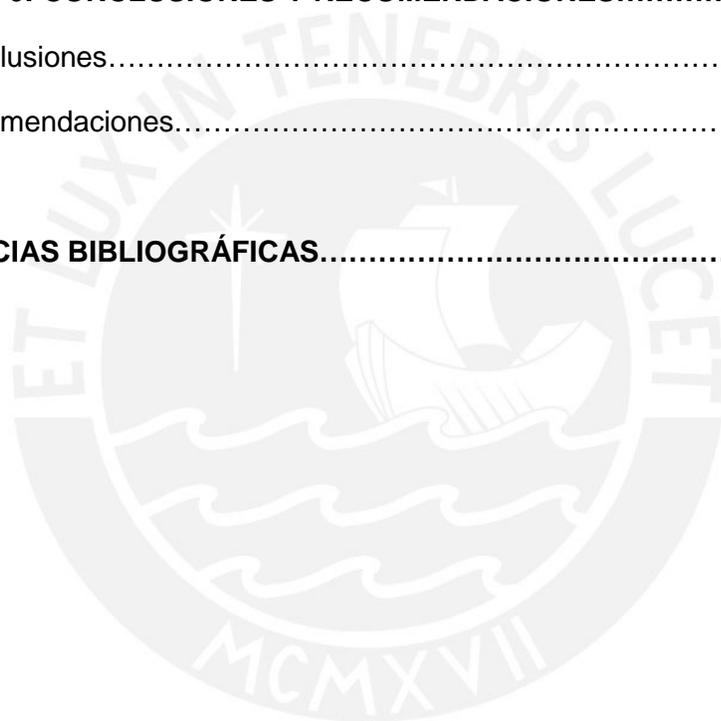
INDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1: MARCO TEÓRICO	2
1.1 Antecedentes.....	2
1.2 Diagnóstico Organizacional.....	3
1.2.1 Modelos de Diagnóstico Organizacional.....	3
1.2.1.1 Modelo de las Seis Casillas de Mr. Weisbord.....	4
1.2.1.2 Modelo “Hágalo usted mismo”.....	5
1.2.1.3 Modelo de Hax y Majluf.....	5
1.3 Panorama e Implementación de la ISO 14001:2004.....	6
1.3.1 Generalidades.....	6
1.3.2 Implementación de un Sistema de Gestión Ambiental según ISO 14001:2004.....	7
1.3.2.1 Alcance del Sistema de Gestión Ambiental.....	9
1.3.2.2 Política Ambiental.....	9
1.3.3 Programa de Implementación de un Sistema de Gestión Ambiental.....	10
1.4 Ruteo de Vehículos.....	16
1.4.1 Generalidades.....	16
1.4.2 Métodos de solución.....	17
1.4.3 Formulación Matemática.....	19
1.4.4 Heurísticas clásicas.....	20
1.4.4.1 El Algoritmo de los Ahorros.....	20
1.4.4.2 Agrupar primero Enrutar después.....	20
1.4.4.3 Enrutar primero Agrupar después.....	21
1.4.4.4 Métodos de mejoramiento.....	22

1.5	Enfoque de Procesos.....	23
1.5.1	Definición de Proceso.....	23
1.5.2	Tipos de Procesos.....	24
1.5.3	Entendimiento del Enfoque de Procesos.....	25
CAPÍTULO 2: DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DE LA EMPRESA.....		27
2.1	Descripción de la empresa.....	27
2.2	Sector y actividad económica.....	27
2.3	Concepción del Cliente y el Producto.....	27
2.4	Perfil empresarial y principios organizacionales.....	28
2.5	Entidades participantes en el modelo de negocio.....	28
2.6	Modelo de procesos.....	29
2.7	Organigrama.....	31
2.8	Descripción de los procesos.....	32
2.8.1	La logística de los residuos sólidos orgánicos.....	34
2.8.2	Las actividades del administrador.....	36
2.8.3	Las actividades de la encargada de Contabilidad & Finanzas.....	36
2.8.4	Las actividades de la Gerencia General.....	37
2.9	Niveles de Producción.....	38
CAPÍTULO 3: DIAGNÓSTICO DE LA EMPRESA.....		39
3.1	Análisis General cualitativo de la empresa en estudio.....	39
3.2	Análisis de la Logística de los Residuos Sólidos Orgánicos.....	40
3.2.1	Costo Actual del proceso central.....	45
3.2.2	Consideraciones adicionales.....	47
3.3	Análisis de las actividades del Administrador.....	48
3.4	Análisis de las actividades de Contabilidad & Finanzas.....	50

3.5	Análisis de las actividades de la Gerencia General.....	50
3.6	Lista de Problemas.....	51
3.7	Relación Causa-Efecto.....	52
3.8	Oportunidades de Mejora.....	55
CAPÍTULO 4: PROPUESTAS DE MEJORA.....		57
4.1	Lineamientos para la implementación de un Sistema de Gestión Ambiental.....	57
4.1.1	Diagnóstico Ambiental Inicial.....	57
4.1.2	Implementación de la ISO 14001 en la organización.....	58
4.1.2.1	Panorama del Sistema de Gestión Ambiental.....	59
4.1.2.2	Diagnóstico Ambiental Inicial.....	59
4.1.2.3	Alcance del Sistema de Gestión Ambiental.....	60
4.1.2.4	Política Ambiental para Logística Callao E.I.R.L.....	60
4.1.2.5	Manejo de aspectos ambientales significativos.....	62
4.1.2.6	Documentación del Sistema de Gestión Ambiental.....	62
4.1.2.7	Administración de los registros ambientales.....	65
4.1.2.8	Estructura Organizacional.....	65
4.1.3	Evaluación cualitativa de la propuesta de implementación.....	66
4.2	Aplicación del Vehicule Route Problem en la empresa.....	67
4.2.1	Algoritmos aplicables al caso de estudio.....	67
4.2.1.1	Agrupar primero, enrutar después.....	67
4.2.1.2	Enrutar primero, agrupar después.....	71
4.2.1.3	Método exacto.....	75
4.2.2	Evaluación de resultados y selección de alternativas.....	78
4.3	Interacción de las propuestas de mejora.....	79
4.3.1	Funciones, Responsabilidad, Autoridad.....	79

4.3.2	Propuesta de Perfil Organizacional.....	82
CAPÍTULO 5: EVALUACIÓN ECONÓMICA.....		84
5.1	Situación actual.....	84
5.2	Situación futura.....	85
5.3	Indicadores económicos.....	88
CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		90
6.1	Conclusiones.....	90
6.2	Recomendaciones.....	91
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		93



INTRODUCCIÓN

El trabajo de tesis que se presenta es una propuesta integral de mejora para una empresa dedicada a la distribución de residuos sólidos orgánicos en Lima Metropolitana. Tiene como objetivo general establecer lineamientos para la mejora de la planificación de rutas y para garantizar el cumplimiento legal ambiental asociado a sus actividades.

En el primer capítulo se desarrollará el marco teórico pertinente. Este marco constará de los siguientes temas: contexto del sector, diagnóstico organizacional, panorama e implementación de la ISO 14001 y Ruteo de Vehículos. Estos se emplearán a lo largo de toda la investigación, tanto para la primera parte como para la etapa de propuestas de mejora.

En el segundo capítulo se introducirá a la empresa identificando el sector al cual pertenece y sus actividades económicas principales. Luego se indicará su perfil empresarial y el modelo de negocio. Finalmente, con la data proporcionada, se mostrará los niveles de producción alcanzados durante el último año.

En el capítulo 3 se realizará el análisis de la situación actual. Este análisis comprende los procesos administrativos y el proceso central, el cual es la distribución de productos. También se describirán los equipos y estado de los activos de la empresa. Luego se indicarán los problemas y las oportunidades de mejora identificables dentro del alcance del análisis, los cuales son la base para las propuestas de mejora.

Estas propuestas de mejora se complementan entre sí. Como se mencionó en el objetivo general del trabajo de investigación, estos lineamientos tienen como propósito evitar que la empresa no cumpla con la normativa legal ambiental, incrementar la eficiencia de su proceso central, por medio de una buena planificación de rutas, la cual permita trabajar a un menor costo diario por reducir distancias, y todo ello soportado por una estructura organizacional donde se definan las funciones, responsabilidades y autoridades correspondientes.

La evaluación de las propuestas tendrá un componente cualitativo y otro cuantitativo. Por ejemplo con la mejora de la planificación de rutas, a través de la aplicación de algoritmos apropiados de ruteo de vehículos, se tendrá ahorros cuantificables por día de operación, además la implementación de un sistema de gestión ambiental disminuirá el riesgo de cometer acciones que acarreen una multa, por lo que se tiene un costo evitado, estimado en función del registro de los incidentes ambientales de la organización. Por último, la estructura organizacional propuesta brindará un soporte para la implementación y mantenimiento de las mejoras aportando un orden general a la empresa.

Capítulo 1: Marco Teórico

En el marco teórico se van a describir los temas relacionados con el presente trabajo. El primer punto será una descripción del entorno en el que se desenvuelve la empresa y el impacto del desempeño de sus actividades en este. Luego, el diagnóstico organizacional se empleará para analizar la situación actual de la organización. Tercero, los lineamientos para la implementación de un sistema de gestión ambiental según la ISO 14001. Finalmente, el ruteo de vehículos proporcionará diferentes algoritmos para luego proponerlos según el escenario del proceso central de la empresa estudiada.

1.1 Antecedentes

Según la Dirección General de Promoción Agraria – DGPA (2010), la definición de cadena productiva¹ es la siguiente:

*Es un conjunto de agentes económicos **interrelacionados por el mercado** desde la provisión de insumos, producción, transformación y comercialización hasta el consumidor final.*

La empresa en estudio forma parte de una cadena productiva. Esta cadena inicia en los mercados de Lima Metropolitana de los cuales la empresa recoge los residuos sólidos orgánicos y los distribuye hacia las empresas productoras encargadas de producir alimento balanceado para animales de granja. Los clientes de este producto son los criaderos de animales de corral y los ganaderos.

Un elemento importante a rescatar es que esta cadena interactúa con otra. Esta segunda cadena inicia en las granjas o criaderos, los cuales son los proveedores de animales para consumo humano de los grandes centros de acopio, para de ahí pasar a los mercados de Lima Metropolitana donde se venden al por menor para el consumo.

En el anexo 1 podemos observar a los agentes económicos que conforman estas cadenas.

En la interacción de estas cadenas se puede observar un aspecto ambiental positivo, el cuál es el **reaprovechamiento de desperdicios**. Estos desperdicios son utilizados por las empresas productoras para producir alimento balanceado, el cual es empleado por los granjeros o ganaderos como complemento importante en la dieta de sus animales. Sin embargo el hecho de manejar residuos sólidos orgánicos implica una responsabilidad importante, ya que esta actividad está asociada a una normativa legal, además el manejo negligente por parte de estas empresas tendrá impactos negativos

sobre el ambiente, ya que estos desperdicios son principalmente plumas de pollo, huesos y vísceras.

Debido a la interacción antes mencionada, lo que le pase a un agente influye en ambas cadenas. Por ejemplo respecto del precio, si el insumo es vendido a un precio elevado por las empresas recolectoras, el alimento balanceado se encarecerá, por lo que el precio del pollo, la carne se elevará y afectará al consumidor final.

En el anexo 2 se observan los riesgos ambientales relacionados a la actividad de las empresas recolectoras.

En el anexo 3 se describe la interacción mencionada líneas arriba y se puede apreciar como la performance de las empresas recolectoras impacta en el precio final que percibe el cliente final.

1.2 Diagnóstico Organizacional

El diagnóstico organizacional es el proceso de entender el funcionamiento de los departamentos de una organización y de los recursos humanos que se desempeñan en ellos. Por medio de un diagnóstico podemos fundamentar los aspectos que deben **modificarse, cancelarse o continuarse** en cada departamento (Objetivo del diagnóstico)¹.

El diagnóstico organizacional es el proceso de entender el funcionamiento de la organización, estudiarla y sirve de base para el diseño de cambios en ella. Estos cambios responden a una situación ideal o proyectada que se quiere alcanzar en la organización.

1.2.1 Modelos de Diagnóstico Organizacional

Un modelo de diagnóstico organizacional nos provee una estructura para llevar a cabo el estudio en la organización, de tal forma de recopilar adecuadamente la información, analizarla y determinar si es que determinados aspectos deben modificarse, cancelarse o continuarse.

Un modelo se encuentra formado por un conjunto de variables y conceptos interrelacionados de modo que permita una descripción coherente del funcionamiento de la organización (Rodríguez, 2000).

A continuación se describen diferentes tipos de modelos de diagnóstico que permitirán recopilar la información de una forma más ordenada y práctica para el análisis, de

modo que se tenga un entendimiento global de la organización y se pueda fundamentar aquellos cambios necesarios.

1.2.1.1 Modelo de las Seis Casillas de Mr. Weisbord

Por medio de este modelo se puede obtener una descripción rápida de la organización en términos de su orientación, relaciones, estructura, tecnología y liderazgo. Proporciona una visión de la realidad del estado de funcionamiento actual de la organización.

En base a las seis casillas propuestas por Mr. Weisbord la organización es descrita, estas son mostradas en la tabla 1 a continuación.

Tabla 1: Casillas para el diagnóstico organizacional según Mr. Weisbord

Casillas	Pregunta
Finalidad	¿A qué se dedica el negocio?
Estructura	¿Cómo está dividido el trabajo?
Relaciones	¿Cómo es la forma de comunicación en la organización?
Liderazgo	¿Existe alguien que guía, motiva y sirve en la organización?
Recompensas	¿Las áreas tiene incentivos?
Mecanismos auxiliares	¿Se cuentan con tecnologías de información apropiadas?

Fuente: Burke, W. (1988)

Además para el análisis respectivo, aquel que nos va a permitir establecer aquellos aspectos que deben modificarse, cancelarse o continuarse, Burke menciona que estas preguntas deben ser respondidas tanto desde el Sistema **Formal** como **Informal**.

En la tabla 2 se podrá observar lo mencionado.

Tabla 2: Las 6 casillas vistas desde el ámbito formal e informal

Casilla	SISTEMA FORMAL	SISTEMA INFORMAL
Propósitos	Claridad de la meta	Acuerdo respecto a la meta
Estructura	¿Funcional, programa o matriz?	¿Cómo se hace o no se hace realmente el trabajo?
Relaciones	¿Quién debe tratar con quién y respecto a qué? ¿Qué tecnologías habrán de emplearse?	¿Cuán bien lo hacen? Calidad de las relaciones ¿Modos de gerencia conflictiva?
Recompensas (incentivos)	Sistema explícito ¿Qué es?	Recompensas físicas implícitas. ¿Qué sienten las personas respecto de su remuneración?
Liderazgo	¿Qué dirigen los más altos funcionarios?	¿Cómo? ¿Estilo normativo o de administración?
Mecanismos Auxiliares	Sistema presupuestario Información a la gerencia Planeación y Control	¿Para qué se les utiliza en realidad? ¿Cómo funcionan en la práctica? ¿Cómo se subvierten los sistemas?

Fuente: Burke, W. (1988)

La diferencia entre los sistemas formales e informales nos indica la correspondencia entre el individuo y la organización.

1.2.1.2 Modelo “Hágalo usted mismo”

El modelo “hágalo usted mismo” propone que el propio consultor estructure su estudio de la organización en base a una lista de criterios que este puede o no considerar. Rodríguez (2001) en su libro “Diagnóstico Organizacional” lista una serie de conceptos que pueden ser empleados para realizar el estudio de la organización y el análisis de los datos, para determinar el estado de los procesos de la organización.

Los conceptos son los siguientes:

- I. Organización-Ambiente
- II. Cultura Organizacional
- III. Estructura
- IV. Comunicaciones
- V. Poder, autoridad y liderazgo
- VI. Conflicto
- VII. Descripción, evaluación de cargos y desempeño
- VIII. Motivación
- IX. Clima Laboral
- X. Sindicatos
- XI. Toma de decisiones

1.2.1.3 Modelo de Hax y Majluf

El modelo de Hax y Majluf está enfocado a la gestión estratégica de una organización, de este se puede desprender formas de llevar a cabo el diseño organizacional, lo cual sirve para el diagnóstico y el análisis de una organización. En el anexo 4 podemos observar este modelo, el cual contempla los aspectos formales (estructura, visión, desempeño) y los informales. La conjugación de estos factores forma la cultura de la organización.

Hax y Majluf sostienen que no existe una forma de organización única que sea apropiada para cualquier circunstancia, ellos reconocen la influencia de los aspectos culturales, normativos y ambientales, por lo que proponen los siguientes pasos para realizar el diseño de una organización:

- a) Definir una estructura organizacional básica.
- b) Definición detallada de la estructura organizacional.
- c) Especificación de un cierto tipo de balance entre la estructura y los procesos de gestión que la acompañan: planificación, control de gestión, comunicación e información y los sistemas de recursos humanos y recompensas.

También proponen una lista de ocho características que indicarían que la estructura actual no es la apropiada, estas características son las siguientes:

- a) Falta de oportunidades para el desarrollo ejecutivo.
- b) Escasez de tiempo para el pensamiento estratégico.
- c) Clima de trabajo demasiado conflictivo.
- d) Falta de definición en la planificación de los negocios.
- e) Falta de coordinación entre las divisiones.
- f) Duplicación excesiva de funciones en distintas unidades de la organización.
- g) Excesiva dispersión de funciones en una unidad de la organización
- h) Bajo rendimiento de beneficios y bajas expectativas de retorno.(Rodríguez, 2001, p. 57)

Este listado de características puede usarse como una herramienta para el diagnóstico organizacional y en base a los resultados poder establecer aquellos procesos que deben modificarse, cancelarse o continuarse.

En el anexo 5 se puede observar una descripción de algunos tipos de estructura organizacional.

1.3 Panorama e Implementación de la ISO 14001:2004

La International Standard for Organization (ISO) es una federación mundial conformada por organismos nacionales de normalización. La ISO a través de sus comités técnicos elabora normas internacionales referidas a un tema específico. La Norma ISO 14001 ha sido preparada por el Comité Técnico ISO/TC 207, Gestión ambiental, Subcomité SC1, Sistemas de gestión ambiental.

1.3.1 Generalidades

La norma ISO 14001 tiene como objetivo global apoyar a la protección del ambiente y contribuir con el desarrollo sostenible, entendido como el desarrollo que satisface las necesidades del presente sin afectar la capacidad de las futuras generaciones en satisfacer sus necesidades. Por ello establece los elementos necesarios para implementar un sistema de gestión ambiental que permita a una organización desarrollar e implementar una política y objetivos que tengan en cuenta los requisitos legales y la información sobre los aspectos ambientales significativos.

El éxito de este sistema de gestión depende del compromiso de todos los niveles, en especial de la alta dirección.

Esta norma tiene carácter **voluntario**, es decir que no es obligatorio cumplir con los requisitos especificados en ella. Sin embargo, su aceptación mundial y los beneficios

de su implementación impulsan a más organizaciones a implementar un sistema de gestión ambiental.

Algunos beneficios de implementar un sistema de gestión ambiental en una organización se muestran a continuación:

- Ahorros de costos operacionales y de insumos (eficiencia)
- Mejora de la imagen corporativa
- Asegurar el cumplimiento con la normativa ambiental local
- Apertura de mercados internacionales
- Propicia el desarrollo sostenible

Los requisitos de las normas estandarizan la forma de gestionar una organización, por lo que una empresa certificada con ISO 14001 en Sudamérica y otra en Europa tienen una dinámica similar.

1.3.2 Implementación de un Sistema de Gestión Ambiental según ISO 14001:2004

La definición de Sistema de gestión según la ISO 14001 es la siguiente:

“Un sistema de gestión es un grupo de elementos interrelacionados usados para establecer la política y los objetivos y para **cumplir** estos objetivos.”

Además la norma añade lo siguiente:

“Un sistema de gestión incluye la estructura de la organización, la planificación de las actividades, las responsabilidades, las prácticas, los **procedimientos**, los procesos y los recursos.”

Es importante resaltar los **procedimientos**, ya que la mayor parte de los requisitos de la norma se basa en el establecimiento, implementación y mantenimiento de procedimientos.

¿Qué es un sistema de Gestión Ambiental?

Un sistema de gestión Ambiental es parte del sistema de gestión de una organización empleado para establecer e implementar su política ambiental y gestionar sus aspectos ambientales (ISO 14001: 2004).

¿Para qué se implementa un sistema de gestión?

Para mejorar continuamente en función del enfoque del sistema. La razón de ser de estas iniciativas siempre es la mejora continua.

El marco metodológico que sigue es el ciclo de mejora continua de Deming-Shewart, el cual es mostrado en la figura 1.

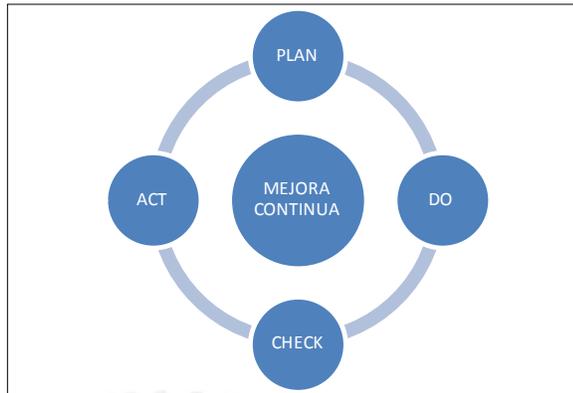


Figura 1: Ciclo de Mejora Continua

Fuente: ISO 14001:2004

La norma ISO 14001: 2004, basándose en el ciclo de mejora continua, establece lo siguiente para la estructuración de sus requisitos. En la figura 2, a continuación, se puede observar la estructura básica de esta norma internacional.

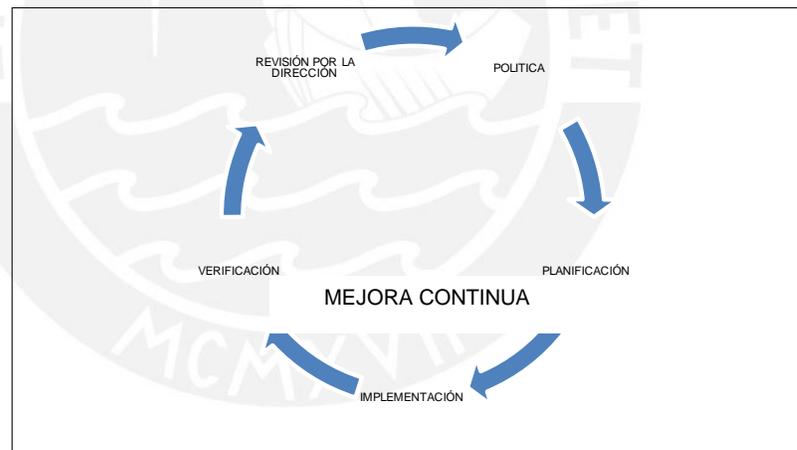


Figura 2: Estructura de la ISO 14001:2004

Fuente: ISO 14001:2004

La norma ISO 14001 establece como **requisitos generales** lo siguiente:

- ✓ La organización debe establecer, documentar, implementar, mantener y mejorar continuamente un sistema de gestión ambiental según los requisitos de esta norma internacional.
- ✓ La organización debe definir y documentar el alcance de su sistema de gestión ambiental.

Toda empresa, cualquiera que sea su naturaleza, siempre ocasionará algún impacto sobre el medio ambiente, sea este de mayor o menor grado. En muchos casos, los impactos ambientales son difíciles de controlar, ya que existen empresas que generan un alto grado de contaminación que es imposible de evitar. En este caso, sólo se podrá intentar reducir y minimizar. Por lo tanto, es recomendable que toda empresa decidida a implementar el sistema de gestión ambiental realice el **diagnóstico ambiental inicial**.

El diagnóstico ambiental inicial constituye la **línea de base para la implementación** de un SGA. Como todo proyecto de mejora siempre tenemos que describir nuestra situación actual y en base al análisis de esta proyectar la situación mejorada. Esta línea de base debe respondernos la siguiente pregunta general:

¿Cómo estamos en términos ambientales en la organización?

Antes de empezar con la implementación necesitamos un soporte, una base sobre la cual trabajar. Ese soporte, esa base, es el **diagnóstico ambiental inicial** o como se indica en el anexo de la norma **revisión ambiental inicial**.

En el anexo 7 podemos ver un esquema para la realización del diagnóstico ambiental inicial.

Una vez que se ha llevado a cabo la revisión ambiental inicial se puede definir y documentar el alcance, y luego establecer e implementar la política ambiental.

1.3.2.1 Alcance del Sistema de Gestión Ambiental

El alcance del sistema de gestión ambiental es definido por los límites que la organización establece. Dentro de esos límites se deben cumplir todos los requisitos exigidos por la norma. Una organización puede definir sus límites para una unidad operativa, o para una parte de ella, sin embargo toda exclusión debe poder ser fundamentada.

Los requisitos de la norma se aplican sobre los aspectos ambientales que la organización puede controlar y sobre aquellos que puede tener influencia, dentro del alcance de su sistema de gestión ambiental. Una vez definido el alcance, todas las actividades, productos y servicios dentro de estos límites deben considerarse en el sistema de gestión ambiental.

1.3.2.2 Política Ambiental

La norma ISO 14001 define a la política ambiental de la siguiente manera:

Intenciones y direcciones generales de una organización relacionadas con su desempeño ambiental, tal y como las ha expresado formalmente la **alta dirección**.

La política ambiental proporciona una estructura para la acción y para el establecimiento de objetivos y metas ambientales.

Además es un referente para medir el desempeño del sistema ambiental.

¿Qué debe estar presente en la política ambiental según la norma ISO 14001?

En la figura 3 se muestra un esquema de los contenidos básicos de la política ambiental así como sus características principales.

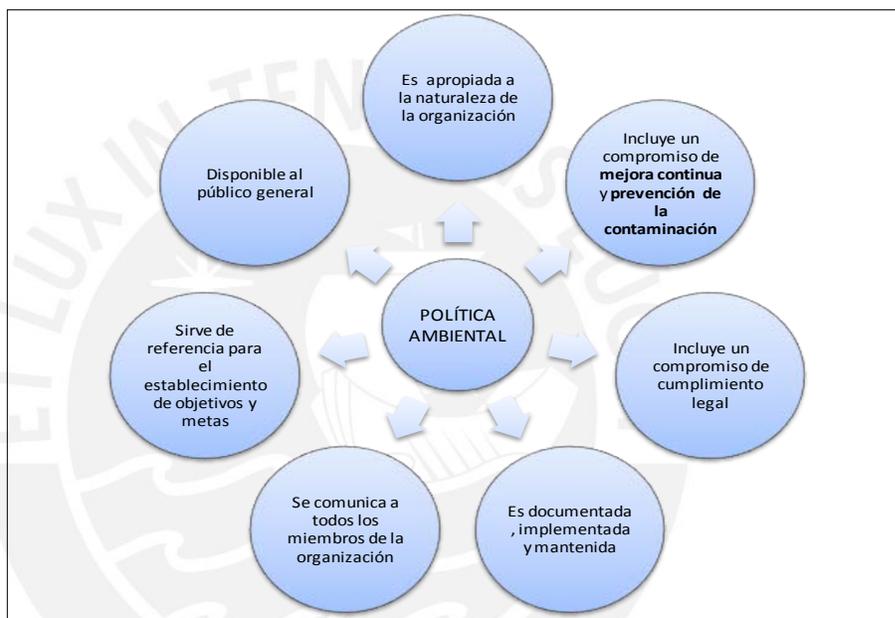


Figura 3: La política ambiental

Fuente: Norma ISO 14001:2004

La Revisión Ambiental Inicial, la definición y documentación del alcance, y la documentación y la implementación de la política ambiental representan la primera parte para la implementación de un Sistema de Gestión Ambiental.

1.3.3 Programa de Implementación de un Sistema de Gestión Ambiental

En el anexo 8 se adjunta un programa de implementación basado en el ejemplo que se presenta en el libro Implementación de un sistema de gestión ambiental: Recomendaciones para la pequeña y mediana empresa.

A continuación vamos a revisar brevemente los puntos del programa:

- **CONCIENCIACIÓN GENERAL**

En este módulo, luego de que la alta dirección se comprometa con el sistema de gestión ambiental, se capacita a los trabajadores en esta nueva forma de trabajo. El objetivo de la concienciación general es crear la mejor disposición en los colaboradores para facilitar la implementación del sistema de gestión ambiental.

Este primer punto es clave, ya que es aquí donde se debe demostrar los beneficios de tener un sistema de gestión ambiental, además de las ventajas que traen la adquisición de mejores prácticas ambientales. El hecho de que la alta dirección y que ahora todos los colaboradores se comprometan con esta nueva forma de trabajo facilita en mucho el éxito de este sistema.

- **DIAGNÓSTICO AMBIENTAL INICIAL**

La implementación de un sistema de gestión ambiental es un proyecto de mejora continua, ya que nos va a permitir mejorar el desempeño ambiental periódicamente. Por ello es que primero tenemos que analizar nuestra situación actual para tener una línea de base y a partir de allí implementar el sistema de gestión ambiental. Líneas arriba se tiene una descripción más precisa, además en el anexo 7 se presenta un esquema para el desarrollo de esta parte.

- **MANEJO DE LOS ASPECTOS AMBIENTALES SIGNIFICATIVOS**

En la norma ISO 14001 se hace énfasis en la importancia de controlar los aspectos ambientales significativos. Existen tres formas de reducir el impacto de estos, las cuales son mostradas en la figura 4.

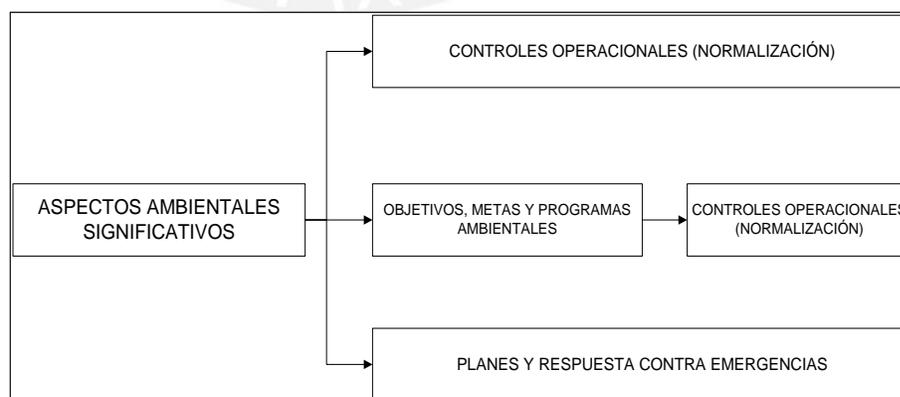


Figura 4: Formas de Control para un aspecto ambiental significativo

Fuente: Instituto para la Calidad (2014)

En el anexo 9 se describen los controles operacionales, la interacción entre los objetivos, metas y programas y los controles operacionales y los planes y respuesta ante emergencias.

- DOCUMENTACIÓN DEL SISTEMA DE GESTIÓN AMBIENTAL

Uno de los requisitos generales es la documentación del sistema de gestión ambiental.

En el apartado sobre documentación, la norma ISO 14001 establece que el sistema de gestión ambiental debe contar con los siguientes documentos:

- ✓ La política ambiental, objetivos y metas.
- ✓ La descripción del alcance del sistema de gestión ambiental.
- ✓ La descripción de los elementos principales del sistema de gestión ambiental y su interacción.
- ✓ Los documentos y registros requeridos por la norma.
- ✓ Los documentos y registros indicados como necesarios por la organización para lograr la eficacia en la operación del sistema de gestión ambiental.

A continuación, en la figura 5, se muestra un esquema sobre la documentación recomendada para un sistema de gestión ambiental:



Figura 5: Documentación de un Sistema de Gestión Ambiental

Fuente: Instituto para la Calidad

El manual del sistema de gestión ambiental no es un requisito de la norma, sin embargo es una buena práctica tenerlo, ya que en este se compendia el sistema implementado en la empresa. En el manual se describe la forma en que la empresa adquiere la norma ISO 14001, es decir cómo se adecúa a cada uno de sus requisitos. Además en este se hace referencia a los documentos clave que se requieren para

mantener y auditar el SGA a lo largo del tiempo. En el anexo 10 se incluye una descripción del contenido del manual.

Los documentos normativos son los siguientes:

- ✓ Normas de Procedimiento
- ✓ Normas de Instructivos

La ISO 14001 define a un procedimiento como la forma especificada de llevar a cabo una actividad o proceso. En un procedimiento se establecen los lineamientos para llevar a cabo los procesos y actividades. A lo largo de la norma se puede leer lo siguiente “la organización **debe** establecer, implementar y mantener uno o varios **procedimientos** para...”. La palabra **debe** representa un requisito explícito.

Un instructivo de trabajo describe en detalle el desarrollo de una actividad.

En el anexo 11 se adjunta un ejemplo de un instructivo de trabajo.

En el anexo 12 se listan los principales procedimientos requeridos por la norma. Estos procedimientos como se indica en el libro “Implementación de un Sistema de Gestión Ambiental: Recomendaciones para la pequeña y mediana empresa”, deben documentarse de tal forma que se encuentren actualizados y a disposición de los dueños de los procesos.

Los procedimientos listados en el anexo 11 deben ser establecidos (documentados generalmente), implementados y mantenidos.

- SEGUIMIENTO, MEDICIÓN Y EVALUACIÓN DEL CUMPLIMIENTO LEGAL

A continuación se presenta la definición de desempeño ambiental según la norma ISO 14001:2004

Desempeño ambiental

Resultados medibles de la gestión que hace una organización de sus **aspectos ambientales**.

La norma ISO 14001 establece que la organización debe implementar procedimientos para **medir el desempeño de sus aspectos ambientales**. Los objetivos de la medición son los siguientes:

- Mantener un registro del comportamiento del desempeño ambiental.
- Para los aspectos ambientales significativos se evalúa el comportamiento de los mismos para determinar el cumplimiento de los

objetivos y metas de los programas ambientales, además del cumplimiento legal, si es que está asociado a alguno.

- Identificar la variación respecto de una línea de base establecida para implementar las acciones correctivas o preventivas necesarias.

Para poder medir eficientemente es necesario definir indicadores apropiados.

En el Anexo 13 se describen algunos indicadores como referencia.

Un aspecto fundamental es la verificación y calibración de los instrumentos de medición, además se debe mantener el registro de ello.

- **REGISTROS DEL SISTEMA DE GESTIÓN AMBIENTAL**

Los registros son un tipo especial de documentos y son de vital importancia, ya que estos contienen resultados del desempeño y **evidencian el funcionamiento** del sistema de gestión ambiental de una organización. La organización debe establecer, implementar y mantener uno o varios procedimientos para mantener actualizados los registros, almacenarlos correctamente, disponer de ellos, identificarlos fácilmente y gestionarlos de la mejor forma. Entre los registros más importantes de un SGA podemos mencionar los siguientes:

- El registro actualizado de los aspectos ambientales de la organización
- Certificados de entrenamientos y capacitaciones
- Informes de emergencias y accidentes
- Registros de mantenimientos de equipos
- Registro de los programas ambientales
- Informes de auditorías y revisiones del sistema de gestión
- Reconocimientos de los resultados ambientales
- Acuerdos cliente-proveedor
- Datos de medición de desempeño
- Revisión de resultados
- Registro de calibración de instrumentos de medición
- Planes correctivos y preventivos

- **AUDITORIA INTERNA**

La norma ISO 14001 establece que el sistema de gestión ambiental de una organización debe auditarse periódicamente para determinar la medida en la cual el sistema de gestión ambiental cumple con los requisitos de la norma, los cuales incluyen pero no están limitados a:

- Toda la documentación exigida por la norma (Política ambiental, objetivos y metas, alcance del sistema, partes del sistema y su interacción, Procedimientos, Instructivos y Registros, y otros documentos definidos por la organización como necesarios para su funcionamiento) y su respectiva implementación y mantenimiento.
- El cumplimiento de sus objetivos y metas ambientales
- El establecimiento de los programas ambientales **que indiquen el compromiso** por la mejora en el desempeño ambiental.
- Todos los registros asociados y controlados respecto del sistema de gestión ambiental.
- El control documentario.

La auditoría es un proceso MUESTRAL, es decir que NO se verifica TODO el sistema de gestión ambiental, sino que se toman muestras para determinar el cumplimiento.

En el anexo 14 se muestra un diagrama de flujo simple para el proceso de auditoría interna.

Cuando un sistema de gestión ambiental recién se ha implementado debe auditarse a una periodicidad cercana, por ejemplo cada dos o tres meses. Es decir se debe revisar con frecuencia el cumplimiento de los requisitos de la norma e identificar los puntos en los cuales se tienen o se pueden tener no conformidades, además de las oportunidades de mejora. Luego que se ha logrado una estabilidad, se recomienda auditar el sistema una vez al año.

- REVISIÓN POR LA DIRECCIÓN

Esta etapa cierra el ciclo de mejora continua ya que es en esta donde se toman las decisiones para la mejora en base al estado del sistema de gestión ambiental. Aquí, la alta dirección revisa el cumplimiento de los objetivos y metas ambientales asumidos por la organización, analiza el informe de auditoría, revisa el desempeño ambiental a través de los registros de los indicadores definidos por la empresa, también verifica el avance de los programas ambientales, además se corroboran las capacitaciones y entrenamiento impartido al personal, etc. En la revisión por la dirección se puede cambiar la política ambiental, los objetivos y metas, redefinir el presupuesto, promover programas específicos, todo con el objeto de lograr la mejora continua en el desempeño ambiental.

1.4 Ruteo de Vehículos

En esta sección se describirá la base teórica del problema del ruteo de vehículos. Para dar solución a este problema podemos aplicar métodos exactos (formulaciones matemáticas) o algoritmos adecuados para la solución. Los métodos exactos proporcionan la solución óptima, sin embargo si el modelo crece, el costo y el tiempo de procesamiento se eleva, por otro lado si es demasiado grande ya no es posible resolverlo por este método. Por ello surgen estos algoritmos (heurísticas) que intentan dar **buenas soluciones** a un **tiempo adecuado** y a un **costo razonable**.

1.4.1 Generalidades

El problema de ruteo de vehículos fue formulado por primera vez por Dantzig y Ramzer en 1959, para una aplicación en la distribución de combustible. Cinco años después, Clarke y Wright propusieron el primer algoritmo que resultó eficaz en su aplicación, el reconocido Algoritmo de los Ahorros. A partir de ese momento se inició un interés considerable en los investigadores por este campo. Por un lado se intentaba construir modelos que incorporen más elementos de la realidad y se buscaba algoritmos que resuelvan de manera eficiente estos problemas (a un tiempo razonable y que garanticen optimalidad).

Un problema de ruteo de vehículos consta de tres elementos: clientes, depósitos y vehículos. Los clientes y depósitos se encuentran dispersos geográficamente. Se tiene una flota de vehículos cuyo punto de partida son los depósitos. El objetivo es encontrar las **rutras de costo mínimo** para que los vehículos que parten de un depósito visiten a los clientes y vuelvan al punto de inicio. Las diferentes características de los vehículos, clientes, depósitos y rutras crean variantes al problema.

Se pueden agrupar las diferentes características de este tipo de problemas de la siguiente manera²:

- Tamaño de Flota
 - ✓ 1 vehículo
 - ✓ Más de 1 vehículo
- Tipo de Flota
 - ✓ Homogénea (todos los vehículos tienen las mismas características)
 - ✓ Heterogénea
- Naturaleza de la Demanda
 - ✓ Determinística
 - ✓ Estocástica
- Ubicación de la Demanda

- ✓ En los nodos
- ✓ En los arcos
- ✓ Mezclados
- Red
 - ✓ No Direccionada
 - ✓ Direccionada
 - ✓ Mezclada
- Restricciones en la capacidad del vehículo
 - ✓ Impuestas-todas iguales
 - ✓ Impuestas-no todas iguales
 - ✓ Sin restricciones
- Máximo Tiempo de Ruteo
 - ✓ Impuestas-todas iguales
 - ✓ Impuestas-no todas iguales
 - ✓ Sin restricciones
- Costos
 - ✓ Variables por distancia
 - ✓ Fijo operacional o costo de adquisición vehículo
- Operación
 - ✓ Solo despacho
 - ✓ Solo Recolección
 - ✓ Ambos
- Objetivo
 - ✓ Minimizar costo total del ruteo
 - ✓ Minimizar el número de vehículos requeridos

La combinación de cada uno de estos factores crea diferentes escenarios sobre los cuales los diferentes métodos exactos y heurísticas intentan dar solución.

1.4.2 Métodos de solución

Este tipo de problemas se caracterizan por ser del tipo de problemas de optimización combinatoria y pertenecer a la clase NP-HARD, es decir no es posible construir algoritmos que sean resueltos en tiempo polinomial y que garanticen optimalidad. Esto último se debe a que el número de restricciones crecen de manera exponencial en función al número de nodos (un punto en el mapa) presentes en nuestra red. Por tal motivo surge la necesidad de obtener buenas soluciones en un tiempo adecuado a un **costo computacional razonable (Heurística)**.

En la bibliografía de ruteo de vehículos podemos encontrar diferentes tipos de variantes al problema con su respectiva **formulación matemática** que nos proveerá la **solución óptima**. Sin embargo, esas formulaciones **solo son posibles de aplicar a**

modelos pequeños. En modelos grandes el tiempo de procesamiento crece exponencialmente, además que la capacidad de procesamiento es limitada.

Las heurísticas surgen de la necesidad de resolver problemas como del tipo de ruteo de vehículos. La idea general de este término es “resolver de manera inteligente problemas reales usando el conocimiento disponible” (Narducci, 2005). Esta palabra tiene un origen griego donde tiene un significado relacionado a la palabra encontrar y se vincula con la supuesta exclamación de Eureka de Arquímedes al descubrir su principio (De la Cruz, 2003).

Gaskell clasificó las técnicas heurísticas aplicadas al VRP o problema de ruteo de vehículos, en cuatro. Las constructivas, como el método de los ahorros propuesto por Clarke y Wright, basado en el ahorro generado por insertar nuevos clientes a la ruta de cada vehículo. Métodos de agrupar primero y enrutar después, donde se agrupan clientes convenientemente y en cada uno de estos grupos se realiza un TSP. Métodos de enrutar primero y agrupar después, que empiezan resolviendo un TSP para todos los clientes y luego la ruta se va partiendo según las capacidades de los vehículos y los métodos de mejoramiento, como los intercambios Or-Opt.

A continuación, en la figura 6, se muestra un esquema simplificado sobre los métodos de solución existentes. Es importante aclarar que en este esquema **solo** se presentan las heurísticas clásicas para la solución de este tipo de problemas.

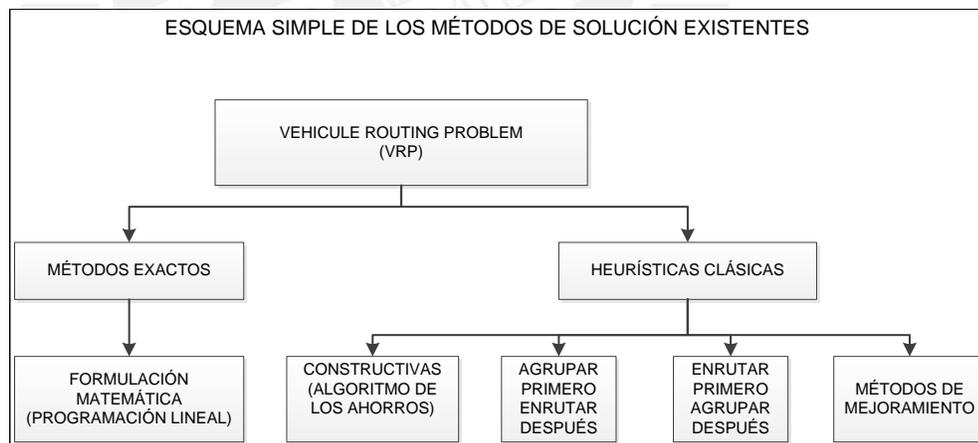


Figura 6: Esquema simple de los métodos de solución para el VRP

Fuente: Heurísticas para problemas de Ruteo de Vehículos (Fernando Olivera, 2004)

Elaboración Propia

La diferencia entre los métodos exactos, que nos permiten obtener una solución óptima, respecto de las heurísticas, es que el primero se sustenta en una base matemática formal, en cambio el segundo es desarrollado más por la intuición (Ignizio y Cavalier, 1994)

1.4.3 Formulación Matemática

Los clientes y los depósitos constituyen un grafo o una red unidos por rutas a través de los cuales los vehículos transitarán. Este grafo es definido de la siguiente manera:

$$G = (V, E, C)$$

Donde:

V: Los nodos (representados por los depósitos y clientes)

E: El conjunto de pares ordenados que representan a los arcos que unen los nodos (camino o rutas) los cuales son representados por un par de números (i,j)

C: Es una variable que representa costo y está en función del arco.

La formulación formal de estos problemas es por medio de la programación lineal. La programación lineal te permite obtener el resultado deseado de una variable (el máximo o el mínimo), la cual está sujeta a diferentes restricciones y se relaciona con otras variables. Según Wiston (2006) la formulación consta de tres partes:

1. La **función objetivo**, la cual está conformada por las variables de decisión del problema. Esta función puede ser de maximización o minimización.
2. Las **restricciones**, las cuales son igualdades o desigualdades lineales que van a limitar los valores que podrían tomar las variables de decisión
3. El **rango de existencia**, el cual indica que las variables de decisión son reales, enteras, enteras positivas o binarias (0 o 1).

Variables de Decisión

$$x_i, \quad i=1,2,3,\dots,n$$

Ejemplo: Cantidad a producir, Recorrer o no un camino, etc

Función Objetivo

$$\text{Maximizar o Minimizar } Z = c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n$$

Restricciones

$$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n \quad \{\leq, =, \geq\} b_1$$

$$a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n \quad \{\leq, =, \geq\} b_2$$

$$a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n \quad \{\leq, =, \geq\} b_m$$

Rango de existencia

$$x_i \geq 0, \quad i=1,2,\dots,n$$

En el anexo 15 se describen los diferentes métodos exactos (formulados con la programación lineal) los cuales proporcionan una solución óptima, aplicables para modelos pequeños (**50 nodos o instancias**).

1.4.4 Heurísticas clásicas

Las heurísticas clásicas son aquellos métodos desarrollados para obtener una buena solución en un tiempo adecuado a un costo computacional razonable. A continuación se describirán las más conocidas:

1.4.4.1 El Algoritmo de los Ahorros

El algoritmo de los ahorros fue el primer algoritmo que resultó eficaz en su aplicación para dar solución al problema de ruteo de vehículos, fue propuesto por Clarke y Wright en 1964. Si se tienen dos rutas diferentes $(0, \dots, i, 0)$ y $(0, j, \dots, 0)$, la combinación de rutas $(0, \dots, i, j, \dots, 0)$, tiene el ahorro (en distancia)

$$S_{ij} = C_{i0} + C_{0j} - C_{ij}$$

Debido a que en la nueva solución los arcos $(i, 0)$ y $(0, j)$ ya no serán parte del recorrido y se transitará de frente de i a j . Para la aplicación de este algoritmo se parte de una solución inicial y se realizan las uniones que ofrezcan mayores ahorros, siempre considerando las restricciones del problema.

Procedimiento

Paso 1 (inicio-solución inicial). Para cada cliente i construir la ruta $(0, i, 0)$.

Paso 2 (cálculo de ahorros). Calcular S_{ij} para cada par de clientes i y j .

Paso 3 (mejor unión). Sea $S_{i^*j^*} = \max S_{ij}$, donde el máximo se toma entre los ahorros que no han sido considerados aún. Sean r_{i^*} y r_{j^*} las rutas que contienen a los clientes i^* y j^* respectivamente. Si i^* es el último cliente de r_{i^*} y j^* es el primer cliente de r_{j^*} y la combinación de r_{i^*} y r_{j^*} es factible, combinarlas. Eliminar $S_{i^*j^*}$ de futuras consideraciones. Si quedan ahorros por examinar ir a 3, si no terminar.

1.4.4.2 Agrupar Primero Enrutar después

Esta heurística consta de dos fases. En la primera se forman grupos de clientes (*clusters*), de tal forma de no violar la restricción de capacidad de cada vehículo, luego

en cada grupo se realiza un TSP o un método aproximado para obtener la ruta correspondiente para el vehículo asignado.

Para formar los grupos existen diferentes métodos que difieren en su nivel de complejidad. El más simple es la heurística de Barrido o *Sweep*. Esta heurística consiste en formar una semirecta imaginaria desde el depósito y desde este punto girar en forma ascendente, de esta manera se “barren” los clientes. Los grupos de clientes formados no deben exceder la capacidad de cada camión. El procedimiento se repite n veces comenzando por un cliente diferente. En la figura 7 se muestra un ejemplo luego de aplicar esta técnica de barrido o *sweep*.

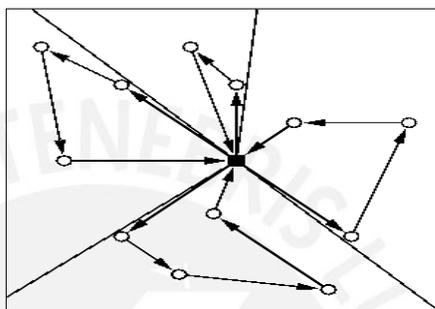


Figura 7: Ejemplo de clusters formados por el método de Barrido o Sweep

Fuente: Heurísticas para problemas de Ruteo de Vehículos (Fernando Olivera, 2004)

La heurística de Asignación Generalizada de Fisher y Jaikumar incluye una formulación matemática para la formación de grupos. En esta se forman de manera inicial K clusters (semilla), luego se procede a una formulación matemática con la cual se obtienen los grupos de clientes y dentro de cada cluster se realiza un TSP o un método aproximado para obtener la ruta correspondiente.

1.4.4.3 Enrutar Primero Agrupar después

Esta heurística también consta de dos fases. Primero se obtiene una ruta óptima por medio de un TSP, esta ruta hallada no respeta las restricciones del problema, luego se determina la mejor partición de la ruta que cumpla con la capacidad de cada vehículo. En cada partición hay un grupo de clientes que puede ser visitado por un camión, de tal forma que se cumpla la restricción de capacidad. Cabe mencionar que a pesar de que es posible agrupar óptimamente a los clientes (la ruta que sigue el vehículo asignado es de costo mínimo), la solución resultante no necesariamente es la óptima (Olivera, 2004). Las diferentes formas de partir la ruta (siguiendo la ruta original) permite obtener diferentes grupos de los cuales debemos escoger el de menor costo total, así obtendremos una buena solución en un tiempo adecuado y a un costo computacional bajo.

1.4.4.4 Métodos de mejoramiento

Entre los métodos de mejoramiento más comunes tenemos el Operador Or-Opt. Este método consiste en eliminar una secuencia de K clientes consecutivos de la ruta y colocarlos en **otra posición de la ruta**, de tal modo que permanezcan consecutivos y en el mismo orden. El procedimiento empieza con $K=3$, luego haciendo $K=2$ y finalmente $K=1$. En la figura 8 podemos observar diferentes posiciones para los tres primeros clientes en una ruta en particular. En este caso se aplica el operador Or-Opt con $K=3$.

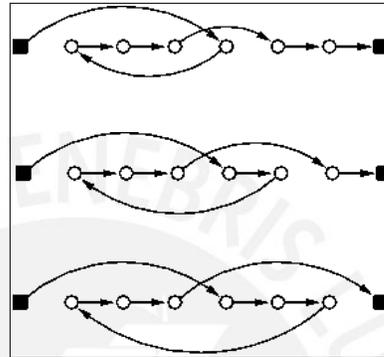


Figura 8: Diferentes posiciones en la ruta para los 3 primeros clientes.

Fuente: Heurísticas para problemas de Ruteo de Vehículos (Fernando Olivera, 2004)

Otro método de mejoramiento son los operadores propuesto por **Van Breedam**. Estos operadores se utilizan para intercambiar clientes entre un par de rutas. El operador String Relocation consiste en transferir una secuencia de m clientes a otra ruta manteniendo el orden de la ruta original. En el operador String Exchange una ruta transfiere m clientes a la primera y la otra le envía n clientes. La notación para String Relocation es $(m,0)$ y para String Exchange es (m,n) . En la figura 9 (a) transfiere 2 clientes, con lo que en (b) se forma una nueva ruta. En (c) cada ruta se intercambia clientes y en (d) se aprecia el resultado de esto.

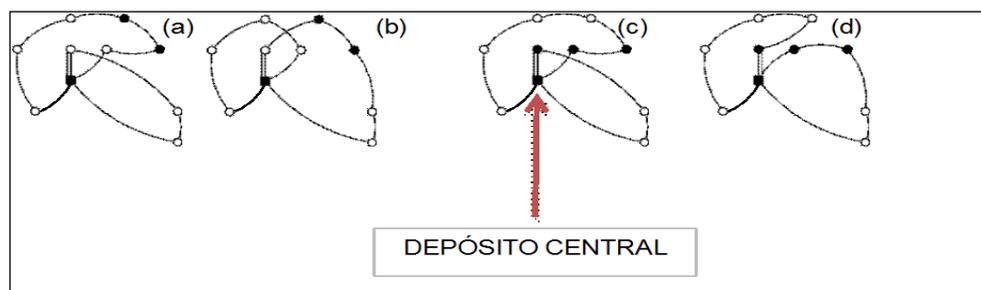


Figura 9: String Relocation y String Exchange

Fuente: Heurísticas para problemas de Ruteo de Vehículos (Fernando Olivera, 2004)

1.5 ENFOQUE DE PROCESOS

En esta sección se describirá la importancia del enfoque de procesos en la gestión de las organizaciones. Para ello se empleará la familia de las normas ISO 9000 como referencia. Este enfoque es un principio en la gestión de la calidad.

El propósito de este enfoque basado en procesos es aportar en la mejora de la eficiencia y la eficacia de la organización para lograr sus objetivos definidos.

1.5.1 Definición de Proceso

En la norma ISO 9000 un proceso es definido como sigue:

“**Conjunto de actividades** interrelacionadas o que interactúan, las cuales **transforman** elementos de entrada en resultados”

Estas actividades requieren la asignación de recursos como personas, materiales, energía, maquinaria, información, etc. En la figura 10 se muestra un esquema de la definición anterior.



Figura 10: Esquema básico de un proceso general

Fuente: ISO 9000 (2004)

Según las características físicas, los elementos de entradas y los resultados pueden ser **tangibles** (materiales, componentes, equipos) o **intangibles** (información, energía). En los resultados del proceso también se puede encontrar desperdicios y contaminación ambiental, es decir se debe considerar todo lo que sale de este.

Los procesos responden a requisitos especificados por clientes **internos** (dentro de la organización) y clientes **externos** (fuera de la organización). Los clientes internos son

aquellos que, por ejemplo, utilizan los resultados del proceso anterior como elementos de entrada. Por otro lado entre los clientes externos podemos encontrar a aquellas organizaciones que compran nuestro producto final.

Es una buena práctica contar con un sistema que recopile datos del proceso, para luego analizar estos y obtener información sobre el desempeño de este. Luego, en base a lo obtenido, determinar la necesidad de acciones correctivas o de mejora.

Además los procesos de la organización deben diseñarse para **aportar valor**, es decir que cada uno de los resultados debe responder a los requerimientos exactos de los clientes internos y externos.

1.5.2 Tipos de Procesos

En cualquier organización se identifican los siguientes tipos de procesos generales:

- Procesos para la gestión de una organización o procesos estratégicos

Este grupo de procesos hace referencia a la planeación estratégica, el establecimiento de políticas y objetivos, la comunicación, el **aseguramiento de la disponibilidad** de recursos necesarios y las **revisiones por la dirección**.

- Procesos para la gestión de recursos o procesos de soporte

Se encarga de la provisión oportuna de los recursos que son necesarios en los procesos para la gestión de la organización, la realización y la medición.

- Procesos de realización

Incluye todos aquellos procesos que participan efectivamente en la transformación del producto final.

- Procesos de medición, análisis y mejora

Se incluye el conjunto de actividades que miden y recopilan los datos de los procesos, analizan los resultados y en base a ello se proponen las acciones de cambio o de mejora. Se encuentran los procesos de medición, **seguimiento y auditoría, acciones correctivas y preventivas**, y son una parte integral de los procesos de gestión, gestión de los recursos y realización.

1.5.3 Entendimiento del enfoque de procesos

Una organización cuya estructura es funcional es aquella donde las responsabilidades son propias de cada departamento. En estas la jerarquía o línea de autoridad es vertical. La interacción entre departamento no es considerable, ya que la organización está estructurada de tal forma que las personas especialistas en alguna función hagan lo mejor para su departamento. Es por ello que no se prioriza los problemas que surgen de la interacción entre departamentos, por lo que las acciones se enfocan más en las funciones que en el beneficio global de la organización.

Por otro lado, **el enfoque basado en procesos** introduce lo que se conoce como **gestión horizontal**. Este enfoque de procesos identifica todas las interacciones que existen entre los diferentes procesos de los diferentes departamentos de la organización, para unificar sus enfoques en logro de los objetivos organizacionales.

Esta identificación de las interacciones es importante para mejorar el desempeño global de la organización. Para ello es importante la construcción de una red de procesos de toda la empresa. En la figura 11 se muestra un ejemplo genérico de esta red de procesos.

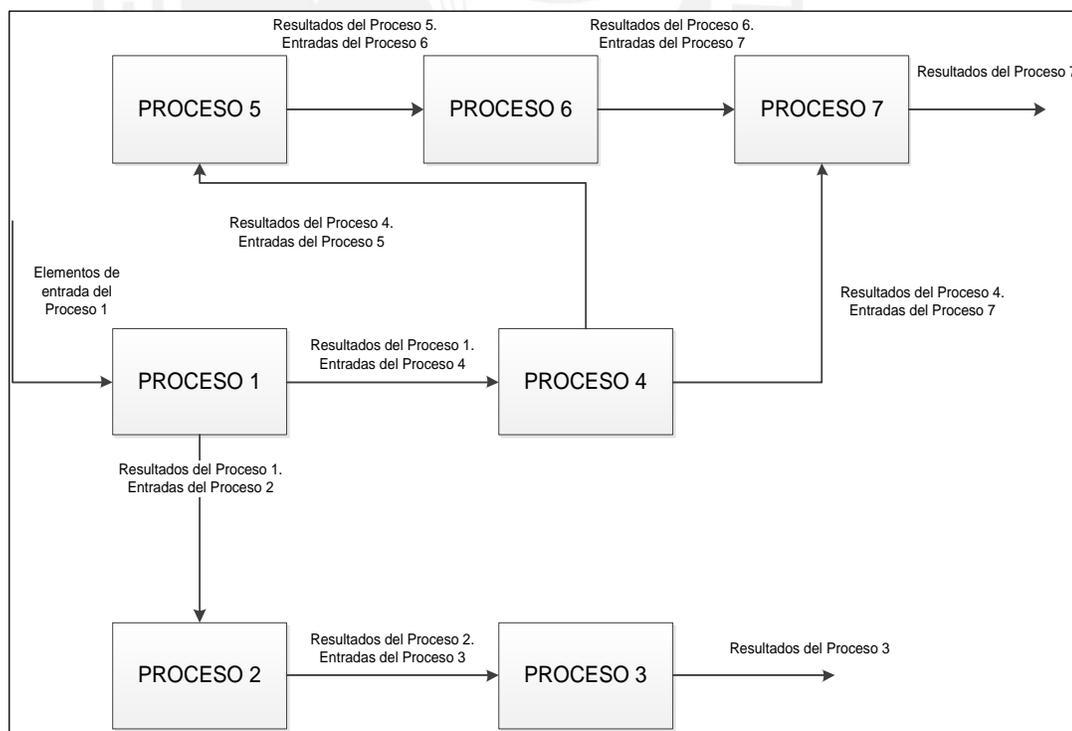


Figura 11: Ejemplo genérico de una red de procesos

Elaboración Propia

Los procesos deben ser gestionados desde el enfoque de sistemas, es decir desde el enfoque *top-down* (de lo general a lo particular). Este enfoque nos permite determinar cómo las decisiones tomadas impactan en toda la organización y no solo en un departamento. La **operación coherente** de la red de procesos se conoce como “enfoque de sistema” para la gestión. En la figura 12 se presenta la interacción de los diferentes tipos de procesos en una organización según el enfoque basado en procesos.

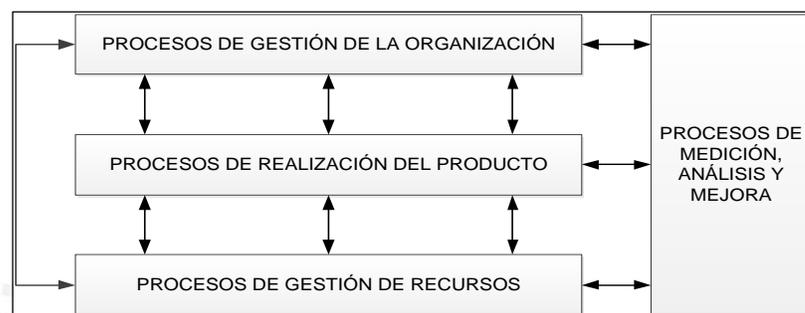


Figura 12: Tipos de procesos en una organización según la ISO 9000

Elaboración Propia

CAPÍTULO 2. DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DE LA EMPRESA

En este capítulo se brindará un panorama general de la empresa, se detallará el sector al cual pertenece y sus principales actividades. Además se presentará su perfil organizacional y los niveles de producción pasados y actuales.

2.1 Descripción de la empresa

Logística Callao E.I.R.L. es una empresa joven que desde su formación ha tenido un continuo crecimiento. Nace de la iniciativa de un joven empresario que vio la oportunidad en los residuos sólidos orgánicos, los cuales son muy demandados como insumo para la elaboración de alimento balanceado para animales de granja y harina de pescado. Para llevar a cabo sus actividades era necesario contar con medios de transporte adecuado, ya que los proveedores de estos residuos son los puestos de los mercados de Lima Metropolitana.

Luego de 16 años cuenta con una flota de 7 camiones y un terreno de mediana extensión en el Callao, el cual sirve de punto de partida para sus actividades diarias de recojo, transporte y entrega de residuos sólidos. Actualmente es una de las empresas líderes en su rubro.

2.2 Sector y Actividad económica

Según la Clasificación Industrial Internacional Uniforme (CIIU) encontramos al giro de negocio de Logística Callao en “*Ventas al por mayor de otros productos intermedios, desperdicios y desechos*” (5149). Además en este apartado se especifica que estos residuos tienen un valor remanente, ya que es insumo para otro proceso de transformación.

2.3 Concepción del Cliente y del Producto

Los principales clientes de la empresa son las fábricas que utilizan los residuos sólidos orgánicos como insumo para la producción de alimento balanceado y harina de pescado. Luego de sus actividades diarias de recojo de residuos los camiones se dirigen a las empresas productoras.

Los insumos que necesitan estas empresas son muy variados. Los que provee la organización en estudio son vísceras de pollo, pluma de pollo y vísceras de pescado. Cabe resaltar que el crecimiento del sector de producción de alimentos balanceados está ligado estrechamente con los sectores avícolas y porcícola³.

Actualmente la empresa cuenta con 3 principales clientes, los cuales están ubicados muy cerca del punto de salida de los camiones. Estas empresas cuentan con diferentes capacidades de producción por lo que existen diferentes restricciones en términos de la cantidad de producto que pueden recibir. Los detalles y cantidades de estas restricciones serán descritos en el capítulo de Propuestas de Mejoras.

2.4 Perfil empresarial y principios organizacionales

El perfil de una organización se describe a través de su visión, misión, objetivos, políticas y valores empresariales. Actualmente no hay un documento donde se establezca el perfil de la empresa estudiada, por lo que esta no cuenta con una misión y ni con una visión, las cuales son componentes claves para la dirección de la toma de decisiones.

2.5 Entidades participantes en el modelo de negocio

La empresa estudiada tiene 2 unidades de negocio las cuales son: el recojo, transporte de residuos sólidos orgánicos de los mercados de Lima Metropolitana y la venta de estos a las empresas productoras, y trabajos de transporte de carga. El alcance de esta tesis es sobre el primer proceso, el cual es el principal. A continuación, en la figura 13, vamos a mostrar un mapa relacional donde se podrá visualizar las entidades con las cuales interactúa la empresa estudiada.

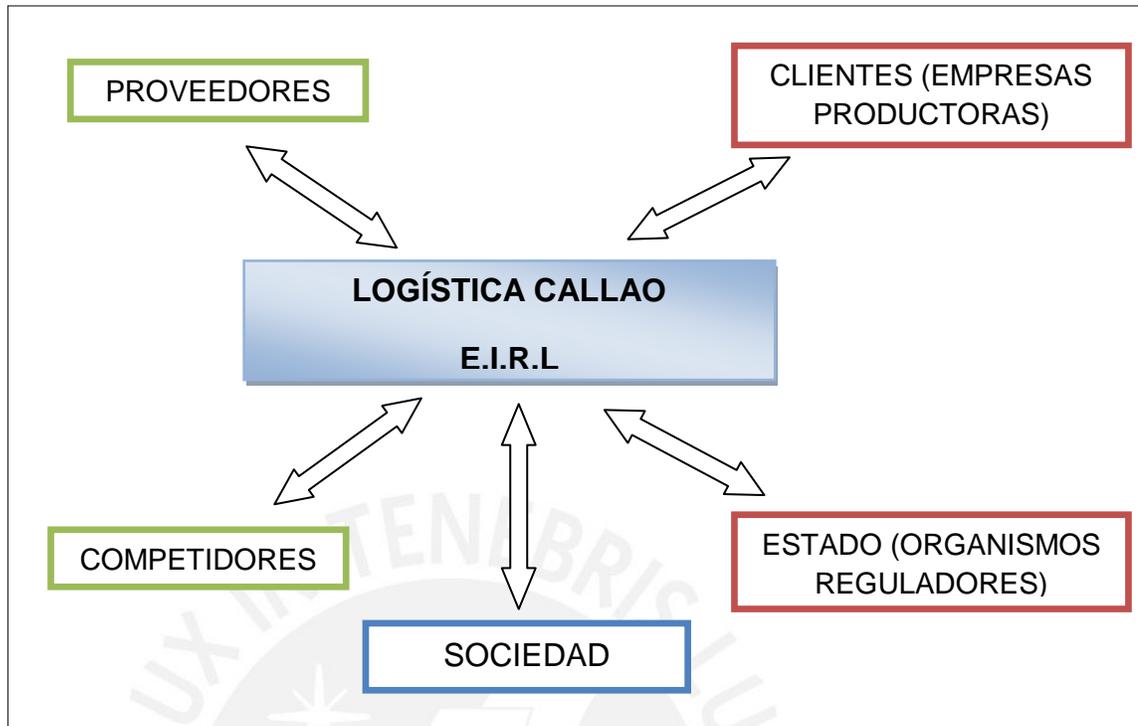


Figura 13: Mapa Relacional de la empresa estudiada

Elaboración propia

Como hemos mencionado, los proveedores están comprendidos por los puestos de mercados de Lima Metropolitana que proveen de residuos sólidos orgánicos. Luego estos son transportados a las empresas productoras para su procesamiento. Esta actividad es regulada por organismos del estado, ya que el manejo de residuos sólidos orgánicos está normado en la legislación ambiental peruana. Los aspectos ambientales derivados de esta actividad interactúan con el medio ambiente, entre los que tenemos a la sociedad en general, además del aire. Por último, los competidores de la empresa están comprendidos por organizaciones menores cuyo objetivo es acaparar más puestos de mercado por medio de estrategia de precios⁴ principalmente.

2.6 Modelo de procesos

Hemos clasificado los procesos en tres grandes grupos, los cuales son grupo de **procesos estratégicos o procesos de gestión de la organización**, **procesos clave o de realización del producto** (transformación), **procesos de apoyo o gestión de los recursos**⁵. El primer grupo es el encargado de la planeación conjunta de la organización, es el que define el marco de acción y los objetivos estratégicos que se

quieren alcanzar. Una de sus funciones es definir la misión, visión, valores y principios, los cuales deben ser establecidos, documentados, implementados y comunicados en toda la organización. También es clave en este grupo la toma de decisiones y la gestión de toda la empresa en función de los objetivos estratégicos. El segundo grupo, el de procesos clave, es el que se encarga de efectivamente generar valor para el cliente, son las actividades que generan el valor agregado. El tercer grupo corresponde a todos los procesos que apoyan a los dos grupos mencionados, estos son la gestión de RRHH, la gestión legal y contable, la gestión tecnológica, la gestión de administración y finanzas, etc.

A continuación, en la figura 14, presentamos un diagrama donde se observará la dinámica de los procesos en la empresa en estudio⁶:

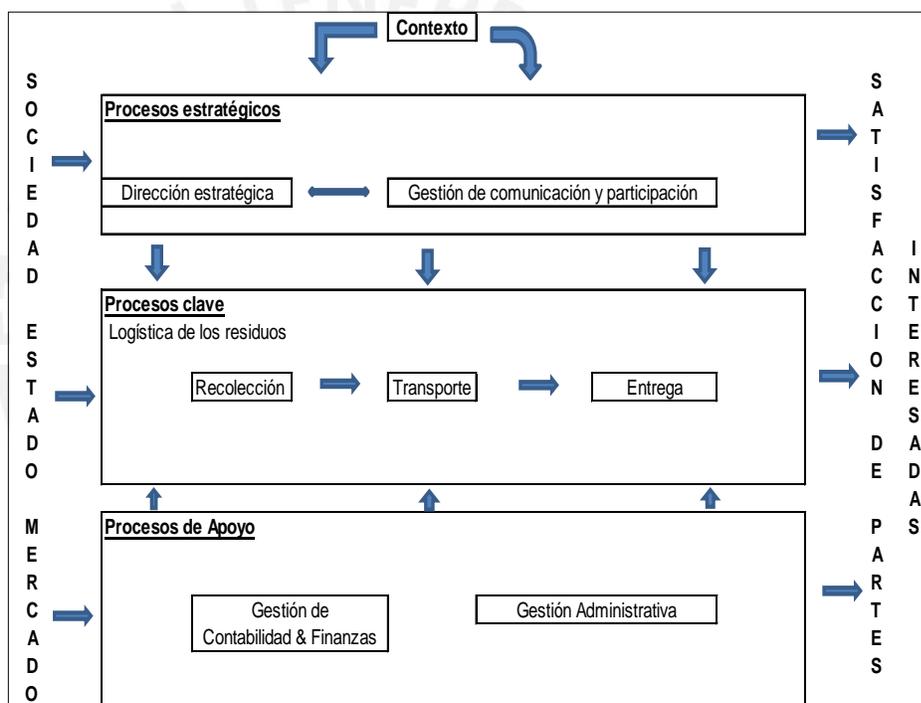


Figura 14: Grupos de procesos en la empresa en estudio

Elaboración propia

Los procesos estratégicos son llevados a cabo por la gerencia general de la empresa, en este grupo de procesos se toman decisiones como la política de relaciones con los proveedores (puestos de mercado), la política de comunicaciones internas, cambios en la estructura organizacional, compras de activos, etc.

El proceso clave, la logística de los residuos, empieza con la salida de los vehículos del depósito central, estos recolectan los residuos sólidos orgánicos de los puestos de

mercado y los transportan hacia las empresas productoras que se encargarán de transformarlos en harina y alimento balanceado para animales.

Los grupos de procesos de apoyo soportan los dos grupos de procesos anteriores. Brindan información para la toma de decisiones estratégicas y permite el funcionamiento del proceso central. A través de la gestión de contabilidad y finanzas se procesan las facturas, guías de remisión, la declaración de impuestos, el consolidado de estados financieros, los resultados del período, el pago de planillas, etc. Por el lado de la gestión administrativa se realiza el registro y control de la asistencia, la verificación del cumplimiento de los procedimientos, el envío de la información pertinente a contabilidad y la resolución de conflictos en campo.

2.7 Organigrama

En la figura 15 se muestra el organigrama de la empresa. Se observa que siguen una estructura funcional.

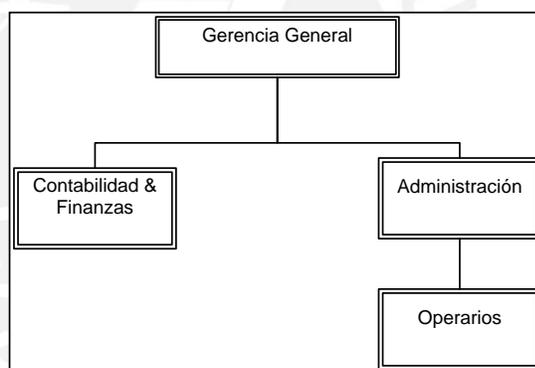


Figura 15: Organigrama de la empresa en estudio

Elaboración propia

Las líneas de mando son claras. Los operarios están conformados por los estibadores y los conductores o choferes de los camiones, en total son 38 operarios. La gestión de sus actividades es realizada por un administrador, el cual se encarga de mantener el status quo, resolver problemas menores, recopilar la información de las rutas transitadas durante el día (guías de remisión, facturas, etc) y la envía al departamento de contabilidad y finanzas para su procesamiento. En este se ingresan las facturas, se registra la asistencia, se realizan los pagos y se lleva toda la contabilidad. El área de administración y contabilidad y finanzas reportan directamente a la gerencia general, la cual sigue de cerca, de forma presencial, cada una de las actividades de la empresa. Entre sus competencias está la definición de la política de relaciones con los

proveedores (puestos de mercado) ya que esta es crítica por lo importancia que este agente económico tiene en la cadena de valor del producto que transportan. También es de su competencia las decisiones sobre funciones, condiciones de trabajo en general, propuestas de cambio, etc.

2.8 Descripción de los procesos

En esta sección se describirán los diferentes procesos que **actualmente** se llevan a cabo en la empresa estudiada. Para ello, primero, se ha elaborado un diagrama de flujo del proceso central, el cual contempla toda la logística de los residuos sólidos orgánicos. En este diagrama, además, se puede observar la interacción con las áreas de apoyo como Contabilidad & Finanzas y la administración. En la figura 16 se presenta el diagrama de flujo mencionado.



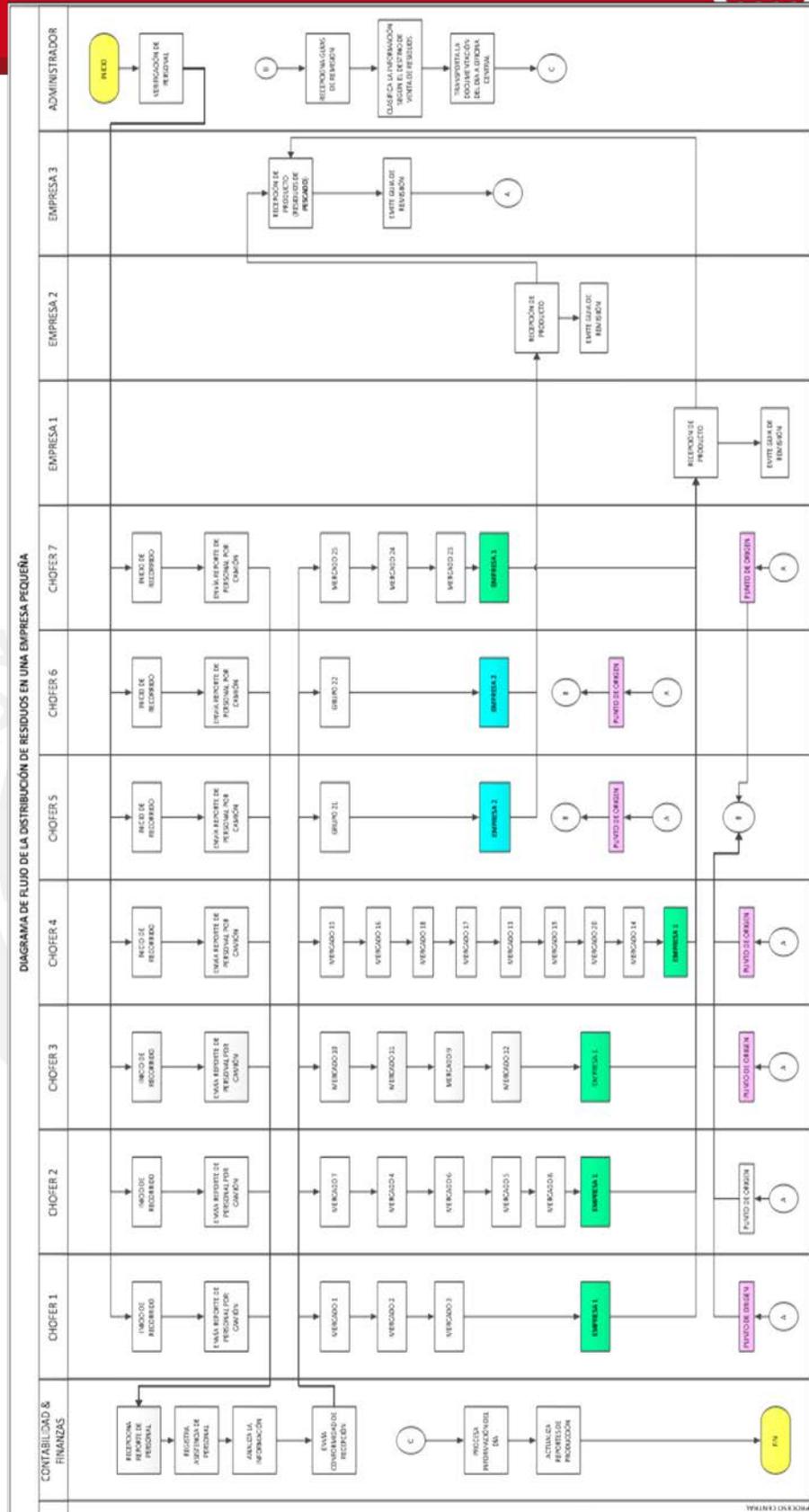


Figura 16: Diagrama de Flujo del proceso central de la empresa en estudio

Elaboración propia

2.8.1 La logística de los residuos sólidos orgánicos

La empresa trabaja los siete días de la semana desde muy tempranas horas de la mañana (5 o 6 a.m) hasta la noche (algunas personas pueden salir antes si es que terminaron su ruta). Los camiones, de propiedad de la empresa, parten desde el depósito, el cual está ubicado en un terreno de mediana extensión en el callao muy cerca del mar. Para iniciar el día de trabajo, el administrador se dirige al depósito donde verifica la asistencia de los choferes y los estibadores, una vez que por cada camión la mayor parte de las personas asignadas llegan al punto de inicio, el recorrido de la ruta empieza. Es importante aclarar que debido a que existen algunos mercados que indican que los residuos deben ser recogidos a determinadas horas como máximo, hay un límite de tiempo que se puede esperar para que los estibadores o choferes lleguen al recinto y puedan iniciar la ruta.

Actualmente, cada camión tiene asignado un chofer y una cantidad de estibadores que oscila entre 4 y 5. Los mercados a cubrir han sido el resultado de una partición geográfica, por ejemplo, el camión 1 cubre la zona del Rimac. Para poder realizar las actividades de carga y descarga los estibadores cuentan con herramientas de trabajo, entre las que destacan los “tachos”, los cuales son unos recipientes como cilindros que pueden contener 200 kg de carga. Cada camión cuenta con una determinada cantidad de tachos en función de su capacidad, sin embargo es importante rescatar que no se cuenta con una asignación de responsabilidad por cada uno de estos, por lo que es casi frecuente la pérdida de estos implementos. Además cuentan con carretas, botas de jebe y polos distintivos de la empresa.

Una vez iniciada la ruta, los choferes se comunican vía telefónica con la persona encargada de Contabilidad & Finanzas para confirmar la asistencia de las diferentes personas asignadas por camión, así como la ausencia de aquellos que por algún motivo no pudieron asistir. Cuando alguien no trabaja, su jornal es repartido entre los diferentes trabajadores del camión correspondiente, en cambio si el administrador logra conseguir a una persona que supla esa posición por ese día, lo último descrito no ocurrirá.

A continuación, en la Tabla 3, se muestra un resumen de las cantidades transportadas en cada ruta por cada camión. La secuencia que se sigue por ruta se muestra en la figura 16.

Tabla 3: Resumen de cargas transportadas por ruta y capacidad de cada camión

Chofer	Código de camión	Capacidad (Tn)	Pluma y vísceras	Pescado	Total Transportado en promedio
Chofer 1	B3L_840	16.00	14.00	2.00	16.00
Chofer 2	A4Z_802	17.50	8.50	1.50	10.00
Chofer 3	B5L_764	17.50	9.50	1.00	10.50
Chofer 4	C3X_775	6.20	7.50	1.00	8.50
Chofer 5	D2S_911	6.40	4.50	1.00	5.50
Chofer 6	C3Z_704	6.40	7.50	1.00	8.50
Chofer 7	C3Y_797	6.40	7.00	1.00	8.00
		76.40	58.50	8.50	67.00

Elaboración Propia

Las cantidades que se muestran varían día por día, sin embargo, como se verá en la siguiente sección, la variación no es significativa. Para efectos de representar la realidad se ha procedido a utilizar las cotas superiores de la base de datos con la que cuenta la empresa. Por ejemplo, el chofer 5 tiene registrado una carga de pescado que oscila entre 0.8 y 1.0, entonces lo real sería establecer que su carga es de 1.0 ya que si consideramos 0.8 es muy probable que en otros días transporte más carga, entonces las 0.2 toneladas no consideradas podría afectar la planificación futura y no representa a la realidad, por lo que el modelo que se propondrá más adelante no tendría validez.

Una vez que cada uno de los camiones han recolectado los residuos sólidos orgánicos (plumas de pollo, vísceras, residuos de pescado) de los mercados y grupos de mercados, estos se dirigen a las empresas productoras para su entrega. Como se mencionó en los primeros capítulos, son tres las empresas a las cuales provee la organización en estudio.

En el diagrama de flujo podemos observar que los choferes del 1 al 4 y el 7 entregan los residuos a la empresa 1 o proveedor "Ferr", los restantes se dirigen a la empresa 2 o proveedor "Tec". Una vez que terminan de descargar los productos, que sirven de insumos para los procesos productivos de la empresa 1 y 2, todos los camiones se dirigen a la empresa 3 o proveedor "Frut". La particularidad de esta política es que al proveedor Frut se le entrega todos los residuos de pescado recolectado, es por ello que en la tabla mostrada se hace una diferencia entre el tipo de residuos transportados.

Una vez terminada la entrega todos los camiones se dirigen al depósito, la hora de llegada oscila entre las 5p.m y 8p.m, esta diferencia se debe a las diferentes rutas que

sigue cada camión y a las diferentes situaciones que pudiesen presentarse en los mercados y en las empresas productoras.

2.8.2 Las actividades del Administrador

Como se mencionó el Administrador al inicio del día lleva a cabo la verificación del personal y en caso se tenga alguna ausencia es su responsabilidad conseguir a otra persona para que supla la vacante por ese día o que el jornal de la persona ausente se reparta entre las que asistieron; son los choferes de cada camión los que se comunican con la encargada de Contabilidad & Finanzas para la confirmación de la asistencia. Además de ello, el administrador se encarga de gestionar el mantenimiento de los camiones, sin embargo, este responde solo cuando los choferes le indican que el vehículo necesita una revisión por alguna falla, no cuenta con una planificación específica por camión.

El Administrador se transporta en taxis o en transporte urbano. Él se encarga de supervisar y atender alguna vicisitud que se presente. Por ejemplo, ante la pérdida de los tachos, él es el encargado de gestionar la compra, la reposición del mismo y de investigar el motivo de la pérdida. También es responsable de gestionar los recursos para el trabajo diario, en el caso de los implementos de trabajo como las botas de jebe, los polos distintivos y las carretillas, su función es garantizar que todos ellos se encuentren en óptimas condiciones y cuando sea necesario un cambio, este se realice. La inspección de los implementos es visual, el administrador se encuentra cerca de los operarios, su trabajo es en campo.

Por otro lado se encarga de la recolección de los diferentes comprobantes de pago (boletas, facturas, guía de remisión, tickets), luego clasifica los mismos por camión y por empresa productora, finalmente los transporta a la oficina central para el respectivo registro. En las guías de remisión se tiene el registro de las cargas transportadas por camión a las diferentes empresas, además debido al trabajo de campo que tiene el administrador, este cuenta con un registro manual de las cantidades recolectadas por mercado de cada camión. Esto último es importante, ya que esta data es relevante para una futura planificación de las operaciones y para el conocimiento del mercado.

2.8.3 Las actividades de la encargada de Contabilidad & Finanzas

En esta área sólo se cuenta con una persona, la cual se encarga de hacer los registros respectivos de campo y de procesar la información contable. Durante la logística de los residuos sólidos orgánicos, la encargada registra la información de la asistencia que es

transmitida por teléfono, este proceso es algo tedioso ya que recibe la llamada de cada chofer y en ocasiones el flujo de datos no es el apropiado. Para el registro de la asistencia utiliza una hoja de cálculo en Excel, la cual además le permite calcular los pagos semanales en función de los días trabajados. El proceso de cálculo no está automatizado, es decir, no hay una programación para el cálculo automático, este se hace a través de fórmulas.

Luego en el transcurso del día registra la información contable contenida en los diferentes comprobantes de pago que fueron alcanzados por la administración. El registro de esa información se hace a través del PDT, el cual es un software libre proporcionado por la SUNAT (Superintendencia Nacional de Administración Tributaria) para facilitar el registro de la información contable y el pago de los respectivos impuestos. También se encarga de estar al pendiente del cronograma de pago de impuestos y de proceder a cancelarlos a través del PDT.

En esta área se mantiene un registro digital en una hoja cálculo en Excel de las cargas transportadas de cada camión a las respectivas empresas. Además de las cantidades recolectadas por cada camión de los diferentes mercados. En esa hoja de cálculo también realiza los respectivos cálculos de los pagos que las empresas productoras deben realizar en función de la cantidad de toneladas entregadas. Luego genera la factura respectiva a través de SUNAT Operaciones en Línea y por medio del correo electrónico envía la misma para su posterior pago.

Por último mantiene actualizados los estados financieros. Para ello procede a resumir la información contable según los principios de la contabilidad, para que la gerencia pueda conocer el desempeño de su empresa y tomar las decisiones que ésta crea conveniente.

2.8.4 Las actividades de la Gerencia General

Las actividades de la gerencia general en esta organización comprende sobre todo **el aseguramiento de la disponibilidad de recursos** para el trabajo diario. Por ello una de sus funciones principales es la gestión de los proveedores (puestos de mercados). Esta gestión tiene como objetivo asegurar las cantidades de residuos recolectados y evitar que la competencia se apodere de ellos. En este negocio la lucha por los puestos de pescado y avícolas hace realmente necesario una interacción entre el dueño de negocio y el dueño del puesto de mercado. Las condiciones que el dueño de negocio ofrece al dueño del puesto de mercado deben ser mejores que la competencia, además que en este punto también tiene un peso importante el tiempo de trabajo o fidelidad. Por otro lado también la gerencia general establece relaciones cercanas con las empresas productoras, ya que los residuos una vez asegurada la cantidad recolectada también debe asegurarse la cantidad entregada y vendida.

Otra de sus actividades es seguir de cerca el proceso de distribución de los residuos sólidos orgánicos, ya que debido a que los operarios son personas con un bajo nivel educativo y escasa formación, es probable que ellos puedan vender parte de la carga a terceros, los implementos de trabajo como los tachos y parte del combustible asignado por camión (existen antecedentes de lo descrito).

También se encuentra al pendiente de que los vehículos se encuentren en óptimas condiciones de trabajo (al igual que el administrador, no cuenta con una planificación de mantenimiento específico por camión, responde según lo que ocurre en el momento). Además de inspeccionar in situ el estado de los diferentes implementos como las botas de jebe, los polos distintivos, las carretas y de reponer estos una vez que ya no se encuentren en condiciones de servir para el trabajo. Cuando surgen problemas con la policía (papeletas), la municipalidad (multas por mal manejo de residuos), accidentes de tránsito, el gerente general interviene directamente en la solución de estos.

Esta persona tiene un horario de trabajo extendido desde tempranas horas de la mañana hasta la noche. Su presencia es importante para que el negocio funcione apropiadamente.

2.9 Niveles de producción

En el anexo 16 se muestran algunos extractos de las cantidades de carga transportadas durante las rutas de la empresa en estudio. Las cantidades de carga que se han adjuntado en el anexo son para una semana de trabajo. Como se puede apreciar cada cuadro corresponde a un proveedor, es decir, los pesos, expresados en kilogramos, son enviados a las empresas productoras antes mencionadas (por criterio de confidencialidad no se han puesto los nombres completos de estas empresas).

Estas cantidades no tienen una variación significativa, es decir que si en un día se transporta 9 toneladas, es muy poco probable, basados en los registros de la base de datos, que el día siguiente se transporten 6 o 5 toneladas. Como puede observarse en el segundo cuadro del proveedor Tec, a lo largo de la semana la variación entre la cantidad mayor y la menor fue de 1.5 toneladas. Las causas de que se produzcan variaciones significativas pueden ser las siguientes: días festivos (por ejemplo semana santa donde la demanda de pollo baja), reducción de la oferta de pollo causado por fuerzas externas a la empresa estudiada y problemas de avería en los camiones que impida continuar su recorrido.

Estos registros de los pesos serán empleados más adelante para la propuesta de planificación de rutas de menor costo, basados en los algoritmos de ruteo de vehículos.

CAPÍTULO 3. DIAGNÓSTICO DE LA EMPRESA

En este capítulo se analizará el funcionamiento actual de la empresa. Luego se describirán los activos fijos con los que cuenta la organización en estudio. Con todo ello se procederá a identificar las **oportunidades de mejora** (objetivo del diagnóstico), las cuales serán seleccionadas según criterios específicos.

3.1 Análisis General Cualitativo de la empresa en estudio

Logística del Perú E.I.R.L es una empresa pequeña que cuenta con casi dos décadas en el mercado limeño, como se mencionó en la introducción es el resultado del emprendimiento de un joven soñador. Durante todo ese tiempo **la empresa ha trabajado para el día a día**, es decir, las decisiones eran y son tomadas sin una planificación respectiva.

Debido a ello es que la organización actualmente **no cuenta** con un **direccionamiento estratégico**, es decir, no tienen una visión, ni una misión, se trabaja por el día a día. Por lo que sus actividades no tienen una estructura para la acción, **no hay un propósito al cual alcanzar**. Por ello aspectos como la contratación de personal son vistos como algo poco significativo, ya que solo es una persona que va a cargar tachos o manejar un camión, sin embargo esa postura les trae problemas como el hecho de las pérdidas ocasionales de los diferentes implementos de trabajo como los tachos, combustible, los cuales son vendidos a terceros.

Por otro lado, **tampoco existen procedimientos documentados** de las funciones de las diferentes áreas de la organización. Si bien el hecho de ser un estibador puede limitarse a levantar tachos y descargar los mismos de los camiones, es importante contar con una **definición de sus funciones y responsabilidades** por sus actos y los recursos de trabajo asignados. La estructura organizacional no está definida explícitamente, sin embargo se intuye que ésta es funcional, cada quien tiene sus funciones respectivas.

También el hecho de trabajar para el presente ha sido un factor influyente para que la empresa **no cuente con un plan de manejo de residuos sólidos orgánicos ni con un plan de seguridad laboral**. Debido a la ausencia del primero es que la empresa ha sufrido diferentes sanciones de la municipalidad del Callao. La causa de esta penalidad fue por una mala disposición final de las plumas de pollo y los residuos de pescado que se encontraban almacenados en el depósito, por la información obtenida de la empresa, estos residuos fueron depuestos al mar. Actualmente la empresa provee a los trabajadores de botas de jebe, polos distintivos y otros implementos para la

seguridad, impulsados sobre todo por los entes fiscalizadores (evitar multas), pero no se tiene un estudio ergonómico que recomiende una forma más apropiada en el manejo de los tachos para evitar lesiones y enfermedades ocupacionales. Estas últimas se presentan por lo general debido al gran esfuerzo físico que demanda el manejo de los tachos (cada uno tiene una capacidad de 200 kg). Esto es un factor a considerar para algunas situaciones de ausentismo.

Uno de los **factores clave** de este negocio es la **gestión con los proveedores**, por medio de esta se logra que la empresa asegure la cantidad de residuos para recoger, transportar y entregar. La persona encargada de esta función es la gerencia general. Para ello emite cheques que son entregados una vez al año a algunas avícolas o puestos de pescado, sobre todo a aquellos que le proporcionan mayor cantidad de residuos sólidos orgánicos. También entrega pavos y panetones en navidad (esto lo hace con todos sus proveedores) y regala botas de jebe y mandiles a la mayoría de los puestos con una periodicidad promedio de una vez cada dos meses o también según requerimiento de los proveedores. Si bien a la hora de generar los cheques se consigna el nombre de la persona beneficiada, este proceso se dificulta ya que estos **no se encuentran homologados en ninguna base de datos de Logística Callao E.I.R.L.**, por ello al no tener un registro de los proveedores no es posible tener una gestión adecuada donde pueda observarse a quienes se les debe hacer el pago o ya se hizo el mismo, también que permita un seguimiento de la cantidad de artículos como botas o mandiles entregados por proveedor (previo a una política de entrega establecida, la cual se tiene pero no está documentada) y para el estado de las entregas de pavos y panetones en navidad.

El proceso de realización que consta de la logística de los residuos sólidos orgánicos, **no cuenta con una planificación que tenga en cuenta criterios de reducción de costo y tiempos** para la asignación de camiones a las diferentes rutas y la secuencia más apropiada a seguir. Actualmente como se mencionó líneas arriba, la asignación es por zona geográfica. En la sección a continuación se analizará con más detalle este proceso central.

3.2 Análisis de la Logística de los Residuos Sólidos Orgánicos

La empresa Logística del Callao E.I.R.L. como se mencionó, trabaja para el día a día. Por ello es que **no ha definido un criterio de asignación** de grupos de clientes por camión, tampoco una secuencia de visita. Como se dijo, la asignación es geográfica y la secuencia es definida por el chofer. En la figura 16 se observa la secuencia que, por lo general, siguen los choferes en cada grupo de clientes asignado. En la tabla 5, a continuación, se muestra las cantidades totales recogidas de cada mercado. Las cantidades están en toneladas y es importante resaltar que esta cantidad incluye a la

pluma de pollo y a las vísceras de pescado. El detalle de las cantidades de plumas de pollo y pescado transportadas por chofer o ruta se muestra en la tabla 4.

Tabla 4: Detalle de las cargas transportadas por mercado

SITUACIÓN ABRIL			
Conductor	Rutas	Distrito	Toneladas
Freddy (Chofer 1)	Ruta1		16.0
	1 Caqueta	Rimac	8.0
	2 San Antonio	Rimac	2.9
	3 Rimac	Rimac	5.1
Maurov (Chofer 2)	Ruta2		10.0
	4 Shangrila	Comas	1.3
	5 Trapiche	Comas	2.1
	6 Chacra Cerro	Comas	2.1
	7 San Carlos	Comas	1.2
	8 KM 22	Carabayllo	3.3
Ignacio (Chofer 3)	Ruta3		10.5
	9 Gallito de Oro	Pte Piedra	1.8
	10 San Fernando	Pte Piedra	2.7
	11 Mi Perú	Ventanilla	3.5
	12 Camal	Pte Piedra	2.5
Jesus (Chofer 4)	Ruta4		8.5
	13 Corpac	Los olivos	0.4
	14 Mercurio-Casasola	Los olivos	1.9
	15 Canta Callao	Los olivos	1.6
	16 Productores	Los olivos	1.8
	17 Huaca	Los olivos	0.7
	18 Huandoy	Los olivos	0.8
	19 Payet	Los olivos	0.7
	20 Tahuantinsuyo	Los olivos	0.6
Minaya (Chofer 5)	Ruta5		5.5
	21 Acopio	Callao	5.5
Gomez (Chofer 6)	Ruta6		8.5
	22 San Fernando	Villa El Salvador	8.5
Enrique (Chofer 7)	Ruta 7		8.0
	23 Angélica Gamarra	SMP	2.3
	24 Canto Grande	SJL	3.3
	25 Unicachi	SMP	2.4
RESTRICCIONES			
Demanda	Puntos de entrega		74.0
	E1 Ferroles	Callao	50.0
	E2 Technofeed	Callao	12.0
	E3 Frutos del Mar	Callao	12.0
	0 Depósito Central	Callao	0.0
Cantidad de toneladas transportadas			67.0
Capacidad de los vehículos			76.35

Elaboración propia

En el diagrama de flujo se detalla para el chofer 5 y chofer 6, grupo 21 y grupo 22, respectivamente, esto significa que son varios mercados cuya distancia es pequeña

entre ellos, y pueden ser representados como uno solo (un punto en el mapa), esa distancia es menor de 1.5 km.

Con el uso de la herramienta *Google Earth* se ubicó cada uno de los puntos. En la figura 17 se muestran los mercados, las empresas productoras y el depósito central.



Figura 17: Mercados, Empresas y Depósito Central

Elaboración propia

Los mercados se identifican con el ícono amarillo, las empresas productoras de color verde y el depósito central de color rojo.

Para propósitos de conocer las coordenadas y las distancias entre los diferentes puntos, se utilizó las coordenadas UTM de la herramienta *Google Earth*. En la figura 18 se observa la configuración descrita.

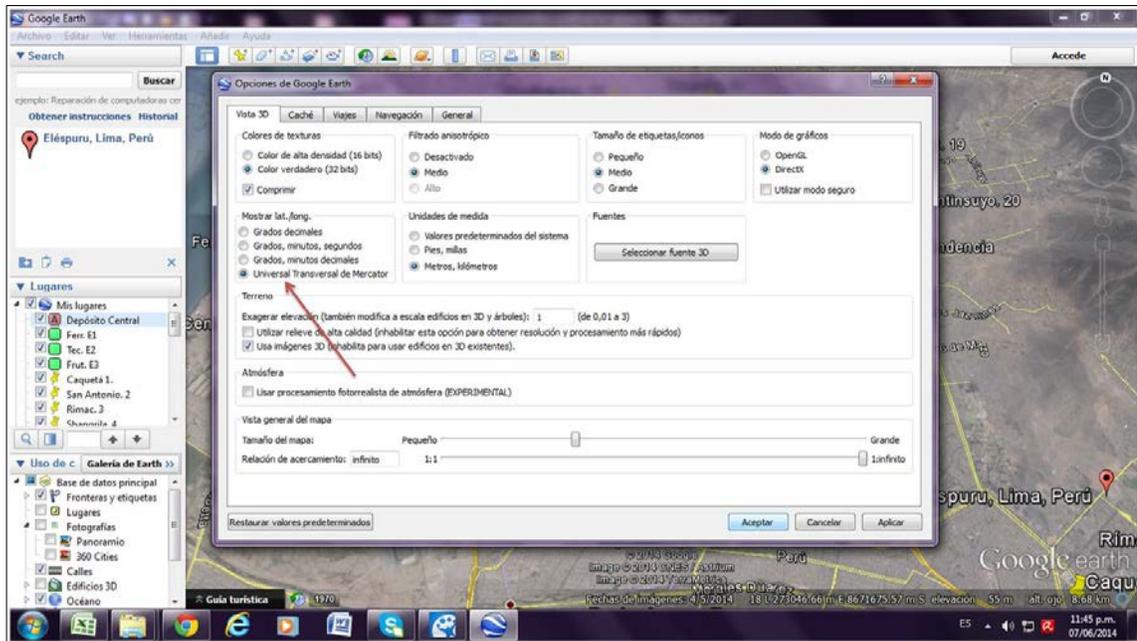


Figura 18: Coordenadas UTM

Elaboración propia

La particularidad de estas coordenadas es que nos permite obtener la abscisa y ordenada en metros de cada punto por zona. En nuestro caso todos los puntos pertenecen a una misma zona (18 L). Se procedió a transformar cada una de estas a kilómetros. En la tabla 5 se listan los puntos con sus respectivas coordenadas en kilómetros.

Tabla 5: Coordenadas de los puntos en kilómetros

PUNTOS	COORDENADAS	
1	277.534	8668.873
2	278.716	8670.305
3	279.002	8669.404
4	274.071	8682.201
5	275.977	8682.184
6	276.387	8680.039
7	277.745	8682.791
8	281.887	8689.477
9	274.684	8687.212
10	273.154	8688.570
11	266.232	8690.943
12	274.656	8688.605
13	274.047	8674.243
14	273.797	8673.209
15	271.203	8674.444
16	271.766	8675.680
17	272.572	8674.736
18	273.194	8675.783
19	276.015	8675.019
20	275.849	8674.188
21	269.983	8665.220
22	288.932	8647.985
23	272.598	8671.454
24	284.191	8677.911
25	274.472	8679.615
E1	267.596	8672.281
E2	267.228	8670.407
E3	267.590	8672.028
0	267.167	8670.769

Elaboración propia

En la tabla 6 se muestra las distancias entre todos los puntos del mapa.

Tabla 6: Distancias entre puntos (km)

D	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	E1	E2	E3	0
1	0	1.9	1.6	13.8	13.4	11.2	13.9	21.1	18.6	20.2	24.8	19.9	6.4	5.7	8.4	8.9	7.7	8.2	6.3	5.6	8.4	23.8	5.6	11.2	11.2	10.5	10.4	10.4	10.5
2	1.9	0	0.9	12.8	12.2	10	12.5	19.4	17.4	19.1	24.1	18.7	6.1	5.7	8.6	8.8	7.6	7.8	5.4	4.8	10.1	24.5	6.2	9.4	10.2	11.3	11.5	11.3	11.6
3	1.6	0.9	0	13.7	13.1	11	13.4	20.3	18.3	20	25	19.7	6.9	6.4	9.3	9.6	8.4	8.6	6.4	5.7	9.9	23.6	6.7	10	11.2	11.8	11.8	11.7	11.9
4	13.8	12.8	13.7	0	1.9	3.2	3.7	10.7	5	6.4	11.7	6.4	8	9	8.3	6.9	7.6	6.5	7.4	8.2	17.5	37.3	10.8	11	2.6	11.8	13.6	12.1	13.4
5	13.4	12.2	13.1	1.9	0	2.2	1.9	9.4	5.2	7	13.1	6.6	8.2	9.2	9.1	7.7	8.2	7	7.2	8	18	36.6	11.2	9.3	3	13	14.7	13.2	14.4
6	11.2	10	11	3.2	2.2	0	3.1	10.9	7.4	9.1	14.9	8.7	6.3	7.3	7.6	6.4	6.5	5.3	5	5.9	16.1	34.4	9.4	8.1	2	11.7	13.3	11.9	13.1
7	13.9	12.5	13.4	3.7	1.9	3.1	0	7.9	5.4	7.4	14.1	6.6	9.3	10.4	10.6	9.3	9.6	8.4	8	8.8	19.2	36.6	12.5	8.1	4.6	14.6	16.2	14.8	16
8	21.1	19.4	20.3	10.7	9.4	10.9	7.9	0	7.6	8.8	15.7	7.3	17.1	18.2	18.4	17.1	17.4	16.2	15.6	16.4	27	42.1	20.3	11.8	12.3	22.4	24.1	22.6	23.8
9	18.6	17.4	18.3	5	5.2	7.4	5.4	7.6	0	2	9.2	1.4	13	14	13.2	11.9	12.7	11.5	12.3	13.1	22.5	41.7	15.9	13.3	7.6	16.5	18.4	16.8	18.1
10	20.2	19.1	20	6.4	7	9.1	7.4	8.8	2	0	7.3	1.5	14.4	15.4	14.3	13	13.8	12.8	13.8	14.6	23.6	43.5	17.1	15.3	9.1	17.2	19.1	17.5	18.8
11	24.8	24.1	25	11.7	13.1	14.9	14.1	15.7	9.2	7.3	0	8.7	18.4	19.3	17.2	16.2	17.4	16.7	18.7	19.3	26	48.6	20.5	22.2	14	18.7	20.6	19	20.2
12	19.9	18.7	19.7	6.4	6.6	8.7	6.6	7.3	1.4	1.5	8.7	0	14.4	15.4	14.6	13.2	14	12.9	13.7	14.5	23.8	43.1	17.3	14.3	9	17.8	19.7	18	19.3
13	6.4	6.1	6.9	8	8.2	6.3	9.3	17.1	13	14.4	18.4	14.4	0	1.1	2.9	2.7	1.6	1.8	2.1	1.8	9.9	30.2	3.1	10.8	5.4	6.7	7.8	6.8	7.7
14	5.7	5.7	6.4	9	9.2	7.3	10.4	18.2	14	15.4	19.3	15.4	1.1	0	2.9	3.2	2	2.6	2.9	2.3	8.9	29.4	2.1	11.4	6.4	6.3	7.1	6.3	7.1
15	8.4	8.6	9.3	8.3	9.1	7.6	10.6	18.4	13.2	14.3	17.2	14.6	2.9	2.9	0	1.4	1.4	2.4	4.8	4.7	9.3	31.8	3.3	13.4	6.1	4.2	5.7	4.3	5.5
16	8.9	8.8	9.6	6.9	7.7	6.4	9.3	17.1	11.9	13	16.2	13.2	2.7	3.2	1.4	0	1.2	1.4	4.3	4.3	10.6	32.6	4.3	12.6	4.8	5.4	7	5.5	6.7
17	7.7	7.6	8.4	7.6	8.2	6.5	9.6	17.4	12.7	13.8	17.4	14	1.6	2	1.4	1.2	0	1.2	3.5	3.3	9.9	31.4	3.3	12	5.2	5.5	6.9	5.7	6.7
18	8.2	7.8	8.6	6.5	7	5.3	8.4	16.2	11.5	12.8	16.7	12.9	1.8	2.6	2.4	1.4	1.2	0	2.9	3.1	11	31.9	4.4	11.2	4	6.6	8	6.7	7.8
19	6.3	5.4	6.4	7.4	7.2	5	8	15.6	12.3	13.8	18.7	13.7	2.1	2.9	4.8	4.3	3.5	2.9	0	0.8	11.5	30	4.9	8.7	4.8	8.9	9.9	8.9	9.8
20	5.6	4.8	5.7	8.2	8	5.9	8.8	16.4	13.1	14.6	19.3	14.5	1.8	2.3	4.7	4.3	3.3	3.1	0.8	0	10.7	29.3	4.2	9.1	5.6	8.5	9.4	8.5	9.3
21	8.4	10.1	9.9	17.5	18	16.1	19.2	27	22.5	23.6	26	23.8	9.9	8.9	9.3	10.6	9.9	11	11.5	10.7	0	25.6	6.8	19	15.1	7.5	5.9	7.2	6.2
22	23.8	24.5	23.6	37.3	36.6	34.4	36.6	42.1	41.7	43.5	48.6	43.1	30.2	29.4	31.8	32.6	31.4	31.9	30	29.3	25.6	0	28.6	30.3	34.8	32.3	31.2	32.1	31.5
23	5.6	6.2	6.7	10.8	11.2	9.4	12.5	20.3	15.9	17.1	20.5	17.3	3.1	2.1	3.3	4.3	3.3	4.4	4.9	4.2	6.8	28.6	0	13.3	8.4	5.1	5.5	5	5.5
24	11.2	9.4	10	11	9.3	8.1	8.1	11.8	13.3	15.3	22.2	14.3	10.8	11.4	13.4	12.6	12	11.2	8.7	9.1	19	30.3	13.3	0	9.9	17.5	18.5	17.6	18.5
25	11.2	10.2	11.2	2.6	3	2	4.6	12.3	7.6	9.1	14	9	5.4	6.4	6.1	4.8	5.2	4	4.8	5.6	15.1	34.8	8.4	9.9	0	10.1	11.7	10.2	11.5
E1	10.5	11.3	11.8	11.8	13	11.7	14.6	22.4	16.5	17.2	18.7	17.8	6.7	6.3	4.2	5.4	5.5	6.6	8.9	8.5	7.5	32.3	5.1	17.5	10.1	0	1.9	0.3	1.6
E2	10.4	11.5	11.8	13.6	14.7	13.3	16.2	24.1	18.4	19.1	20.6	19.7	7.8	7.1	5.7	7	6.9	8	9.9	9.4	5.9	31.2	5.5	18.5	11.7	1.9	0	1.7	0.4
E3	10.4	11.3	11.7	12.1	13.2	11.9	14.8	22.6	16.8	17.5	19	18	6.8	6.3	4.3	5.5	5.7	6.7	8.9	8.5	7.2	32.1	5	17.6	10.2	0.3	1.7	0	1.3
0	10.5	11.6	11.9	13.4	14.4	13.1	16	23.8	18.1	18.8	20.2	19.3	7.7	7.1	5.5	6.7	6.7	7.8	9.8	9.3	6.2	31.5	5.5	18.5	11.5	1.6	0.4	1.3	0

Elaboración propia

3.2.1 Costo Actual del proceso central

Para el cálculo del costo actual del proceso central, primero se calculará las distancias recorridas por cada ruta o chofer. En la Tabla 7 se muestran las distancias en kilómetros recorridas por cada chofer.

Tabla 7: Distancias recorridas por ruta o chofer

Chofer	Km
Chofer 1	26.7
Chofer 2	58.5
Chofer 3	56.1
Chofer 4	30.5
Chofer 5	43.5
Chofer 6	65.7
Chofer 7	41.4
TOTAL	322.4

Elaboración propia

La secuencia se obtuvo del diagrama de flujo mostrado con anterioridad. Por ejemplo para el chofer 3, este sale del depósito central (punto 0) después se dirige a los mercados 9, 12, 10, 11, luego a la empresa E1, E3 y finalmente regresa al punto de origen. En la tabla 8 se muestran las distancias consideradas.

Tabla 8: Detalle de distancias recorridas por chofer

Costos Variables del ruteo actual de los camiones																													
D	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	E1	E2	E3	0
1	0.0	1.9	1.6	13.8	13.4	11.2	13.9	21.1	18.6	20.2	24.8	19.9	6.4	5.7	8.4	8.9	7.7	8.2	6.3	5.6	8.4	23.8	5.6	11.2	11.2	10.5	10.4	10.4	0.5
2	1.9	0.0	0.9	12.8	12.2	10.0	12.5	19.4	17.4	19.1	24.1	18.7	6.1	5.7	8.6	8.8	7.6	7.8	5.4	4.8	10.1	24.5	6.2	9.4	10.2	11.3	11.5	11.3	11.6
3	1.6	0.9	0.0	13.7	13.1	11.0	13.4	20.3	18.3	20.0	25.0	19.7	6.9	6.4	9.3	9.6	8.4	8.6	6.4	5.7	9.9	23.6	6.7	10.0	11.2	11.8	11.8	11.7	11.9
4	13.8	12.8	13.7	0.0	1.9	3.2	3.7	10.7	5.0	6.4	11.7	6.4	8.0	9.0	8.3	6.9	7.6	6.5	7.4	8.2	17.5	37.3	10.8	11.0	2.6	11.8	13.6	12.1	13.4
5	13.4	12.2	13.1	1.9	0.0	2.2	1.9	9.4	5.2	7.0	13.1	6.6	8.2	9.2	9.1	7.7	8.2	7.0	7.2	8.0	18.0	36.6	11.2	9.3	3.0	13.0	14.7	13.2	14.4
6	11.2	10.0	11.0	3.2	2.2	0.0	3.1	10.9	7.4	9.1	14.9	8.7	6.3	7.3	7.6	6.4	6.5	5.3	5.0	5.9	16.1	34.4	9.4	8.1	2.0	11.7	13.3	11.9	13.1
7	13.9	12.5	13.4	3.7	1.9	3.1	0.0	7.9	5.4	7.4	14.1	6.6	9.3	10.4	10.6	9.3	9.6	8.4	8.0	8.8	19.2	36.6	12.5	8.1	4.6	14.6	16.2	14.8	16.0
8	21.1	19.4	20.3	10.7	9.4	10.9	7.9	0.0	7.6	8.8	15.7	7.3	17.1	18.2	18.4	17.1	17.4	16.2	15.6	16.4	27.0	42.1	20.3	11.8	12.3	22.4	24.1	22.6	23.8
9	18.6	17.4	18.3	5.0	5.2	7.4	5.4	7.6	0.0	2.0	9.2	1.4	13.0	14.0	13.2	11.9	12.7	11.5	12.3	13.1	22.5	41.7	15.9	13.3	7.6	16.5	18.4	16.8	18.1
10	20.2	19.1	20.0	6.4	7.0	9.1	7.4	8.8	2.0	0.0	7.3	1.5	14.4	15.4	14.3	13.0	13.8	12.8	13.8	14.6	23.6	43.5	17.1	15.3	9.1	17.2	19.1	17.5	18.8
11	24.8	24.1	25.0	11.7	13.1	14.9	14.1	15.7	9.2	7.3	0.0	8.7	18.4	19.3	17.2	16.2	17.4	16.7	18.7	19.3	26.0	48.6	20.5	22.2	14.0	18.7	20.6	19.0	20.2
12	19.9	18.7	19.7	6.4	6.6	8.7	6.6	7.3	1.4	1.5	8.7	0.0	14.4	15.4	14.6	13.2	14.0	12.9	13.7	14.5	23.8	43.1	17.3	14.3	9.0	17.8	19.7	18.0	19.3
13	6.4	6.1	6.9	8.0	8.2	6.3	9.3	17.1	13.0	14.4	18.4	14.4	0.0	1.1	2.9	2.7	1.6	1.8	2.1	1.8	9.9	30.2	3.1	10.8	5.4	6.7	7.8	6.8	7.7
14	5.7	5.7	6.4	9.0	9.2	7.3	10.4	18.2	14.0	15.4	19.3	15.4	1.1	0.0	2.9	3.2	2.0	2.6	2.9	2.3	8.9	29.4	2.1	11.4	6.4	6.3	7.1	6.3	7.1
15	8.4	8.6	9.3	8.3	9.1	7.6	10.6	18.4	13.2	14.3	17.2	14.6	2.9	2.9	0.0	1.4	1.4	2.4	4.8	4.7	9.3	31.8	3.3	13.4	6.1	4.2	5.7	4.3	5.5
16	8.9	8.8	9.6	6.9	7.7	6.4	9.3	17.1	11.9	13.0	16.2	13.2	2.7	3.2	1.4	0.0	1.2	1.4	4.3	4.3	10.6	32.6	4.3	12.6	4.8	5.4	7.0	5.5	6.7
17	7.7	7.6	8.4	7.6	8.2	6.5	9.6	17.4	12.7	13.8	17.4	14.0	1.6	2.0	1.4	1.2	0.0	1.2	3.5	3.3	9.9	31.4	3.3	12.0	5.2	5.5	6.9	5.7	6.7
18	8.2	7.8	8.6	6.5	7.0	5.3	8.4	16.2	11.5	12.8	16.7	12.9	1.8	2.6	2.4	1.4	1.2	0.0	2.9	3.1	11.0	31.9	4.4	11.2	4.0	6.6	8.0	6.7	7.8
19	6.3	5.4	6.4	7.4	7.2	5.0	8.0	15.6	12.3	13.8	18.7	13.7	2.1	2.9	4.8	4.3	3.5	2.9	0.0	0.8	11.5	30.0	4.9	8.7	4.8	8.9	9.9	8.9	9.8
20	5.6	4.8	5.7	8.2	8.0	5.9	8.8	16.4	13.1	14.6	19.3	14.5	1.8	2.3	4.7	4.3	3.3	3.1	0.8	0.0	10.7	29.3	4.2	9.1	5.6	8.5	9.4	8.5	9.3
21	8.4	10.1	9.9	17.5	18.0	16.1	19.2	27.0	22.5	23.6	26.0	23.8	9.9	8.9	9.3	10.6	9.9	11.0	11.5	10.7	0.0	25.6	6.8	19.0	15.1	7.5	5.9	7.2	6.2
22	23.8	24.5	23.6	37.3	36.6	34.4	36.6	42.1	41.7	43.5	48.6	43.1	30.2	29.4	31.8	32.6	31.4	31.9	30.0	29.3	25.6	0.0	28.6	30.3	34.8	32.3	31.2	32.1	31.5
23	5.6	6.2	6.7	10.8	11.2	9.4	12.5	20.3	15.9	17.1	20.5	17.3	3.1	2.1	3.3	4.3	3.3	4.4	4.9	4.2	6.8	28.6	0.0	13.3	8.4	5.1	5.5	5.0	5.5
24	11.2	9.4	10.0	11.0	9.3	8.1	8.1	11.8	13.3	15.3	22.2	14.3	10.8	11.4	13.4	12.6	12.0	11.2	8.7	9.1	19.0	30.3	13.3	0.0	9.9	17.5	18.5	17.6	18.5
25	11.2	10.2	11.2	2.6	3.0	2.0	4.6	12.3	7.6	9.1	14.0	9.0	5.4	6.4	6.1	4.8	5.2	4.0	4.8	5.6	15.1	34.8	8.4	9.9	0.0	10.1	11.7	10.2	11.5
E1	10.5	11.3	11.8	11.8	13.0	11.7	14.6	22.4	16.5	17.2	18.7	17.8	6.7	6.3	4.2	5.4	5.5	6.6	8.9	8.5	7.5	32.3	5.1	17.5	10.1	0.0	1.9	0.3	1.6
E2	10.4	11.5	11.8	13.6	14.7	13.3	16.2	24.1	18.4	19.1	20.6	19.7	7.8	7.1	5.7	7.0	6.9	8.0	9.9	9.4	5.9	31.2	5.5	18.5	11.7	1.9	0.0	1.7	0.4
E3	10.4	11.3	11.7	12.1	13.2	11.9	14.8	22.6	16.8	17.5	19.0	18.0	6.8	6.3	4.3	5.5	5.7	6.7	8.9	8.5	7.2	32.1	5.0	17.6	10.2	0.3	1.7	0.0	1.3
0	10.5	11.6	11.9	13.4	14.4	13.1	16.0	23.8	18.1	18.8	20.2	19.3	7.7	7.1	5.5	6.7	6.7	7.8	9.8	9.3	6.2	31.5	5.5	18.5	11.5	1.6	0.4	1.3	0.0

Elaboración Propia

En la tabla 9 se muestra el costo diario de distribución. Este costo solo considera lo incurrido en combustible, no toma en consideración los jornales de los trabajadores ya que no se contempla en la mejora a proponer algún tipo de despido.

Tabla 9: Costo diario de distribución

Km recorridos	Precio del Galón de Gasolina	Rendimiento (km/gl)	Costo diario de distribución
322.4	16.5	35	S/151.99

Elaboración propia

3.2.2 Consideraciones adicionales

En la tabla 8 se puede apreciar una variabilidad significativa en las distancias recorridas de cada camión. En la figura 19 se muestra un gráfico de barras de las cantidades de kilómetros recorridos por ruta.

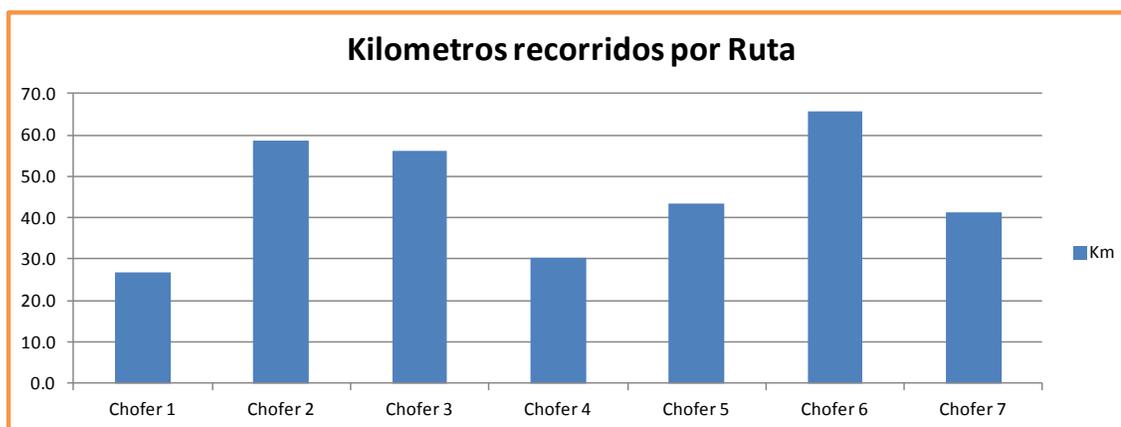


Figura 19: Gráfico de barras de las distancias recorridas

Elaboración propia

Para sustentar el hecho de afirmar una variabilidad significativa, se sabe que esta ocurre cuando el coeficiente de variación (desviación estándar entre la media) es mayor al 10 %. En la tabla 10 se muestran los cálculos que corroboran una variabilidad significativa entre las cantidades recorridas por ruta.

Tabla 10: Análisis de variabilidad de las distancias recorridas

Media	46.06
Varianza	183.78
Desviación Estándar	13.56
Coeficiente de variación	29.43%

Elaboración propia

Esta variabilidad es uno de los factores importantes por los que **algunas rutas terminan más temprano que otras.**

En la tabla 4 mostrada con anterioridad se muestra en resumen las características de los camiones con los que cuenta la empresa y la cantidad de carga recolectada por ruta diferenciada entre pluma de pollo y pescado. Esta última diferenciación es importante ya que en el proceso de entrega, la única empresa que recibe pescado es

la empresa 3 y es a la cual todos los camiones se dirigen para finalmente regresar al depósito. Para efectos del análisis se puede observar que **algunos camiones exceden su capacidad de carga** (Chofer 4, 6 y 7), lo cual trae como consecuencia un desgaste adicional en los vehículos. Los mantenimientos se vuelven más frecuentes incrementado los costos de la empresa y la probabilidad de no cumplir con los clientes. Además esta situación hace que no sea posible una planificación del mantenimiento ya que debido a que el camión no es cuidado como es debido, no se puede predecir cuándo el vehículo necesita un ajuste.

Es importante buscar rutas que persigan lo siguiente:

- Reducir la cantidad de kilómetros totales recorridos.
- Respetar las restricciones de capacidad de cada camión de tal forma que se preserve la integridad de los mismos.
- Balancear los kilómetros recorridos por ruta.

Como información adicional se muestra en la Tabla 11 la variación entre los jornales de los estibadores y choferes por ruta.

Tabla 11: Jornales

Jornales	Chofer	Estibador	N° de estibadores
Ruta 1	70	33	5
Ruta 2	55	30	5
Ruta 3	55	30	3
Ruta 4	55	28	4
Ruta 5	65	33	3
Ruta 6	65	33	4
Ruta 7	55	28	3

Elaboración propia

La cantidad variable de estibadores obedece a la diferencia de la capacidad de cada camión asignado por ruta. El número de estibadores es asignado según la experiencia de las actividades.

3.3 Análisis de las actividades del Administrador

El administrador es el encargado de verificar que cada camión cuente con las personas asignadas y en caso falte alguien, él puede gestionar la reposición por ese día. En este proceso de verificación el administrador ya consignó la asistencia del personal, sin

embargo, actualmente, los choferes se comunican con el área de Contabilidad & Finanzas para confirmar la asistencia. Esto último representa una duplicación de actividades. El administrador al verificar el personal de alguna forma ha confirmado la asistencia. Como se mencionó, en la comunicación telefónica de los choferes con el área de Contabilidad & Finanzas, a veces se dificulta la transmisión de información, en cambio si se tuviese un registro sería más fácil llevar la asistencia.

Por otro lado, es necesario que defina un proceso de asignación de responsabilidades de los implementos de trabajo para reducir y/o evitar, por ejemplo, la pérdida de tachos. En la tabla 12 se muestra las características de los diferentes tipos de tachos usados como contenedores de los residuos transportados.

Tabla 12: Tipos de Tachos

Tacho	Precio en el mercado	Capacidad (Kg)
Tipo 1	S/. 40.00	100
Tipo 2	S/. 50.00	150
Tipo 3	S/. 60.00	200

Elaboración propia

En la tabla 13 se describen las cantidades de tachos o cilindros en total asignados por ruta o camión.

Tabla 13: Cantidad de tachos por ruta o camión

Chofer	Código de camión	Cantidad de Tachos	Vida útil (días)
Chofer 1	B3L_840	70	45
Chofer 2	A4Z_802	54	45
Chofer 3	B5L_764	64	45
Chofer 4	C3X_775	54	45
Chofer 5	D2S_911	37	45
Chofer 6	C3Z_704	54	45
Chofer 7	C3Y_797	50	45

Elaboración propia

La vida útil de los tachos o cilindros es de aproximadamente 45 días (información proporcionada por la empresa). Las reposiciones, según el administrador, se da según la siguiente frecuencia: 3 o 4 tachos por semana. Por otro lado, respecto de las

pérdidas mencionadas, éstas se dan en una frecuencia **de 4 tachos o cilindros del tipo 3 por mes.**

Además, no cuenta con un registro que le permita hacer seguimiento del estado de los diferentes implementos de trabajo. Con este registro podría determinar la cantidad disponible por tipo, verificar la necesidad de compra, registrar las compras y dar de baja a algunos implementos. Por último, su inspección visual actual será importante para corroborar lo que se tiene con lo registrado.

3.4 Análisis de las actividades de Contabilidad & Finanzas

Se identifica la posibilidad de mejorar el procesamiento de los datos. Primero, el Excel donde se registran las asistencias y los almuerzos pueden ser automatizados con lenguaje Visual Basic para que permita lo siguiente: la emisión de boletas semanales, conocer el estado de cada trabajador (un reporte de los días trabajados, almuerzos subvencionados y el pago a efectuar) y la consignación del estado como semana por cancelar o semana pagada. Todo ello con el objeto de tener un control más adecuado.

También con el mismo lenguaje de programación, implementar una macro que permita calcular los pagos que las empresas productoras deben realizar en favor de Logística Callao (importe para la elaboración de facturas) y la emisión de reportes donde se pueda observar los niveles de producción totales, por empresa y por mercado.

3.5 Análisis de las actividades de la Gerencia General

Se hace necesario un cambio de mentalidad. Se debe cultivar una cultura de prevención y planificación. Todo ello con el objeto de que sea posible definir un perfil estratégico para la empresa donde se establezca la misión, visión, objetivos y políticas que estructuren las acciones de la organización. Por otro lado, hace falta la definición de una estrategia para la gestión con los proveedores y empezar la homologación de los mismos para tener un seguimiento de las transacciones realizadas con ellos. Por último, hace falta una concientización sobre el impacto de las actividades de la empresa con el medio ambiente y la creación de un compromiso con el desarrollo sostenible.

3.6 Lista de problemas

Se dice que hay un problema cuando la situación actual difiere con lo planificado. En el caso de la empresa Logística del Callao E.I.R.L. no hay un objetivo claro que les permita visualizar los problemas actuales. Como se mencionó ellos trabajan para el día a día. Para efectos de este trabajo, antes de listar los problemas, primero tenemos que definir el objetivo macro que se desea alcanzar.

El objetivo general aplicable a esta empresa es **lograr una mejora integral en todos sus procesos que incluya orden, calidad, seguridad, ambiente, responsabilidad social y un enfoque de prevención para las actividades.**

Luego de presentar el análisis de las actividades de la empresa podemos listar los siguientes problemas generales. Los problemas generales identificados se muestran en la tabla 14.

Tabla 14: Problemas generales en Logística del Callao E.I.R.L.

PROBLEMAS GENERALES
La mentalidad actual - enfoque en el presente
Falta de direccionamiento estratégico y el establecimiento de políticas y objetivos
Falta de conciencia ambiental
Falta de la normalización de las funciones - Ausencia de un MOF
Falta de un enfoque de mejora continua en los procesos
Falta de una política de manejo con los proveedores

Elaboración propia

El primer problema influye significativamente en el hecho de que la empresa no cuente con un direccionamiento estratégico, políticas y objetivos definidos. Por ello es que no ven claramente los problemas, porque aún no definen hacia dónde se dirigen. Cada uno de estos problemas se evidencia durante las operaciones de la empresa. En la siguiente sección se identificarán las causas de los efectos de estos problemas generales.

3.7 Relación Causa-Efecto

Luego del análisis presentado líneas arriba podemos listar los efectos de los problemas generales de la empresa en estudio. En la tabla 15, a continuación se muestra un listado de los efectos de los problemas.

Tabla 15: Efectos de los problemas generales

EFFECTOS
Multas por incumplimiento con la normativa ambiental
Pérdida de implementos de trabajo
Posible pérdida de mercados (proveedores)
Desgaste de los vehículos, mantenimientos y reparaciones no periódicas
Duplicación de actividades en el proceso de registro de asistencia
Dificultad en la emisión de reportes de desempeño

Elaboración propia

Cada uno de estos impacta en costos para le empresa.

A continuación se cuantificará el impacto de cada uno de estos efectos según 4 variables. El objetivo de este análisis es seleccionar a los efectos más importantes para identificar sus causas. Las variables para el análisis son el impacto en los costos, la frecuencia en la que se presenta, la dificultad de corrección y el valor estratégico, el cual hace referencia a que si el efecto se elimina qué tanto beneficiará a la empresa (estos beneficios son evaluados cualitativamente). En la tabla 16 se presentan los resultados del análisis.

Tabla 16: Cuantificación del impacto de los efectos

EFFECTOS	Impacto en el costo	Frecuencia	Dificultad de corrección	Valor estratégico	PUNTAJE
	30%	20%	20%	30%	
Multas por incumplimiento con la normativa ambiental	3	1	4	4	3.1
Pérdida de implementos de trabajo	3	2	4	4	3.3
Posible pérdida de mercados (proveedores)	3	1	2	4	2.7
Desgaste de los vehículos, mantenimientos y reparaciones no periódicas	3	3	4	5	3.8
Duplicación de actividades en el proceso de registro de asistencia	1	5	2	3	2.6
Dificultad en la emisión de reportes de desempeño	1	5	2	3	2.6

Elaboración propia

El criterio para la valoración es asignar un valor a cada una de las variables dependiendo del efecto. La escala es del 1 al 5, donde a más puntaje el impacto de la variable es mayor. En el caso de la variable dificultad de corrección, a mayor impacto de esta menor será el puntaje, ya que el criterio es elegir aquel efecto que se pueda enfrentar con cierta facilidad.

Las tablas 17 y 18 muestran una descripción de las variables cuantitativas, las otras son variables cualitativas que se basan en el criterio y/o experiencia del consultor.

Tabla 17: Escalas de frecuencia

Frecuencia	Puntaje
Una vez cada seis meses	1
Una vez al mes	2
Una vez a la semana	3
Una vez cada 3 días	4
Diaria	5

Elaboración propia

Tabla 18: Escala de impacto del costo

Impacto en el costo	Puntaje
No se percibe	1
Menor a S/. 100	2
Entre S/. 100 y S/. 1000	3
Entre S/. 1000 y S/10000	4
Más de S/. 10000	5

Elaboración propia

Los efectos prioritarios luego de este análisis son los siguientes:

- Desgaste de los vehículos, mantenimientos y reparaciones no periódicas
- Pérdida de implementos de trabajo
- Multas por incumplimiento con la normativa ambiental

Las causas de cada uno de estos se identificarán por medio de un diagrama de espina de pescado.

Para el efecto de mayor puntaje, desgaste de los vehículos, mantenimientos y reparaciones no periódicas, en la figura 20 se muestra el diagrama de causa y efecto respectivo.

La causa resaltante de este efecto es la **falta de conocimiento de las herramientas de ruteo de vehículos**, ya que al desconocerlas no les ha sido posible planificar sus rutas en base a criterios como la reducción de distancias y las restricciones de capacidad de carga (líneas arriba se mencionó que algunos camiones en ocasiones excedían su capacidad).

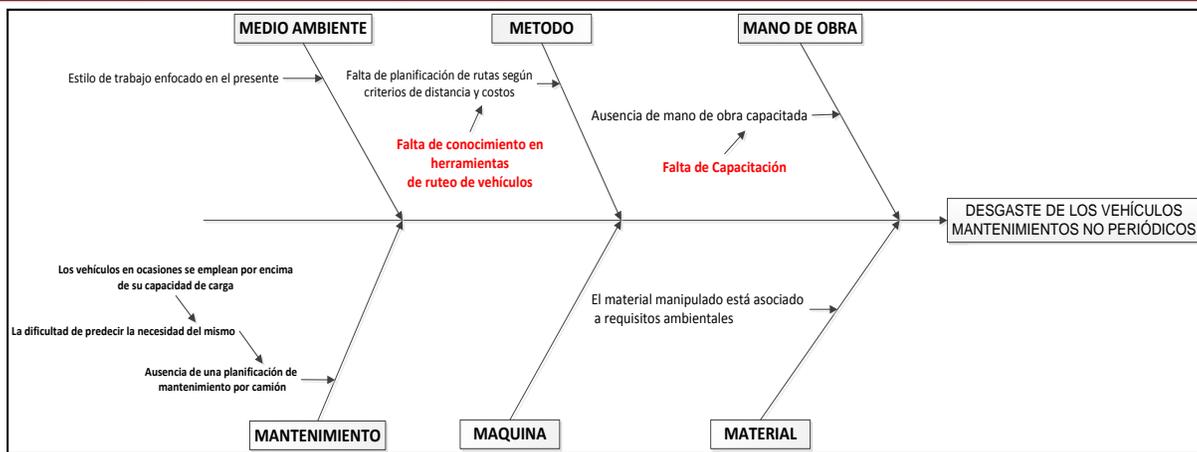


Figura 20: Análisis de causa-efecto del desgaste de los vehículos

Elaboración propia

Otro efecto importante es la pérdida de implementos de trabajo. Como se indicó, los tachos son los que se extravían con una frecuencia de 2 por mes. La **ausencia de controles y de asignación de responsabilidades** son factores que influyen para que esta situación ocurra en esa frecuencia. La espina de pescado para este efecto se esquematiza en la figura 21.

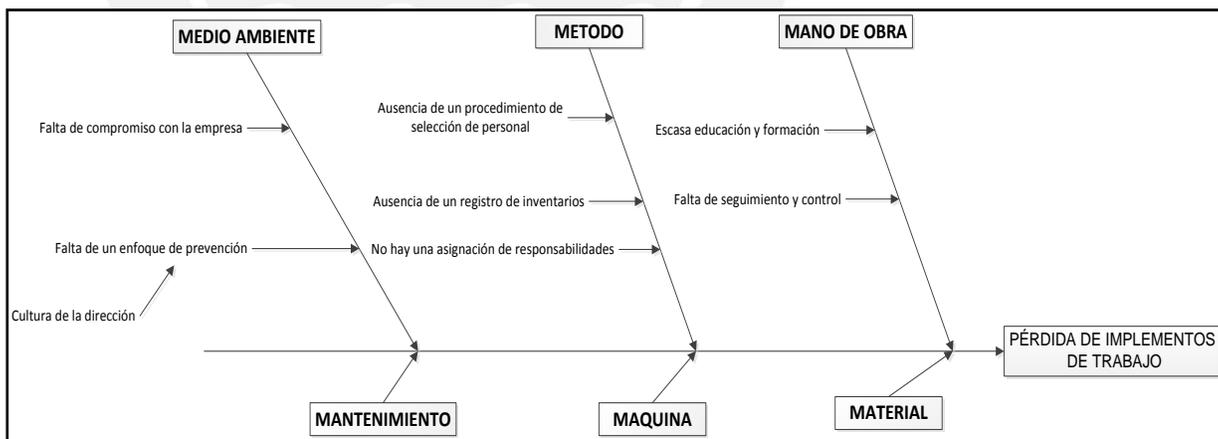


Figura 21: Análisis de causa de la pérdida de implementos de trabajo

Elaboración propia

En el caso de las multas, luego del análisis de las causas, se llegó a que la razón por la que la empresa incurrió en estas faltas es por la **ausencia de una conciencia**

ambiental y la falta de procedimientos y controles adecuados. Es decir, la empresa necesita implementar algo que supere ambas causas. En la figura 22 se observa el análisis de causas para el efecto de las multas ambientales.

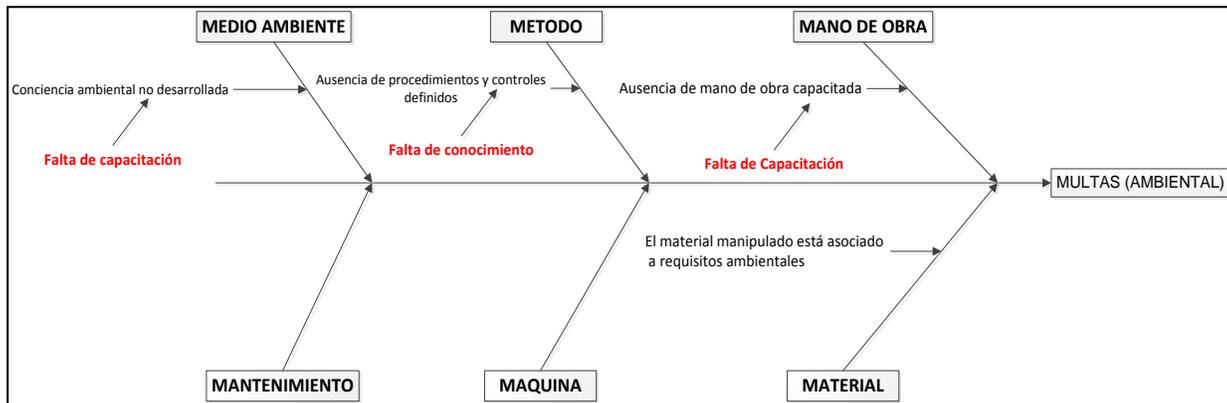


Figura 22: Análisis de causas de las multas ambientales

Elaboración propia

3.8 Oportunidades de Mejora

Cada una de las causas identificadas representa un campo de acción para la mejora. Las acciones correctivas a implementar tienen como objetivo eliminar las causas de una conformidad, en este caso las no conformidades son los efectos de los problemas encontrados en la empresa en estudio.

En la figura 23 se muestra una estructura para alcanzar el objetivo macro mencionado. La primera parte, que corresponde al direccionamiento estratégico, será desarrollada de forma muy general. Los recuadros sombreados representan las partes que serán descritas a detalle en este trabajo. Los otros no serán desarrollados ya que no son parte del alcance de esta tesis, sin embargo son partes importantes para alcanzar a cabalidad el objetivo macro de mejoramiento integral de la empresa.

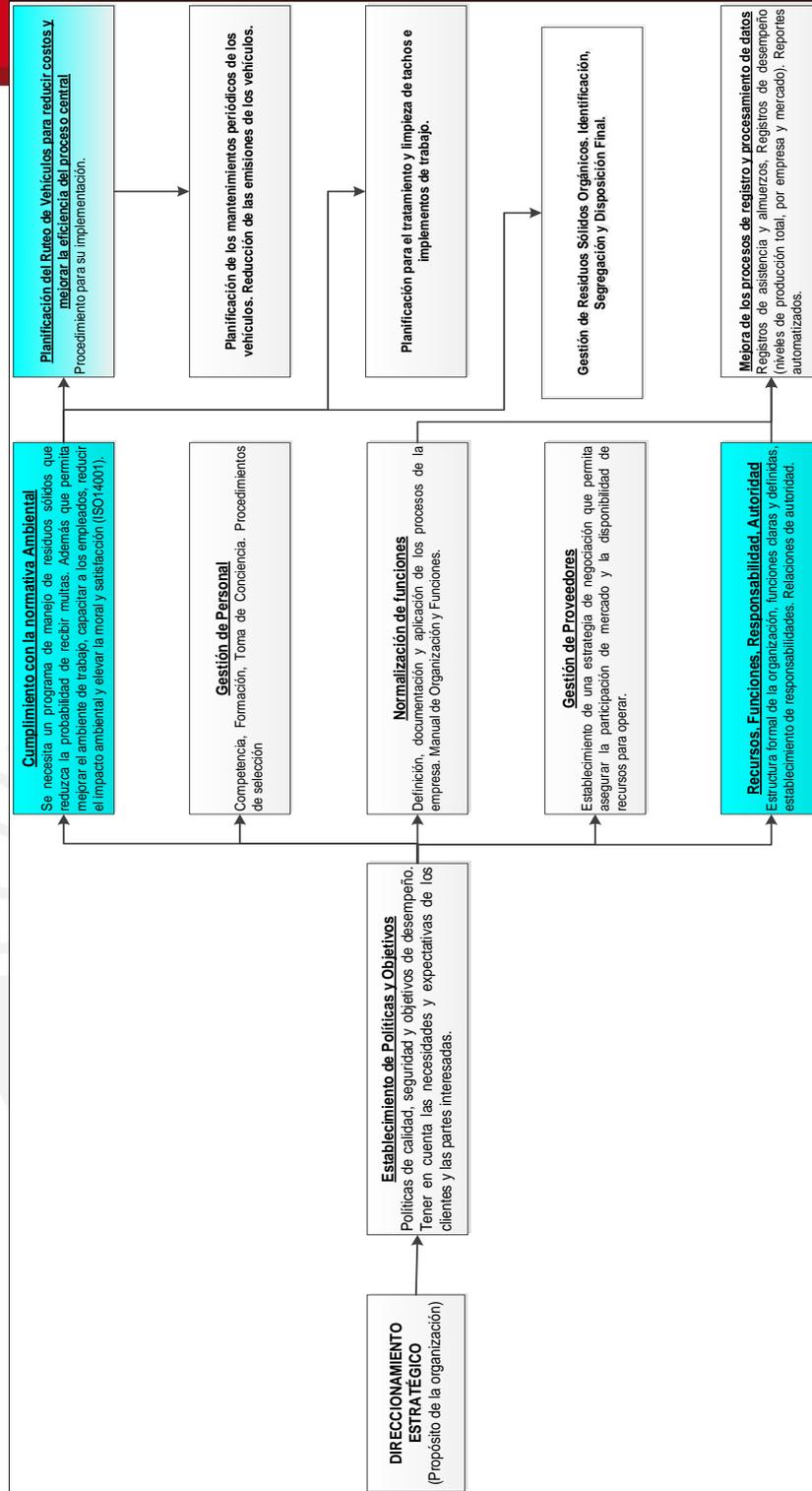


Figura 23: Esquema para la mejora integral de la empresa en estudio

Elaboración propia

CAPÍTULO 4: PROPUESTAS DE MEJORA

En este capítulo se desarrollarán las propuestas de mejora las cuales tienen como objetivo eliminar las causas de las no conformidades presentadas en el capítulo anterior. Primero se plantearán lineamientos para la implementación de un sistema de gestión ambiental según la ISO 14001 para mejorar el desempeño ambiental y concientizar a la dirección sobre el impacto de sus actividades. Luego se planteará una planificación para el ruteo de vehículos que permita reducir distancias, costos y respetar las restricciones de capacidad. Finalmente se propondrá una estructura organizacional que soporte las propuestas de mejora.

4.1 Lineamientos para la implementación de un Sistema de Gestión Ambiental

Los lineamientos proporcionados en esta parte tienen como objetivo servir de guía para la implementación de un sistema de gestión ambiental que le permita a la empresa prevenir la contaminación, mejorar continuamente y cumplir con los requisitos legales. Primero, se describirá la primera fase para la implementación de un sistema de gestión ambiental, el **diagnóstico ambiental inicial**, el cual es la línea de base y nos indica cómo está la empresa en su desempeño ambiental actual. Luego se propondrá un programa de implementación basado en la empresa para finalmente evaluar de forma cualitativa y cuantitativa los beneficios de este sistema.

4.1.1 Diagnóstico Ambiental Inicial

En el anexo 7 se muestra un esquema para la elaboración del Diagnóstico Ambiental Inicial. Como puede observarse una etapa fundamental es la **identificación de requisitos legales del sector**. A continuación se muestra un listado de las diferentes normativas que regulan la gestión ambiental en el Perú, relacionadas al giro de negocio de Logística Callao E.I.R.L :

- Ley General del Ambiente – Ley N° 28611
- Ley General de Manejo de Residuos Sólidos – Ley N° 27314
- Reglamento de la Ley General de Residuos Sólidos – D.S. 057-2004-PCM
- Ley para la Regulación de Transporte de Residuos Peligrosos – Ley 28256
- Ley N° 26821 Ley orgánica de Aprovechamiento Sostenible de los Recursos Naturales

- Ley General de residuos Sólidos, D.S 055-2010 EM Codificación de colores y NTP 900.058-2005
- D.S. N°074-2001-PCM. Reglamento de Estándar Nacional de calidad ambiental para aire.
- D.S. N°003-2008-MINAM. Aprueban estándares de Calidad Ambiental para Aire

Luego de esta identificación de la base legal que regula las actividades de la empresa sigue un **mapeo de procesos** donde por unidad de proceso se identifiquen los elementos de entrada y salida (**inputs y outputs**).

En la figura 24 se muestra un mapeo del proceso central de la empresa.



Figura 24: Mapa del proceso central de Logística Callao E.I.R.L.
Elaboración propia

Dentro de cada proceso se tienen actividades interdependientes o que interactúan para transformar los inputs en outputs. La identificación de estos elementos de entrada y salida se hará mediante una matriz de identificación y evaluación de aspectos ambientales.

En el anexo 17 se muestra el procedimiento aplicado a la organización para la identificación, pre-selección y evaluación de significancia de los diferentes aspectos ambientales.

En la siguiente sección se brindan lineamientos para la implementación de la ISO 14001 en logística Callao E.I.R.L.

4.1.2 Implementación de la ISO 14001 en la organización

Para implementar un adecuado sistema de gestión ambiental se tiene que lograr primero el compromiso de la alta dirección, ya que son ellos los que transmitirán los nuevos valores en la compañía.

Una vez conseguido ello se procede a realizar una capacitación general en toda la empresa o en donde el sistema de gestión ambiental se piensa tendrá su alcance.

En el anexo 8 se muestra un ejemplo de un programa de implementación, este será tomado como base para aplicarlo en la empresa en estudio.

4.1.2.1 Panorama del Sistema de Gestión Ambiental

El panorama está constituido básicamente de una inducción general a todos los participantes del sistema de gestión ambiental. Los participantes son los obreros, empleados, personal directivo y proveedores. Esta inducción, como se señaló en el marco teórico, puede estar constituida por los siguientes tres puntos generales mostrados en la siguiente tabla.

Tabla 19. Detalle de inducción general

MODULO	DESCRIPCIÓN	OBJETIVO	DIRIGIDO A
CONCEPTOS AMBIENTALES	Comprende la exposición de términos como cambio climático, contaminación ambiental, fuentes de contaminación, tratados internacionales, etc.	Adquirir conceptos básicos relacionado al ambiente y empezar a crear conciencia de la consecuencia de las malas prácticas ambientales.	Todo el personal involucrado y proveedores
SISTEMAS DE GESTIÓN AMBIENTAL ISO 14001 - INTERPRETACIÓN DE REQUISITOS	Interpretación de los requisitos generales de la norma internacional ISO 14001 y presentación de sus beneficios	Conocer los requisitos de la norma internacional e involucrar a las personas para su adquisición, mantenimiento y mejora	Todo el personal involucrado y proveedores
FORMACIÓN DE AUDITORES INTERNOS	Exposición de los objetivos de auditoría interna, procedimientos para su ejecución, interpretación y presentación de resultados	Formar auditores internos para que la propia organización pueda determinar si el sistema de gestión está implementado correctamente	Personal clave

Elaboración propia

La duración de cada módulo es variable dependiendo de la persona encargada para la inducción así como de los requisitos mínimos de esta. Estos módulos pueden ser impartidos cada semana o en semanas, coordinando con el personal y proveedores, según su disponibilidad de tiempo. La persona encargada de la inducción debe tener experiencia en la implementación de sistemas de gestión ambiental según la ISO 14001 y tener el entrenamiento apropiado en instituciones reconocidas.

Para el último módulo se requiere que un auditor certificado imparta la ponencia, pero también es posible que este personal clave forme parte de un curso específico para ello, las consideraciones de costo será el elemento clave para decidir cómo se logrará el objetivo en este módulo.

4.1.2.2 Diagnóstico Ambiental Inicial

En el punto 5.1.1 el diagnóstico ambiental inicial o revisión ambiental inicial, tal como se indica en el anexo de la norma ISO 14001, ha sido desarrollado identificándose lo siguiente: requisitos legales del sector, procesos de la empresa, elementos de entrada y salida y aspectos ambientales significativos.

Por otro lado, en la parte de gestión, no se observa que la empresa cuente con procedimientos, normas, políticas, tanto internas como con sus proveedores.

Luego de esta línea de base, la empresa ya está preparada para definir el alcance de su sistema de gestión ambiental, es decir, los límites en los cuales este será establecido, documentado, implementado, mantenido y mejorado continuamente.

4.1.2.3 Alcance del Sistema de Gestión Ambiental

En el caso de Logística Callao E.I.R.L. se puede tener lo siguiente como definición de su alcance:

El alcance del sistema de gestión ambiental para Logística Callao comprende todas las actividades, productos y servicios desarrollados en el depósito central ubicado en el Callao. Este depósito central es un predio de 1000 m² ubicado cerca al mar, con infraestructura de 300 m² construidos que sirve de unidad administrativa y de centro de aseo para los estibadores y choferes. El detalle del proceso central en Logística Callao se muestra en la figura 24 y las actividades asociadas así como las entradas, productos y salidas se muestran en el anexo 17.

Además la oficina central que se encuentra ubicada en el distrito de Puente Piedra forma parte del alcance del Sistema de Gestión Ambiental. Esta oficina es un inmueble de 200 m² construidos que incluye el área administrativa. Consta de equipos de cómputo, muebles y servicios higiénicos. Las actividades que allí se ejecutan son de índole administrativa como el uso de equipos de cómputo, el consumo de papel, el empleo de equipos de cocina como microondas, cooler y la utilización de servicios higiénicos.

Dentro de este alcance se va a establecer, documentar, implementar, mantener y mejorar continuamente el sistema de gestión ambiental según la norma internacional ISO 14001.

4.1.2.4 Política Ambiental para Logística Callao E.I.R.L.

LOGISTICA CALLAO E.I.R.L.

POLITICA AMBIENTAL

Logística Callao es una empresa líder dedicada a la recolección y distribución de residuos sólidos orgánicos, los cuales son importantes como insumos para la producción de alimentos balanceados. Parte importante de nuestras actividades es el transporte y manejo de residuos, por ello consideramos que la implementación de buenas prácticas ambientales es vital para el beneficio de la empresa, de la comunidad y del medio ambiente. La alta dirección está convencida de que sus operaciones deben contribuir con el desarrollo sostenible, por ello Logística Callao se compromete a lo siguiente:

1. Cumplir con los requisitos legales de manejo de residuos y contaminación ambiental.
2. Planificar sus rutas para reducir distancias y disminuir la emisión de gases de efecto invernadero.
3. Llevar a cabo el mantenimiento preventivo y correctivo de sus unidades.
4. Implementar un sistema de gestión de residuos sólidos.
5. Capacitar a sus trabajadores en gestión ambiental.
6. Respetar a la comunidad por medio de la implementación de buenas prácticas para disminuir la emisión de partículas olorosas.
7. Prevenir la contaminación y mejorar continuamente.

La alta dirección es consciente de los impactos de sus actividades, por ello esta política ambiental tiene como objetivo general servir de guía para que toda la organización contribuya con la mejora en el desempeño ambiental.

GERENCIA GENERAL

4.1.2.5 Manejo de aspectos ambientales significativos

Los aspectos ambientales significativos identificados en la empresa, se pueden observar en la tabla a continuación.

Tabla 20. Lista de Aspectos Ambientales Significativos

Proceso	Aspecto Ambiental SIGNIFICATIVO
SALIDA DE CAMIONES	Generación de residuos sólidos
TRANSPORTE	Consumo de combustible
	Emisiones de CO ₂
	Emisiones de olores
RECOLECCIÓN	Generación de residuos sólidos
	Emisiones de olores
DISTRIBUCIÓN Y ENTREGA	Generación de residuos sólidos
	Emisiones de CO ₂
	Emisión de olores
DISPOSICIÓN FINAL	Emisiones de CO ₂
	Potencial disposición de residuos sólidos orgánicos en el mar

Elaboración propia

En la norma ISO 14001 se detalla que para la implementación del sistema se debe tomar en cuenta los aspectos ambientales significativos. Esta importancia radica en que este sistema debe controlar a estos aspectos. La forma de controlarlos se detalló en el marco teórico donde se señala que por medio de controles operacionales, la definición de objetivos, metas y programas y la respuesta ante emergencias (hechos potenciales) los aspectos pueden estar bajo control.

En el anexo 18 se tiene un desarrollo de los objetivos, metas y programas aplicables para el caso de Logística Callao E.I.R.L.

4.1.2.6 Documentación del Sistema de Gestión Ambiental

En el punto Documentación de la norma ISO 14001 se identifica la documentación básica de un sistema de gestión ambiental, la cual es la siguiente:

- La política ambiental, objetivos y metas.
- La descripción del alcance.
- La descripción de las partes del sistema y su interacción.
- La documentación exigida por la norma, incluido los registros.
- La documentación necesaria para su funcionamiento según la organización.

Para el caso de aplicación ya se tiene la política, los objetivos y metas ambientales y la descripción del alcance. La descripción de las partes del sistema es un diagrama donde se muestran las diferentes partes, la interacción del mismo y su importancia para la consecución de los objetivos. En la siguiente imagen se muestra una descripción para el caso de Logística Callao E.I.R.L.

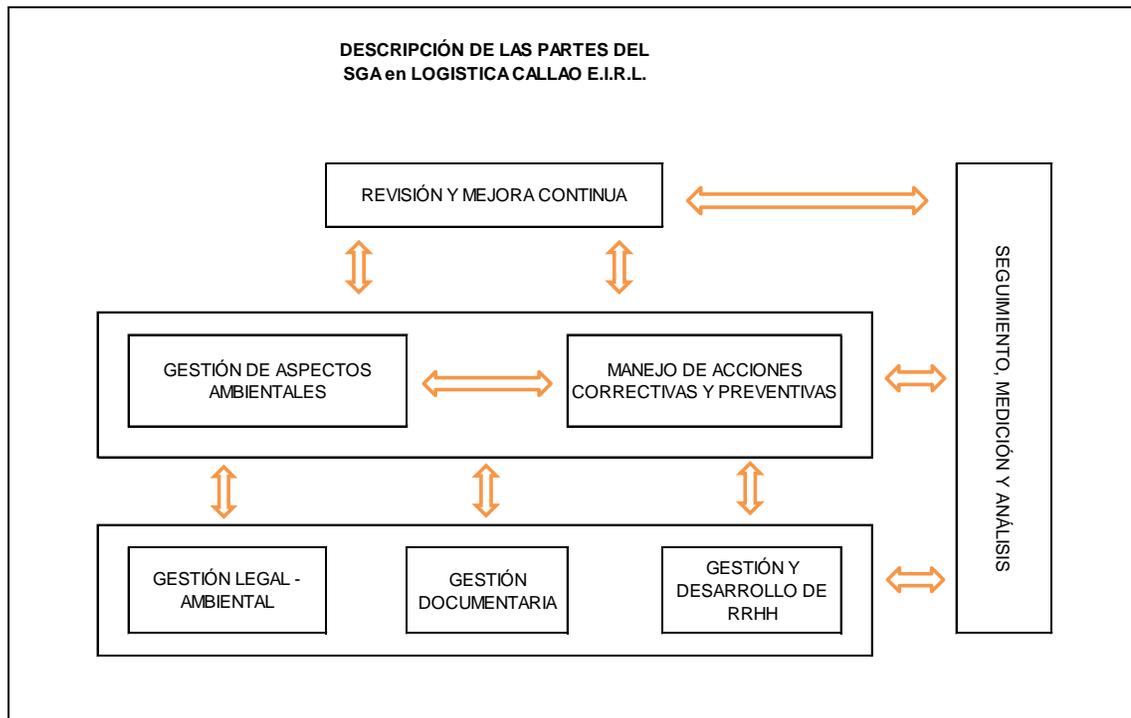


Figura 25: Diagrama de las partes del SGA para Logística Callao E.I.R.L.

Elaboración propia

Los procesos claves del SGA lo constituyen la gestión de aspectos ambientales y el manejo de acciones correctivas y preventivas. La gestión de los aspectos ambientales comprende desde la identificación, valuación, control y manejo de las acciones pertinentes para mejorar los resultados del desempeño. Para ello se debe contar con una supervisión adecuada que mida, registre y analice el desempeño, por ejemplo en términos de residuos sólidos generados por semana o mes, cargas transportadas por mercado y verificar el cumplimiento de la planificación de rutas por camión.

Entre las no conformidades que se podrían encontrar en la empresa se tiene una mala disposición de residuos sólidos orgánicos (carga que no fue entregada), la cual, por antecedentes de la empresa se tuvo una multa por parte de la municipalidad del Callao. Estas multas como se detalló en la parte de la descripción de la empresa han sido frecuentes, por ello una de las motivaciones de la presentación de estos

lineamientos es asegurar el cumplimiento legal ambiental. También, otro incumplimiento es que no se respete la planificación de rutas ya establecida. Luego de la aplicación de algoritmos se ha llegado a buenas soluciones que reducen la distancia recorrida, cumple con las restricciones de capacidad de cada camión y se obtienen a bajo costo.

En la siguiente figura se muestra un flujograma para el tratamiento de las no conformidades reales.

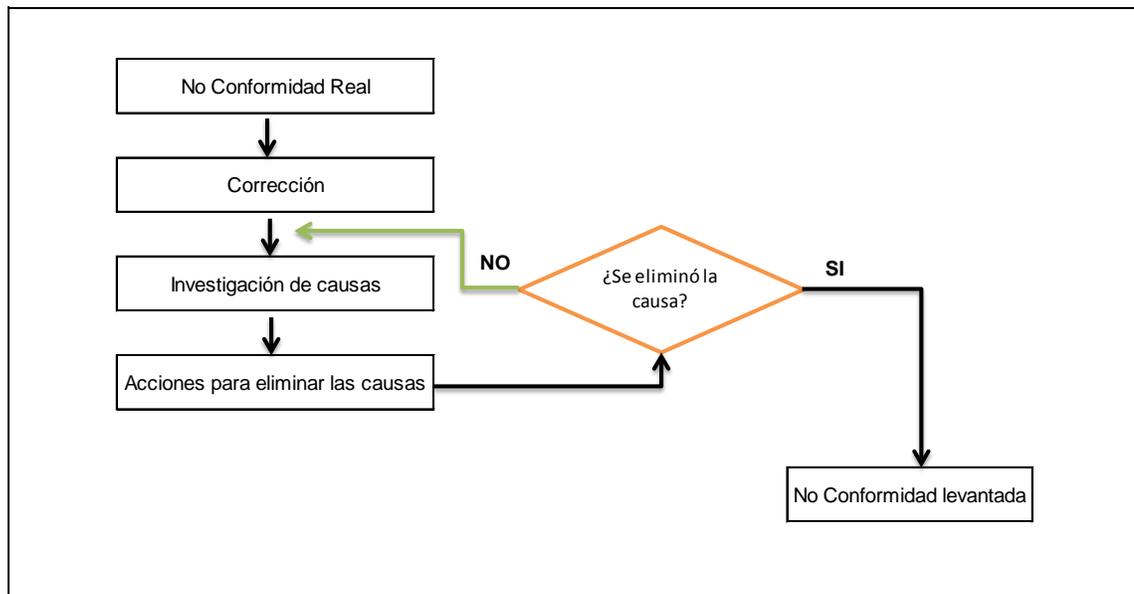


Figura 26: Tratamiento de las no conformidades reales

Fuente: Instituto para la Calidad

En el anexo 19 se presenta un ejemplo hipotético para el caso de la empresa en estudio.

La documentación exigida por la norma es el conjunto de procedimientos obligatorios que la organización debe establecer, documentar e implementar y mantener. Cada uno de estos se encuentran especificados en la ISO 14001, en el anexo 12 se detallan los principales procedimientos exigidos por la norma. Un ejemplo de ellos se tiene en el anexo 11.

Adicionalmente, es una práctica recomendada contar con un manual de gestión ambiental que compendie cada uno de los requisitos documentarios, en el anexo 10 se lista el conjunto de partes que debe tener este manual.

4.1.2.7 Administración de los registros ambientales

Un registro es un tipo de documento en el cual se tiene evidencia del funcionamiento del sistema de gestión ambiental. La correcta administración de los registros es aquella en la que estos se mantienen organizados, actualizados, legibles y fáciles de emplear para la elaboración de estadísticas e informes.

Entro los registros ambientales tenemos los siguientes:

- Registro de aspectos e impactos ambientales significativos y su posterior actualización de la significancia de estos.
- Registro de los requisitos legales del sector asociados a su respectivo aspecto ambiental.
- Registro de los objetivos, metas y programas ambientales, y su estado de avance.
- Registro de las capacitaciones impartidas, las cuales se evidencian con las listas de asistentes y las notas de las evaluaciones impartidas.
- Registro de los documentos vigentes, por medio de una diferencia entre aquellos que son copia controlada y no controlada.
- Registro de emergencias y/o accidentes ambientales suscitados, especificando las posibles causas, consecuencias, acciones tomadas, las personas involucradas y los posibles responsables.
- Registro de la medición de frecuencia mensual o diaria de los diferentes aspectos ambientales.
- Registro de no conformidades con las acciones correctivas y preventivas empleadas, detallando la fecha, lugar y condiciones de su ocurrencia.
- Registro de las auditorías internas realizadas y anexos de los resultados de estas.
- Registro de las revisiones de la dirección donde se incluya sus decisiones de alto nivel que contribuyen con la mejora continua del sistema.

El formato para los registros es de libre preferencia, la norma no especifica un formato obligatorio, sin embargo cada registro debe ser evidencia del cumplimiento de los requisitos de la norma.

En el anexo 20 se muestran formatos para el registro de los resultados del sistema de gestión ambiental en Logística Callao E.I.R.L.

4.1.2.8 Estructura Organizacional

En la sección 5.3.2 se describirá la estructura organizacional que sostendrá las mejoras propuestas, que incluyen tanto el sistema de gestión ambiental como la planificación de rutas.

4.1.3 Evaluación cualitativa de la propuesta de implementación

La implementación de un sistema de gestión ambiental en Logística Callao tendrá una serie de beneficios, entre los cuales se pueden mencionar los siguientes:

- Incremento de la eficiencia de su proceso central.

Con la planificación de las rutas basado en la capacidad de los camiones, data de las cantidades transportadas y la localización de los centros de acopio, se obtuvo una reducción de la distancia recorrida con lo cual se logra reducir las emisiones al aire, respetar la capacidad de los camiones y disminuir el tiempo de trabajo.

- Aseguramiento del cumplimiento legal.

Con la identificación de los requisitos legales del sector y la asociación de estos con los aspectos ambientales, la empresa es consciente de las regulaciones existentes y reconoce su obligación de cumplir con estas.

- Definición de las funciones y responsabilidades de cada trabajador.

Ahora este punto es definido no solo en lo que respecta al sistema de gestión ambiental sino también en relación con la empresa. La importancia de esto radica en que ahora se puede reconocer a los responsables de las posibles faltas cometidas (pérdida de equipos, materiales y combustible), por otro lado introduce orden en la organización.

- Normalización de los procesos

El establecimiento de procedimientos permite disminuir la probabilidad de desviaciones en la política, objetivos y metas, además de asegurar la calidad de los procesos y la transmisión de funciones.

- Establecimiento de mejores prácticas (documentación)

La exigencia documentaria de la norma permite que todo lo establecido esté a disposición de cualquier persona que pertenece al sistema, también por medio de los registros y la obligación de mantenerlos actualizados, hace posible mantener estadísticas y observar el progreso del desempeño del sistema.

- Obtención de capacidad de análisis ante las no conformidades

- Concientizar a toda la empresa de los aspectos e impactos de sus actividades

Por otro lado se debe resaltar la importancia de la **primera etapa** de la implementación que constituye el **panorama del sistema de gestión ambiental**, en la cual se debe lograr un verdadero compromiso de la alta dirección con esta nueva forma de gestión y transmitirla efectivamente a toda la organización, ya que como se muestra en la norma, son las personas la que hacen posible que este sistema sea beneficioso y no se muestre como una carga para la empresa.

4.2 Aplicación del Vehicule Route Problem en la empresa

En esta sección aplicaremos diversos algoritmos vistos en la parte teórica de este trabajo. Con los resultados obtenidos de distancias y costos se comparará para determinar cuál es el más apropiado.

4.2.1 Algoritmos aplicables al caso de estudio

Los algoritmos aplicables al caso de estudio serán las heurísticas de agrupar primero, enrutar después; enrutar primero, agrupar después; los métodos de mejoramiento y la aplicación de los métodos exactos en los grupos de clientes.

4.2.1.1 Agrupar primero, enrutar después

Para la agrupación de los clientes se empleará el método del barrido o sweep. Con las coordenadas de los puntos (clientes) se obtendrán la tangente respecto de la ubicación del depósito central. En la Tabla 21 se puede observar el valor de la tangente de los puntos.

Tabla 21. Posición relativa de cada punto

PUNTOS	COORDENADAS		Tangente
1	277.534	8668.873	-0.18
2	278.716	8670.305	-0.04
3	279.002	8669.404	-0.12
4	274.071	8682.201	1.66
5	275.977	8682.184	1.30
6	276.387	8680.039	1.01
7	277.745	8682.791	1.14
8	281.887	8689.477	1.27
9	274.684	8687.212	2.19
10	273.154	8688.570	2.97
11	266.232	8690.943	-21.58
12	274.656	8688.605	2.38
13	274.047	8674.243	0.50
14	273.797	8673.209	0.37
15	271.203	8674.444	0.91
16	271.766	8675.680	1.07
17	272.572	8674.736	0.73
18	273.194	8675.783	0.83
19	276.015	8675.019	0.48
20	275.849	8674.188	0.39
21	269.983	8665.220	-1.97
22	288.932	8647.985	-1.05
23	272.598	8671.454	0.13
24	284.191	8677.911	0.42
25	274.472	8679.615	1.21
E1	267.596	8672.281	
E2	267.228	8670.407	
E3	267.590	8672.028	
0	267.167	8670.769	

Elaboración propia

En la tabla 22 se muestra la relación de camiones con los que cuenta la empresa así como la capacidad de estos.

Tabla 22. Relación de camiones

k	Modelo	Cantidad	Capacidad en Toneladas
1	Hino	1	6.2
2	Hino	1	6.4
3	Hino	1	6.4
4	Hino	1	17.5
5	Hino	1	6.4
6	Hino	1	17.5
7	Hino	1	16
TOTAL		7	76.4

Elaboración propia

Luego, en la tabla 23 se muestra el agrupamiento de los grupos de clientes obtenidos por el método del barrido, en cada grupo se respeta la restricción de capacidad de los camiones. El criterio para el agrupamiento considera que si la cantidad total recogida

es muy próxima a la capacidad de un vehículo, ese grupo de clientes debe ser asignado a tal camión.

Tabla 23. Clusters obtenidos por el método del barrido

Cluster	Nodos	Toneladas recogidas	Total recogido	ID Camión	Capacidad del camión
1	11	3.5	6.2	1	6.2
	10	2.7			
2	12	2.5	16.4	4	17.5
	9	1.8			
	4	1.3			
	5	2.1			
	8	3.3			
	25	2.4			
	7	1.2			
	16	1.8			
3	6	2.1	6.3	2	6.4
	15	1.6			
	18	0.8			
	17	0.7			
	13	0.4			
	19	0.7			
4	24	3.3	5.8	3	6.4
	20	0.6			
	14	1.9			
5	23	2.3	5.2	5	6.4
	2	2.9			
6	3	5.1	13.1	7	16
	1	8			
7	22	8.5	14	6	17.5
	21	5.5			

Elaboración propia

Dentro de cada grupo se procedió a encontrar la ruta más corta. Para ello se empleó el software libre **VRP Solver** que utiliza el algoritmo de ahorros, métodos de mejoramiento y búsqueda local de mejores soluciones. Además te da la posibilidad de configurar el número de iteraciones para obtener respuestas más confiables y mejores soluciones. También es importante recalcar que para pocas instancias, las soluciones de las heurísticas coinciden con los métodos exactos⁷.

En el anexo 20 se adjunta el procedimiento general empleado.

En la tabla 24 se muestra el detalle de las cargas recogidas por cada uno de los camiones, esto servirá para programar la entrega.

Tabla 24. Detalle de cargas transportadas

Chofer	ID Camión	Total recogido	Pluma	Pescado
Chofer 1	1	6.2	5.4	0.8
Chofer 2	4	16.4	14.3	2.1
Chofer 3	2	6.3	5.5	0.8
Chofer 4	3	5.8	5	0.8
Chofer 5	5	5.2	4.5	0.7
Chofer 6	7	13.1	11.4	1.7
Chofer 7	6	14	12.2	1.8

Elaboración propia

El proceso de entrega de los residuos sólidos orgánicos sigue la política de que la pluma es entregada a dos empresas y todas las vísceras de pescado a un tercer cliente. Según la posición final de los camiones en su proceso de recolección y transporte se programará la entrega. Para ello se empleará un método exacto y se utilizará el LINGO 13.0 para ese propósito.

En el anexo 21 se muestra el detalle de lo programado en LINGO y la solución obtenida.

Con los resultados anteriores se consolida lo siguiente en la tabla mostrada a continuación.

Tabla 25. Ruteo de cada cluster

Costos Variables del ruteo actual de los camiones																													
D	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	E1	E2	E3	0
1	0.0	1.9	1.6	13.8	13.4	11.2	13.9	21.1	18.6	20.2	24.8	19.9	6.4	5.7	8.4	8.9	7.7	8.2	6.3	5.6	8.4	23.8	5.6	11.2	11.2	10.5	10.4	10.4	10.5
2	1.9	0.0	0.9	12.8	12.2	10.0	12.5	19.4	17.4	19.1	24.1	18.7	6.1	5.7	8.6	8.8	7.6	7.8	5.4	4.8	10.1	24.5	6.2	9.4	10.2	11.3	11.5	11.3	11.6
3	1.6	0.9	0.0	13.7	13.1	11.0	13.4	20.3	18.3	20.0	25.0	19.7	6.9	6.4	9.3	9.6	8.4	8.6	6.4	5.7	9.9	23.6	6.7	10.0	11.2	11.8	11.8	11.7	11.9
4	13.8	12.8	13.7	0.0	1.9	3.2	3.7	10.7	5.0	6.4	11.7	6.4	8.0	9.0	8.3	6.9	7.6	6.5	7.4	8.2	17.5	37.3	10.8	11.0	2.6	11.8	13.6	12.1	13.4
5	13.4	12.2	13.1	1.9	0.0	2.2	1.9	9.4	5.2	7.0	13.1	6.6	8.2	9.2	9.1	7.7	8.2	7.0	7.2	8.0	18.0	36.6	11.2	9.3	3.0	13.0	14.7	13.2	14.4
6	11.2	10.0	11.0	3.2	2.2	0.0	3.1	10.9	7.4	9.1	14.9	8.7	6.3	7.3	7.6	6.4	6.5	5.3	5.0	5.9	16.1	34.4	9.4	8.1	2.0	11.7	13.3	11.9	13.1
7	13.9	12.5	13.4	3.7	1.9	3.1	0.0	7.9	5.4	7.4	14.1	6.6	9.3	10.4	10.6	9.3	9.6	8.4	8.0	8.8	19.2	36.6	12.5	8.1	4.6	14.6	16.2	14.8	16.0
8	21.1	19.4	20.3	10.7	9.4	10.9	7.9	0.0	7.6	8.8	15.7	7.3	17.1	18.2	18.4	17.1	17.4	16.2	15.6	16.4	27.0	42.1	20.3	11.8	12.3	22.4	24.1	22.6	23.8
9	18.6	17.4	18.3	5.0	5.2	7.4	5.4	7.6	0.0	2.0	9.2	1.4	13.0	14.0	13.2	11.9	12.7	11.5	12.3	13.1	22.5	41.7	15.9	13.3	7.6	16.5	18.4	16.8	18.1
10	20.2	19.1	20.0	6.4	7.0	9.1	7.4	8.8	2.0	0.0	7.3	1.5	14.4	15.4	14.3	13.0	13.8	12.8	13.8	14.6	23.6	43.5	17.1	15.3	9.1	17.2	19.1	17.5	18.8
11	24.8	24.1	25.0	11.7	13.1	14.9	14.1	15.7	9.2	7.3	0.0	8.7	18.4	19.3	17.2	16.2	17.4	16.7	18.7	19.3	26.0	48.6	20.5	22.2	14.0	18.7	20.6	19.0	20.2
12	19.9	18.7	19.7	6.4	6.6	8.7	6.6	7.3	1.4	1.5	8.7	0.0	14.4	15.4	14.6	13.2	14.0	12.9	13.7	14.5	23.8	43.1	17.3	14.3	9.0	17.8	19.7	18.0	19.3
13	6.4	6.1	6.9	8.0	8.2	6.3	9.3	17.1	13.0	14.4	18.4	14.4	0.0	1.1	2.9	2.7	1.6	1.8	2.1	1.8	9.9	30.2	3.1	10.8	5.4	6.7	7.8	6.8	7.7
14	5.7	5.7	6.4	9.0	9.2	7.3	10.4	18.2	14.0	15.4	19.3	15.4	1.1	0.0	2.9	3.2	2.0	2.6	2.9	2.3	8.9	29.4	2.1	11.4	6.4	6.3	7.1	6.3	7.1
15	8.4	8.6	9.3	8.3	9.1	7.6	10.6	18.4	13.2	14.3	17.2	14.6	2.9	2.9	0.0	1.4	1.4	2.4	4.8	4.7	9.3	31.8	3.3	13.4	6.1	4.2	5.7	4.3	5.5
16	8.9	8.8	9.6	6.9	7.7	6.4	9.3	17.1	11.9	13.0	16.2	13.2	2.7	3.2	1.4	0.0	1.2	1.4	4.3	4.3	10.6	32.6	4.3	12.6	4.8	5.4	7.0	5.5	6.7
17	7.7	7.6	8.4	7.6	8.2	6.5	9.6	17.4	12.7	13.8	17.4	14.0	1.6	2.0	1.4	1.2	0.0	1.2	3.5	3.3	9.9	31.4	3.3	12.0	5.2	5.5	6.9	5.7	6.7
18	8.2	7.8	8.6	6.5	7.0	5.3	8.4	16.2	11.5	12.8	16.7	12.9	1.8	2.6	2.4	1.4	1.2	0.0	2.9	3.1	11.0	31.9	4.4	11.2	4.0	6.6	8.0	6.7	7.8
19	6.3	5.4	6.4	7.4	7.2	5.0	8.0	15.6	12.3	13.8	18.7	13.7	2.1	2.9	4.8	4.3	3.5	2.9	0.0	0.8	11.5	30.0	4.9	8.7	4.8	8.9	9.9	8.9	9.8
20	5.6	4.8	5.7	8.2	8.0	5.9	8.8	16.4	13.1	14.6	19.3	14.5	1.8	2.3	4.7	4.3	3.3	3.1	0.8	0.0	10.7	29.3	4.2	9.1	5.6	8.5	9.4	8.5	9.3
21	8.4	10.1	9.9	17.5	18.0	16.1	19.2	27.0	22.5	23.6	26.0	23.8	9.9	8.9	9.3	10.6	9.9	11.0	11.5	10.7	0.0	25.6	6.8	19.0	15.1	7.5	5.9	7.2	6.2
22	23.8	24.5	23.6	37.3	36.6	34.4	36.6	42.1	41.7	43.5	48.6	43.1	30.2	29.4	31.8	32.6	31.4	31.9	30.0	29.3	25.6	0.0	28.6	30.3	34.8	32.3	31.2	32.1	31.5
23	5.6	6.2	6.7	10.8	11.2	9.4	12.5	20.3	15.9	17.1	20.5	17.3	3.1	2.1	3.3	4.3	3.3	4.4	4.9	4.2	6.8	28.6	0.0	13.3	8.4	5.1	5.5	5.0	5.5
24	11.2	9.4	10.0	11.0	9.3	8.1	8.1	11.8	13.3	15.3	22.2	14.3	10.8	11.4	13.4	12.6	12.0	11.2	8.7	9.1	19.0	30.3	13.3	0.0	9.9	17.5	18.5	17.6	18.5
25	11.2	10.2	11.2	2.6	3.0	2.0	4.6	12.3	7.6	9.1	14.0	9.0	5.4	6.4	6.1	4.8	5.2	4.0	4.8	5.6	15.1	34.8	8.4	9.9	0.0	10.1	11.7	10.2	11.5
E1	10.5	11.3	11.8	11.8	13.0	11.7	14.6	22.4	16.5	17.2	18.7	17.8	6.7	6.3	4.2	5.4	5.5	6.6	8.9	8.5	7.5	32.3	5.1	17.5	10.1	0.0	1.9	0.3	1.6
E2	10.4	11.5	11.8	13.6	14.7	13.3	16.2	24.1	18.4	19.1	20.6	19.7	7.8	7.1	5.7	7.0	6.9	8.0	9.9	9.4	5.9	31.2	5.5	18.5	11.7	1.9	0.0	1.7	0.4
E3	10.4	11.3	11.7	12.1	13.2	11.9	14.8	22.6	16.8	17.5	19.0	18.0	6.8	6.3	4.3	5.5	5.7	6.7	8.9	8.5	7.2	32.1	5.0	17.6	10.2	0.3	1.7	0.0	1.3
0	10.5	11.6	11.9	13.4	14.4	13.1	16.0	23.8	18.1	18.8	20.2	19.3	7.7	7.1	5.5	6.7	6.7	7.8	9.8	9.3	6.2	31.5	5.5	18.5	11.5	1.6	0.4	1.3	0.0

Elaboración propia

Las letras resaltadas representan las distancias entre los puntos que se recorren. En la tabla 26 se muestran los kilómetros recorridos por cada chofer.

Tabla 26. Cantidad de kilómetros recorridos por chofer

Chofer	Km
Chofer 1	46.3
Chofer 2	51.7
Chofer 3	28.5
Chofer 4	37.8
Chofer 5	24.5
Chofer 6	26.9
Chofer 7	66.2
TOTAL	281.9

Elaboración propia

El análisis de estas distancias recorridas se muestra en la Tabla 27.

Tabla 27. Análisis de las distancias recorridas

Media	40.27
Varianza	201.64
Desviación Estándar	14.20
Coefficiente de variación	35.26%

Elaboración propia

El costo de la distribución por las distancias recorridas se detalla en la tabla 28.

Tabla 28. Detalle del costo de distribución actual

Km recorridos	Precio del Galón de Gasolina	Rendimiento (km/gl)	Costo diario de distribución
281.9	16.5	35	S/. 132.90

Elaboración propia

4.2.1.2 Enrutar primero, agrupar después

A diferencia del algoritmo anterior aquí primero se encuentra una ruta para todos los puntos del mapa y luego se hace una partición que respeta las restricciones de capacidad de los camiones.

Para este método primero introducimos en un block de notas las coordenadas del depósito central y de los demás clientes con sus respectivas cargas, ello constituye la data inicial. Después con el uso del VRP Solver obtenemos una buena solución para el recorrido de todos los mercados. Para obtener esta solución se emplea el procedimiento mostrado en el anexo 17.

En la figura 27 se muestra la solución obtenida con el software mencionado.

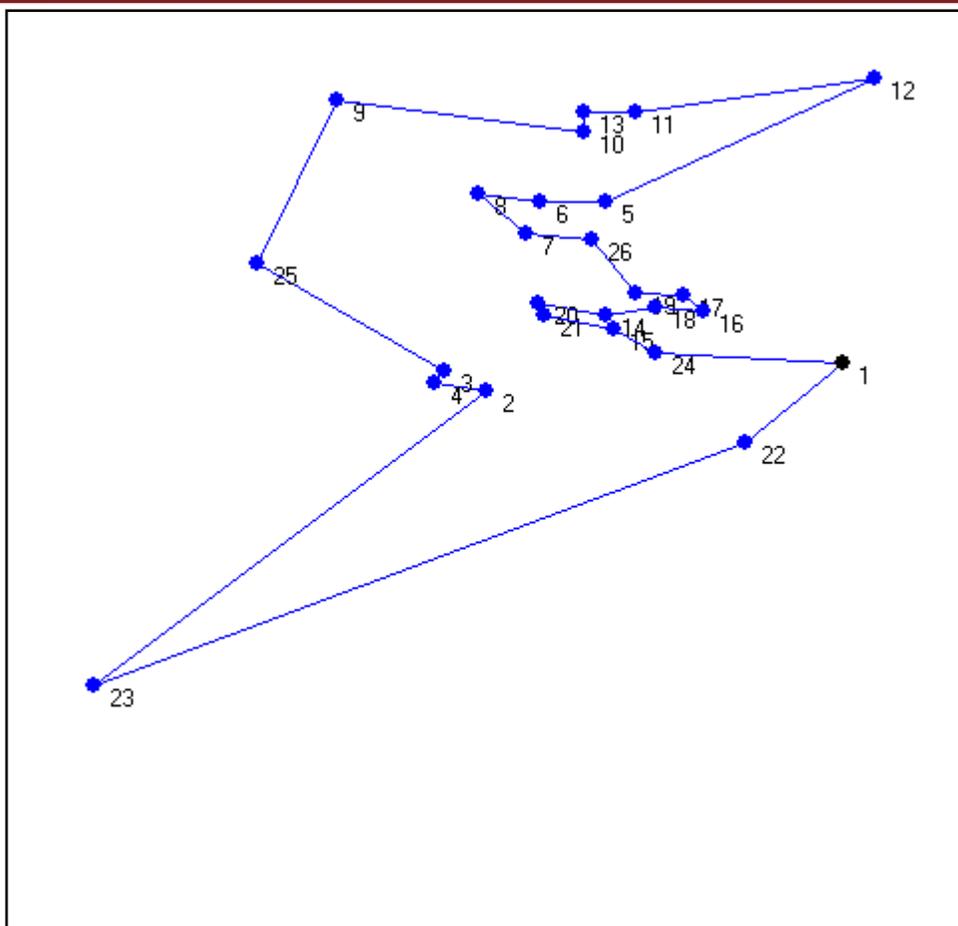


Figura 27: Solución inicial de Enrutar primero, Agrupar después

El punto negro representa el depósito central. En este caso los números que se muestran en la imagen son una unidad más a las mostradas en la tabla coordenadas. Por ejemplo si en esta imagen se observa el punto 23 hace referencia a la coordenada 22.

En la tabla 29 se muestra la partición de la ruta respetando las restricciones de capacidad de cada camión.

Tabla 29. Partición de ruta para el método Enrutar primero Agrupar después

Cluster	Nodos	Toneladas recogidas	Total recogido	ID Camión	Capacidad del camión
1	4	1.3	4.6	2	6.4
	5	2.1			
	7	1.2			
2	6	2.1	5.3	3	6.4
	25	2.4			
	18	0.8			
3	16	1.8	5.8	5	6.4
	15	1.6			
	17	0.7			
	13	0.4			
	19	0.7			
4	20	0.6	4.2	1	6.2
	14	1.9			
5	23	2.3	14	4	17.5
	21	5.5			
6	22	8.5	16	7	16
	1	8			
	3	5.1			
7	2	2.9	17.1	6	17.5
	24	3.3			
	8	3.3			
	9	1.8			
	12	2.5			
	10	2.7			
11	3.5				

Elaboración propia

La secuencia seguida por cada camión ya está determinada previamente con el primer enrutamiento general. Esto quiere decir que la ruta solo se parte respetando las restricciones de capacidad y se sigue la secuencia ya determinada.

A continuación se adjunta la tabla 30 que es un resumen de las cargas transportadas lo cual servirá para el proceso de entrega.

Tabla 30. Resumen de cargas para el método Enrutar primero Agrupar después

Chofer	ID Camión	Total recogido	Pluma	Pescado
Chofer 1	2	4.6	4	0.6
Chofer 2	3	5.3	4.6	0.7
Chofer 3	5	5.8	5	0.8
Chofer 4	1	4.2	3.7	0.5
Chofer 5	4	14.0	12.2	1.8
Chofer 6	7	16.0	13.9	2.1
Chofer 7	6	17.1	14.9	2.2

Elaboración propia

Como en el caso anterior la política de entrega empieza con la pluma y luego con los residuos de pescado. Para el primero son dos empresas las que reciben este tipo de residuo en cambio para el pescado es solo una, luego de ello los camiones regresan al depósito central.

En el anexo 22 se muestra la programación en LINGO para el proceso de entrega.

Con todo ello se procede a consolidar los datos para obtener las distancias recorridas y el costo, ello se muestra en la tabla a continuación.

Tabla 31. Rutas recorridas por cluster

Costos Variables del ruteo actual de los camiones																													
D	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	E1	E2	E3	0
1	0.0	1.9	1.6	13.8	13.4	11.2	13.9	21.1	18.6	20.2	24.8	19.9	6.4	5.7	8.4	8.9	7.7	8.2	6.3	5.6	8.4	23.8	5.6	11.2	11.2	10.5	10.4	10.4	10.5
2	1.9	0.0	0.9	12.8	12.2	10.0	12.5	19.4	17.4	19.1	24.1	18.7	6.1	5.7	8.6	8.8	7.6	7.8	5.4	4.8	10.1	24.5	6.2	9.4	10.2	11.3	11.5	11.3	11.6
3	1.6	0.9	0.0	13.7	13.1	11.0	13.4	20.3	18.3	20.0	25.0	19.7	6.9	6.4	9.3	9.6	8.4	8.6	6.4	5.7	9.9	23.6	6.7	10.0	11.2	11.8	11.8	11.7	11.9
4	13.8	12.8	13.7	0.0	1.9	3.2	3.7	10.7	5.0	6.4	11.7	6.4	8.0	9.0	8.3	6.9	7.6	6.5	7.4	8.2	17.5	37.3	10.8	11.0	2.6	11.8	13.6	12.1	13.4
5	13.4	12.2	13.1	1.9	0.0	2.2	1.9	9.4	5.2	7.0	13.1	6.6	8.2	9.2	9.1	7.7	8.2	7.0	7.2	8.0	18.0	36.6	11.2	9.3	3.0	13.0	14.7	13.2	14.4
6	11.2	10.0	11.0	3.2	2.2	0.0	3.1	10.9	7.4	9.1	14.9	8.7	6.3	7.3	7.6	6.4	6.5	5.3	5.0	5.9	16.1	34.4	9.4	8.1	2.0	11.7	13.3	11.9	13.1
7	13.9	12.5	13.4	3.7	1.9	3.1	0.0	7.9	5.4	7.4	14.1	6.6	9.3	10.4	10.6	9.3	9.6	8.4	8.0	8.8	19.2	36.6	12.5	8.1	4.6	14.6	16.2	14.8	16.0
8	21.1	19.4	20.3	10.7	9.4	10.9	7.9	0.0	7.6	8.8	15.7	7.3	17.1	18.2	18.4	17.1	17.4	16.2	15.6	16.4	27.0	42.1	20.3	11.8	12.3	22.4	24.1	22.6	23.8
9	18.6	17.4	18.3	5.0	5.2	7.4	5.4	7.6	0.0	2.0	9.2	1.4	13.0	14.0	13.2	11.9	12.7	11.5	12.3	13.1	22.5	41.7	15.9	13.3	7.6	16.5	18.4	16.8	18.1
10	20.2	19.1	20.0	6.4	7.0	9.1	7.4	8.8	2.0	0.0	7.3	1.5	14.4	15.4	14.3	13.0	13.8	12.8	13.8	14.6	23.6	43.5	17.1	15.3	9.1	17.2	19.1	17.5	18.8
11	24.8	24.1	25.0	11.7	13.1	14.9	14.1	15.7	9.2	7.3	0.0	8.7	18.4	19.3	17.2	16.2	17.4	16.7	18.7	19.3	26.0	48.6	20.5	22.2	14.0	18.7	20.6	19.0	20.2
12	19.9	18.7	19.7	6.4	6.6	8.7	6.6	7.3	1.4	1.5	8.7	0.0	14.4	15.4	14.6	13.2	14.0	12.9	13.7	14.5	23.8	43.1	17.3	14.3	9.0	17.8	19.7	18.0	19.3
13	6.4	6.1	6.9	8.0	8.2	6.3	9.3	17.1	13.0	14.4	18.4	14.4	0.0	1.1	2.9	2.7	1.6	1.8	2.1	1.8	9.9	30.2	3.1	10.8	5.4	6.7	7.8	6.8	7.7
14	5.7	5.7	6.4	9.0	9.2	7.3	10.4	18.2	14.0	15.4	19.3	15.4	1.1	0.0	2.9	3.2	2.0	2.6	2.9	2.3	8.9	29.4	2.1	11.4	6.4	6.3	7.1	6.3	7.1
15	8.4	8.6	9.3	8.3	9.1	7.6	10.6	18.4	13.2	14.3	17.2	14.6	2.9	2.9	0.0	1.4	1.4	2.4	4.8	4.7	9.3	31.8	3.3	13.4	6.1	4.2	5.7	4.3	5.5
16	8.9	8.8	9.6	6.9	7.7	6.4	9.3	17.1	11.9	13.0	16.2	13.2	2.7	3.2	1.4	0.0	1.2	1.4	4.3	4.3	10.6	32.6	4.3	12.6	4.8	5.4	7.0	5.5	6.7
17	7.7	7.6	8.4	7.6	8.2	6.5	9.6	17.4	12.7	13.8	17.4	14.0	1.6	2.0	1.4	1.2	0.0	1.2	3.5	3.3	9.9	31.4	3.3	12.0	5.2	5.5	6.9	5.7	6.7
18	8.2	7.8	8.6	6.5	7.0	5.3	8.4	16.2	11.5	12.8	16.7	12.9	1.8	2.6	2.4	1.4	1.2	0.0	2.9	3.1	11.0	31.9	4.4	11.2	4.0	6.6	8.0	6.7	7.8
19	6.3	5.4	6.4	7.4	7.2	5.0	8.0	15.6	12.3	13.8	18.7	13.7	2.1	2.9	4.8	4.3	3.5	2.9	0.0	0.8	11.5	30.0	4.9	8.7	4.8	8.9	9.9	8.9	9.8
20	5.6	4.8	5.7	8.2	8.0	5.9	8.8	16.4	13.1	14.6	19.3	14.5	1.8	2.3	4.7	4.3	3.3	3.1	0.8	0.0	10.7	29.3	4.2	9.1	5.6	8.5	9.4	8.5	9.3
21	8.4	10.1	9.9	17.5	18.0	16.1	19.2	27.0	22.5	23.6	26.0	23.8	9.9	8.9	9.3	10.6	9.9	11.0	11.5	10.7	0.0	25.6	6.8	19.0	15.1	7.5	5.9	7.2	6.2
22	23.8	24.5	23.6	37.3	36.6	34.4	36.6	42.1	41.7	43.5	48.6	43.1	30.2	29.4	31.8	32.6	31.4	31.9	30.0	29.3	25.6	0.0	28.6	30.3	34.8	32.3	31.2	32.1	31.5
23	5.6	6.2	6.7	10.8	11.2	9.4	12.5	20.3	15.9	17.1	20.5	17.3	3.1	2.1	3.3	4.3	3.3	4.4	4.9	4.2	6.8	28.6	0.0	13.3	8.4	5.1	5.5	5.0	5.5
24	11.2	9.4	10.0	11.0	9.3	8.1	8.1	11.8	13.3	15.3	22.2	14.3	10.8	11.4	13.4	12.6	12.0	11.2	8.7	9.1	19.0	30.3	13.3	0.0	9.9	17.5	18.5	17.6	18.5
25	11.2	10.2	11.2	2.6	3.0	2.0	4.6	12.3	7.6	9.1	14.0	9.0	5.4	6.4	6.1	4.8	5.2	4.0	4.8	5.6	15.1	34.8	8.4	9.9	0.0	10.1	11.7	10.2	11.5
E1	10.5	11.3	11.8	11.8	13.0	11.7	14.6	22.4	16.5	17.2	18.7	17.8	6.7	6.3	4.2	5.4	5.5	6.6	8.9	8.5	7.5	32.3	5.1	17.5	10.1	0.0	1.9	0.3	1.6
E2	10.4	11.5	11.8	13.6	14.7	13.3	16.2	24.1	18.4	19.1	20.6	19.7	7.8	7.1	5.7	7.0	6.9	8.0	9.9	9.4	5.9	31.2	5.5	18.5	11.7	1.9	0.0	1.7	0.4
E3	10.4	11.3	11.7	12.1	13.2	11.9	14.8	22.6	16.8	17.5	19.0	18.0	6.8	6.3	4.3	5.5	5.7	6.7	8.9	8.5	7.2	32.1	5.0	17.6	10.2	0.3	1.7	0.0	1.3
0	10.5	11.6	11.9	13.4	14.4	13.1	16.0	23.8	18.1	18.8	20.2	19.3	7.7	7.1	5.5	6.7	6.7	7.8	9.8	9.3	6.2	31.5	5.5	18.5	11.5	1.6	0.4	1.3	0.0

Elaboración propia

En la tabla 32 se muestra el resumen de las distancias recorridas por cada chofer.

Tabla 32. Distancias recorridas por chofer

Chofer	Km
Chofer 1	33.4
Chofer 2	27.3
Chofer 3	26.4
Chofer 4	17.7
Chofer 5	65.7
Chofer 6	25.9
Chofer 7	68.4
TOTAL	264.8

Elaboración propia

Luego en la tabla 33 se detalla el análisis de las cantidades de kilómetros recorridos entre los choferes.

Tabla 33. Análisis de las distancias recorridas de los choferes

Media	37.83
Varianza	359.99
Desviación Estándar	18.97
Coefficiente de variación	50.16%

Elaboración propia

Finalmente en la tabla 34 puede observarse el costo diario de distribución, el cual considera solo el concepto de combustible.

Tabla 34. Costo diario para el método Enrutar primero Agrupar después

Km recorridos	Precio del Galón de Gasolina	Rendimiento (km/gl)	Costo diario de distribución
264.8	16.5	35	S/124.83

Elaboración propia

4.2.1.3 Método exacto

El método exacto consiste en la formulación matemática del problema. Para nuestro caso, que es algo particular, se tienen dos fases, el recojo y la entrega. Como se ha tratado de dar solución, para la primera fase se emplearon los algoritmos de ruteo y para la entrega la formulación con el LINGO. Esto último es posible ya que los puntos de entrega están muy cerca al depósito central, entonces si se tiene la ruta desde el depósito central, los clientes y de regreso al depósito central, esta se parte hasta antes de llegar al depósito central y después programar la entrega con el uso de LINGO. Por esta particularidad del problema es que se hace necesario resolverlo en dos fases.

La formulación matemática basada en la bibliografía es la siguiente:

!MODELO EXACTO PARA EL RUTEO DE LOGÍSTICA E.I.R.L.;

MODEL:

SETS:

DEMANDA/1..26/: CANTIDADRECOGIDA, DEMANDACLIENTE;

TIPO/1..4/: CANTIDADVEHICULOS, CAPACIDAD;

MATRIZ(DEMANDA,DEMANDA): DISTANCIAS;

MATRIZ2(DEMANDA,DEMANDA,TIPO): RUTAS;

END SETS

DATA:

DEMANDACLIENTE=

0,8,2.9,5.1,1.3,2.1,2.1,1.2,3.3,1.8,2.7,3.5,2.5,0.4,1.9,1.6,1.8,0.7,0.8,
0.7,0.6,5.5,8.5,2.3,3.3,2.4;

CANTIDADVEHICULOS= 1, 3, 2, 1;

CAPACIDAD= 6.2, 6.4, 16, 17.5;

DISTANCIAS=

0.0	10.5	11.6	11.9	13.4	14.4	13.1	16.0	23.8	18.1	18.8	20.2	19.3	7.7	7.1	5.5	6.7	6.7	7.8	9.8	9.3	6.2	31.5	5.5	18.5	11.5
10.5	0.0	1.9	1.6	13.8	13.4	11.2	13.9	21.1	18.6	20.2	24.8	19.9	6.4	5.7	8.4	8.9	7.7	8.2	6.3	5.6	8.4	23.8	5.6	11.2	11.2
11.6	1.9	0.0	0.9	12.8	12.2	10.0	12.5	19.4	17.4	19.1	24.1	18.7	6.1	5.7	8.6	8.8	7.6	7.8	5.4	4.8	10.1	24.5	6.2	9.4	10.2
11.9	1.6	0.9	0.0	13.7	13.1	11.0	13.4	20.3	18.3	20.0	25.0	19.7	6.9	6.4	9.3	9.6	8.4	8.6	6.4	5.7	9.9	23.6	6.7	10.0	11.2
13.4	13.8	12.8	13.7	0.0	1.9	3.2	3.7	10.7	5.0	6.4	11.7	6.4	8.0	9.0	8.3	6.9	7.6	6.5	7.4	8.2	17.5	37.3	10.8	11.0	2.6
14.4	13.4	12.2	13.1	1.9	0.0	2.2	1.9	9.4	5.2	7.0	13.1	6.6	8.2	9.2	9.1	7.7	8.2	7.0	7.2	8.0	18.0	36.6	11.2	9.3	3.0
13.1	11.2	10.0	11.0	3.2	2.2	0.0	3.1	10.9	7.4	9.1	14.9	8.7	6.3	7.3	7.6	6.4	6.5	5.3	5.0	5.9	16.1	34.4	9.4	8.1	2.0
16	13.9	12.5	13.4	3.7	1.9	3.1	0.0	7.9	5.4	7.4	14.1	6.6	9.3	10.4	10.6	9.3	9.6	8.4	8.0	8.8	19.2	36.6	12.5	8.1	4.6
23.8	21.1	19.4	20.3	10.7	9.4	10.9	7.9	0.0	7.6	8.8	15.7	7.3	17.1	18.2	18.4	17.1	17.4	16.2	15.6	16.4	27.0	42.1	20.3	11.8	12.3
18.1	18.6	17.4	18.3	5.0	5.2	7.4	5.4	7.6	0.0	2.0	9.2	1.4	13.0	14.0	13.2	11.9	12.7	11.5	12.3	13.1	22.5	41.7	15.9	13.3	7.6
18.8	20.2	19.1	20.0	6.4	7.0	9.1	7.4	8.8	2.0	0.0	7.3	1.5	14.4	15.4	14.3	13.0	13.8	12.8	13.8	14.6	23.6	43.5	17.1	15.3	9.1
20.2	24.8	24.1	25.0	11.7	13.1	14.9	14.1	15.7	9.2	7.3	0.0	8.7	18.4	19.3	17.2	16.2	17.4	16.7	18.7	19.3	26.0	48.6	20.5	22.2	14.0
19.3	19.9	18.7	19.7	6.4	6.6	8.7	6.6	7.3	1.4	1.5	8.7	0.0	14.4	15.4	14.6	13.2	14.0	12.9	13.7	14.5	23.8	43.1	17.3	14.3	9.0
7.7	6.4	6.1	6.9	8.0	8.2	6.3	9.3	17.1	13.0	14.4	18.4	14.4	0.0	1.1	2.9	2.7	1.6	1.8	2.1	1.8	9.9	30.2	3.1	10.8	5.4
7.1	5.7	5.7	6.4	9.0	9.2	7.3	10.4	18.2	14.0	15.4	19.3	15.4	1.1	0.0	2.9	3.2	2.0	2.6	2.9	2.3	8.9	29.4	2.1	11.4	6.4
5.5	8.4	8.6	9.3	8.3	9.1	7.6	10.6	18.4	13.2	14.3	17.2	14.6	2.9	2.9	0.0	1.4	1.4	2.4	4.8	4.7	9.3	31.8	3.3	13.4	6.1
6.7	8.9	8.8	9.6	6.9	7.7	6.4	9.3	17.1	11.9	13.0	16.2	13.2	2.7	3.2	1.4	0.0	1.2	1.4	4.3	4.3	10.6	32.6	4.3	12.6	4.8
6.7	7.7	7.6	8.4	7.6	8.2	6.5	9.6	17.4	12.7	13.8	17.4	14.0	1.6	2.0	1.4	1.2	0.0	1.2	3.5	3.3	9.9	31.4	3.3	12.0	5.2
7.8	8.2	7.8	8.6	6.5	7.0	5.3	8.4	16.2	11.5	12.8	16.7	12.9	1.8	2.6	2.4	1.4	1.2	0.0	2.9	3.1	11.0	31.9	4.4	11.2	4.0
9.8	6.3	5.4	6.4	7.4	7.2	5.0	8.0	15.6	12.3	13.8	18.7	13.7	2.1	2.9	4.8	4.3	3.5	2.9	0.0	0.8	11.5	30.0	4.9	8.7	4.8
9.3	5.6	4.8	5.7	8.2	8.0	5.9	8.8	16.4	13.1	14.6	19.3	14.5	1.8	2.3	4.7	4.3	3.3	3.1	0.8	0.0	10.7	29.3	4.2	9.1	5.6
6.2	8.4	10.1	9.9	17.5	18.0	16.1	19.2	27.0	22.5	23.6	26.0	23.8	9.9	8.9	9.3	10.6	9.9	11.0	11.5	10.7	0.0	25.6	6.8	19.0	15.1
31.5	23.8	24.5	23.6	37.3	36.6	34.4	36.6	42.1	41.7	43.5	48.6	43.1	30.2	29.4	31.8	32.6	31.4	31.9	30.0	29.3	25.6	0.0	28.6	30.3	34.8
5.5	5.6	6.2	6.7	10.8	11.2	9.4	12.5	20.3	15.9	17.1	20.5	17.3	3.1	2.1	3.3	4.3	3.3	4.4	4.9	4.2	6.8	28.6	0.0	13.3	8.4
18.5	11.2	9.4	10.0	11.0	9.3	8.1	8.1	11.8	13.3	15.3	22.2	14.3	10.8	11.4	13.4	12.6	12.0	11.2	8.7	9.1	19.0	30.3	13.3	0.0	9.9
11.5	11.2	10.2	11.2	2.6	3.0	2.0	4.6	12.3	7.6	9.1	14.0	9.0	5.4	6.4	6.1	4.8	5.2	4.0	4.8	5.6	15.1	34.8	8.4	9.9	0.0

;

END DATA

MIN= @SUM(TIPO(K):@SUM(MATRIZ(I,J):DISTANCIAS(I,J)*RUTAS(I,J,K))); !EL OBJETIVO ES MINIZAR LA DISTANCIA TOTAL RECORRIDA;

@FOR(TIPO(K):@SUM(MATRIZ(I,J)| I #EQ# 1:RUTAS(I,J,K))<=CANTIDADVEHICULOS(K)); ! ESTA RESTRICCIÓN DEFINE LA CANTIDAD DE VEHÍCULOS DISPONIBLE POR TIPO;

@FOR(DEMANDA(J)| J #GT# 1:@SUM(MATRIZ2(I,J,K):RUTAS(I,J,K))=1); !ESTA RESTRICCIÓN INDICA QUE UN CLIENTE ES VISITADO EXACTAMENTE UNA VEZ;

@FOR(DEMANDA(J):@FOR(TIPO(K):@SUM(MATRIZ2(I,J,K):RUTAS(I,J,K))-@SUM(MATRIZ2(I,J,K):RUTAS(J,I,K))=0)); !ESTA RESTRICCIÓN HACE QUE SI UN CLIENTE ES VISITADO POR UN VEHÍCULO, ESTE DEBE IR A OTRO NODO;

CANTIDADRECOGIDA(1)=0;
CAPACIDADTOTAL=76.4;

@FOR(MATRIZ2(I,J,K)| I #EQ# J : RUTAS(I,J,K) = 0);
@FOR(MATRIZ2(I,J,K):@BIN(RUTAS(I,J,K)));

```
@FOR(DEMANDA(J) | J #GT# 1:
@SUM(TIPO(K) :@SUM(MATRIZ2(I,J,K) :CAPACIDAD(K)*RUTAS(I,J,K)) )>=CANTIDADR
ECOGIDA(J)); !RESTRICCIÓN ASOCIADA CON LA CAPACIDAD DE CADA VEHÍCULO;
```

```
@FOR(MATRIZ(I,J) | I #NE# J: (((DEMANDACLIENTE(J) +
CAPACIDADTOTAL)*(@SUM(TIPO(K) :RUTAS(I,J,K))) -CAPACIDADTOTAL)<=
(CANTIDADRECOGIDA(J)-CANTIDADRECOGIDA(I))); !RESTRICCIÓN ASOCIADA CON
LA CANTIDAD CARGADA DURANTE LA RUTA Y LA CAPACIDAD DE CADA CAMIÓN;
```

END MODEL

Durante la corrida del modelo se obtuvo lo siguiente:

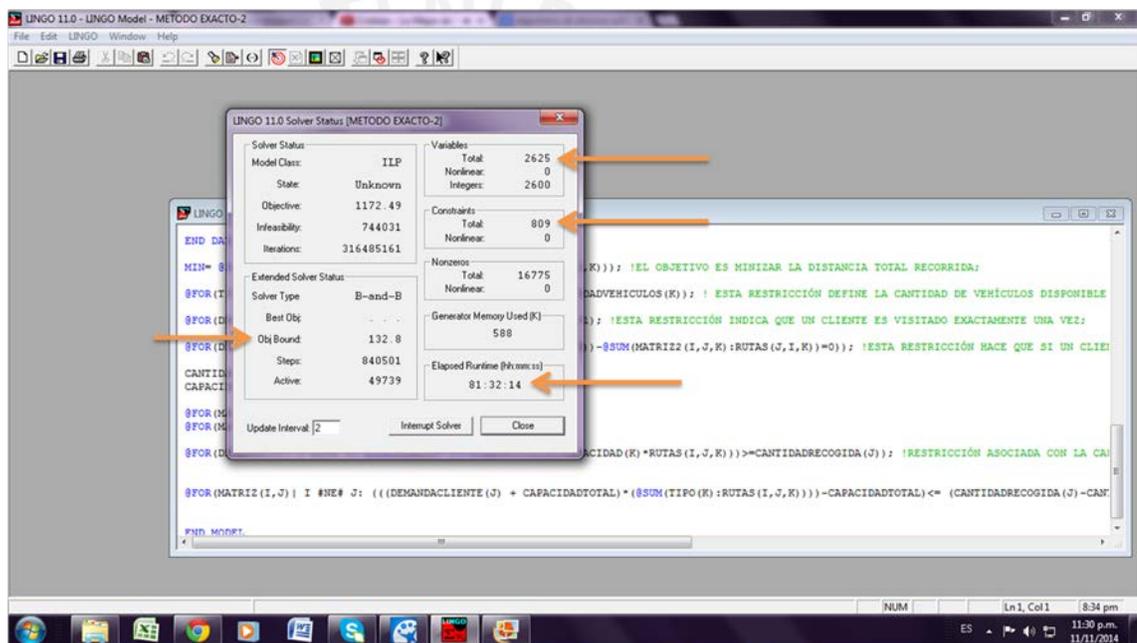


Figura 28. Corrida del Método Exacto

Elaboración propia

Con la ayuda del LINGO se procedió a correr el modelo exacto con la intención de obtener una solución para el proceso de recojo. Sin embargo, como puede observarse en la imagen, el software después de cuatro días continuaba trabajando para obtener una solución óptima. Esta situación confirma lo que se establece acerca de la pertinencia o no de emplear métodos exactos para problemas de mediana complejidad en el caso del enrutamiento de vehículos. Por otro lado se podría hacer una estimación gruesa del resultado que se podría haber obtenido por el método exacto.

En la imagen se tiene como cota del objetivo el valor de 132.8 después de cuatro días. Este valor conforme pasa el tiempo se incrementa en décimas. Luego, para el caso de

la entrega se tuvo entre los dos algoritmos presentados una distancia recorrida de 90 kilómetros (la mayor entre ambos).

Por lo tanto entre ambos se tiene un total de 222.8 kilómetros. Redondeando se podría decir gruesamente que por el método exacto para el recojo y el uso del LINGO para la entrega se podría tener un resultado de **230** kilómetros recorridos.

4.2.2 Evaluación de resultados y selección de alternativas

En la siguiente tabla se muestra un cuadro comparativo entre la situación actual y los métodos de solución planteados.

Tabla 35. Comparativo de soluciones

Método	Kilometros Recorridos	Se respeta la capacidad de cada camión	Coficiente de Variación	Costo Diario de distribución
Situación Actual	322.4	NO	29.43%	S/.151.99
Agrupar Primero - Enrutar Después	281.9	SI	35.26%	S/.132.90
Enrutar Primero - Agrupar después	264.8	SI	50.16%	S/.124.83
Método Exacto	230	SI	-	S/.108.43

Elaboración Propia

Puede observarse en la tabla como la cantidad de kilómetros recorridos se reduce hasta en 90 kilómetros (método exacto). También la variación entre las cantidades recorridas por camión se incrementa, lo cual ha simple vista puede parecer negativo.

Se detalló en secciones anteriores que se buscaban rutas que redujeran los kilómetros recorridos, respetaran las restricciones de capacidad y disminuyan la variabilidad. En la tabla se tienen alternativas que basadas en los requisitos y en la nueva forma de operar se seleccionará aquella que mejor beneficie y sea viable para la empresa.

Respecto de los kilómetros recorridos sería lógico pensar en el método exacto, pero debido al consumo de recursos para su solución, el tiempo elevado para obtener respuesta y el costo, esta alternativa se desecha, por lo cual se preseleccionaría los resultados del método enrutar primero – agrupar después. Luego, en cuestión de la capacidad, los tres métodos respetan esta restricción. Por último, la variabilidad de las cantidades recorridas por ruta, en esta se tiene que la segunda alternativa es más variable que la primera, siendo más atractiva esta última. Sin embargo la variabilidad de la segunda opción obedece a la presencia de una ruta pequeña (Ruta 4), poco recorrido y poca cantidad de carga, donde el tiempo restante será empleado por los operarios encargados de documentar, implementar y mantener el sistema de gestión ambiental propuesto. Con esto, se selecciona para este caso de ruteo el método de

enrutar primero, agrupar después. Se tendría una reducción de recorrido de aproximadamente 60 kilómetros.

4.3 Interacción de las propuestas de mejora

En esta sección se mostrará cómo es que interactúan las propuestas de mejora presentadas en las secciones anteriores. Esto último es importante ya que cada una de estas no es algo aislado, sino que se complementan para aportar con mayor significancia en el orden de la empresa. El resultado de esto es la definición de un perfil organizacional propuesto y una estructura organizacional que permita el funcionamiento de estas mejoras.

4.3.1 Funciones, Responsabilidad, Autoridad y Estructura

En la siguiente imagen se muestra una propuesta de organigrama, la cual tiene como objeto permitir el mantenimiento y mejora de las propuestas mencionadas.

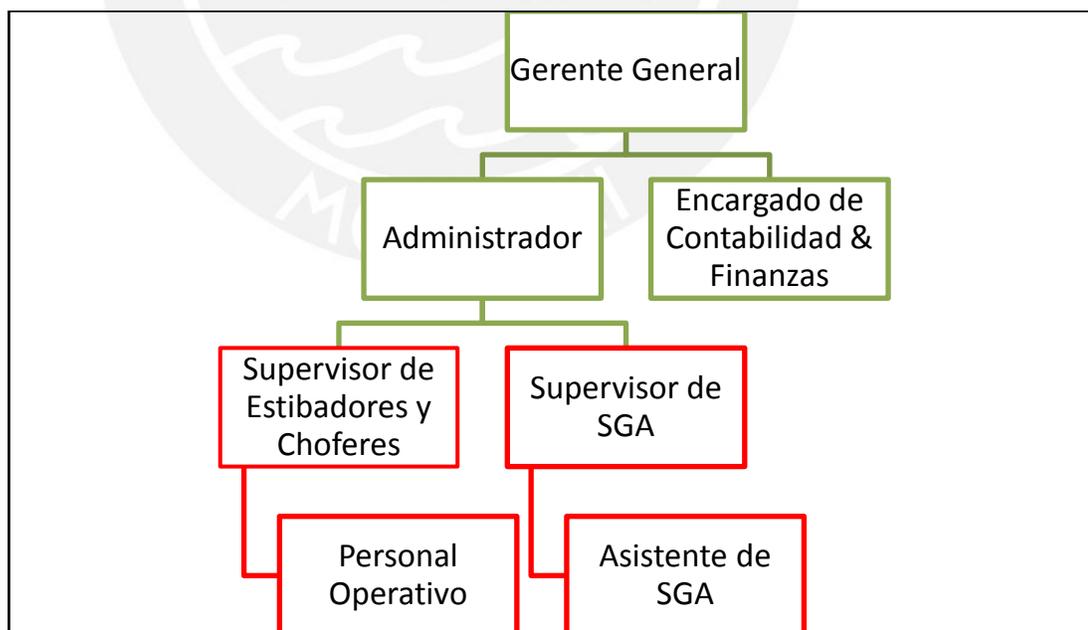


Figura 29: Organigrama propuesto para Logística Callao E.I.R.L.

Elaboración propia

En contraste con el actual organigrama se observa la inclusión de un Supervisor de SGA, un Asistente de SGA y un Supervisor de estibadores y choferes. A continuación se listan sus principales funciones y responsabilidades.

Tabla 36. Definición de Funciones, Responsabilidades y Nivel de autoridad



TIPO DE EMPLEADO	Funciones	Responsabilidad	Nivel de autoridad
Supervisor de SGA	<ul style="list-style-type: none"> * Revisar la elaboración de documentos normativos y verificar la factibilidad de su aplicación. * Realizar las inducciones para el nuevo personal y las capacitaciones periódicas en relación a la norma ISO. * Revisar la legislación ambiental peruana y mantener actualizados los registros de requisitos legales. * Realizar las auditorías internas para verificar el cumplimiento de los requisitos del SGA. * Aprobar la selección de las acciones correctivas a implementar. * Proponer mejoras para el SGA. 	<ul style="list-style-type: none"> * La correcta elaboración de los procedimientos y los instructivos de trabajo. * Aprobación de las capacitaciones y cursos de formación en sostenibilidad de los empleados y personal operativo. * Asegurar la correcta difusión de los documentos normativos. * Definición apropiada de acciones correctivas y del aseguramiento de su eficacia. * Verificación del cumplimiento de la política, objetivos y metas ambientales. * Verificación de la normativa ambiental, resaltar los nuevos requisitos y del 	N-2
Asistente de SGA	<ul style="list-style-type: none"> * Identificar nuevos aspectos ambientales y/o mantener actualizado la significancia de estos. * Proponer objetivos, metas y programas del SGA. * Definir las necesidades de capacitación y formación de cada persona en la organización. * Gestionar los documentos del SGA, que incluye el registro, la actualización, el manejo de copias controladas y no controladas y la difusión de los mismos a las personas correspondientes. * Identificar situaciones peligrosas y de emergencia, y proponer planes de contingencia. * Hacer las mediciones del desempeño del SGA y el llenado de registros. 	<ul style="list-style-type: none"> * Elaboración, actualización y preselección de los aspectos ambientales. * Actualizar a la organización respecto de la normativa ambiental vigente. * Definición de programas ambientales para controlar los aspectos ambientales. * Desarrollo de las inducciones y capacitaciones en el SGA. * Difusión de la política, objetivos y metas ambientales. * Control documental del SGA. * Análisis de las causas de las no conformidades. 	N-3
Supervisor de Estibadores y Choferes	<ul style="list-style-type: none"> * Verificar la correcta ejecución de las actividades operativas. * Mantener las condiciones de seguridad apropiadas y verificar la disponibilidad de los implementos de seguridad. * Mantener registrado las cantidades de producción, en función a las cargas transportadas. * Manejar conflictos internos dentro de la organización, principalmente entre los estibadores. * Asegurar el manejo responsable de los recursos y equipos de la empresa. * Asignar la responsabilidad de los implementos al diferente personal operativo. * Verificar el cumplimiento de procedimientos 	<ul style="list-style-type: none"> * Correcta ejecución de los trabajos operativos en campo. * Verificar y dar aviso en caso los operadores no cuenten con los implementos de seguridad apropiados. * Negociación y la resolución de conflictos entre el personal operativo. * Asignación de responsabilidades por los equipos y herramientas de trabajo y responsabilidad compartida por la pérdida de estos. * Mantenimiento periódico de los camiones. * Transmisión de los resultados de las operaciones a la administración en función de las cantidades de carga transportadas por mercado y las cargas 	N-2
Personal Operativo	<ul style="list-style-type: none"> * Seguir las indicaciones de los procedimientos operativos y proponer mejoras según sea el caso. * Archivar los diferentes comprobantes como tickets de venta, facturas y guías de remisión. * Mantener la limpieza y el cuidado de sus implementos de trabajo. * Revisar el cumplimiento de los procedimientos entre sus colegas. * Identificar nuevos aspectos ambientales según sea el caso y comunicarlo al asistente de SGA. 	<ul style="list-style-type: none"> * Correcta manipulación, el estado y la pérdida de los implementos de trabajo. * El buen estado, la correcta manipulación y el aviso de mantenimiento de los camiones. * Mantenimiento del orden y limpieza del depósito central. * Reconocimiento, segregación y correcta disposición de los residuos sólidos generados de sus actividades. * Detección de potenciales aspectos ambientales. * Cumplimiento de la política ambiental y 	

Elaboración propia

Esta interacción entre la gestión ambiental y la planificación de rutas se evidencia en la influencia de la última para controlar un aspecto ambiental significativo. También el

sistema de gestión ambiental te ofrece un modelo de gestión basado en el ciclo de Deming donde el proceso de planificación es una parte fundamental del mismo. Por otro lado este sistema se enfoca en la mejora continua, lo cual es un aspecto clave para que logística Callao se convierta en una organización más competitiva y sea más sólida en su liderazgo actual.

El organigrama mostrado y las funciones, responsabilidades y nivel de autoridad detallados en la tabla tienen por objeto ser la base para el funcionamiento, mantenimiento y mejora de las propuestas mostradas.

4.3.2 Propuesta de Perfil Organizacional

En la siguiente imagen se muestra un esquema para el desarrollo de un perfil organizacional para la empresa en estudio.

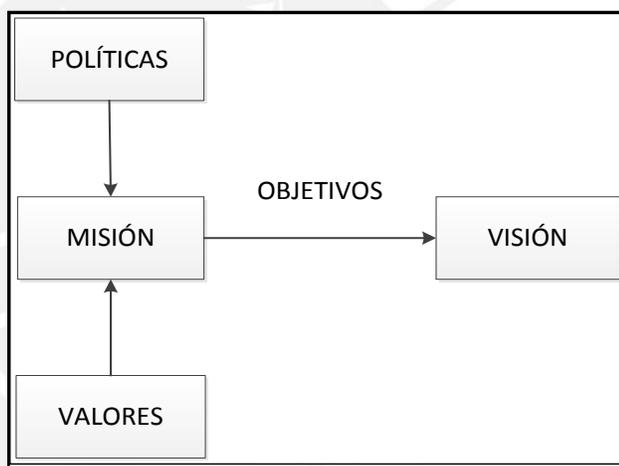


Figura 30. Esquema de Perfil Organizacional

Elaboración propia

En base a lo desarrollado hasta este momento se va proponer un perfil organizacional para la organización en estudio:

Visión

Ser una empresa peruana con un liderazgo **sólido** y reconocida por sus prácticas **sostenibles**.

Objetivos

- Implementar un sistema de gestión ambiental basado en la ISO 14001.
- Desarrollar un sistema que facilite la planificación de rutas.
- Capacitar a todos los empleados según sus requerimientos para mejorar la calidad de los recursos humanos y con ello asegurar la mejora continua.

Misión

Desarrollar una logística verde que satisfaga los requerimientos de los clientes, la comunidad y de nuestros colaboradores, y enfocar nuestros esfuerzos en la mejora continua de nuestras operaciones.

Valores

- Honestidad
- Integridad
- Perseverancia
- Disciplina

Políticas

Las políticas generales que podría manejar Logística Callao para la implementación de estas propuestas mejoras, pueden ser las siguientes:

- Capacitar a nuestros colaboradores en función de los requerimientos de su puesto y de la empresa.
- Revisión continua de nuestras operaciones para encontrar oportunidades de mejora.
- Incentivar y desarrollar una cultura de sostenibilidad que permita reducir los impactos con el medioambiente y mejorar nuestra ecoeficiencia.
- Respetar la normativa de nuestro sector y cumplir con nuestras obligaciones legales.
- Promover una cultura de responsabilidad social por medio del control del impacto de nuestras actividades.

Actualmente, como se mencionó en la descripción de la empresa, esta trabaja para el día a día, no planifica y no cuenta con un perfil organizacional definido. Todo lo anterior representa una propuesta para la estructura de su acción para el futuro, un marco sobre el cual desarrollar sus actividades. La definición de la visión, misión, objetivos, valores y políticas han sido basadas en los requerimientos de la empresa y en las propuestas desarrolladas. La gerencia general debe revisarla y según su evaluación aceptarla, modificarla o rechazarla.

CAPÍTULO 5: EVALUACIÓN ECONÓMICA

En este capítulo se realizará un análisis de costos relevantes donde se detallarán los costos actuales, las inversiones para las propuestas de mejora y los ahorros que justifican la inversión. Además se presentarán los indicadores económicos que justifiquen los desembolsos para la mejora.

5.1 Situación actual

Las propuestas de mejora tienen como objeto final reducir costos de operación. Los costos de operación actuales donde las propuestas de mejora se tiene previsto tendrán efecto son los siguientes:

- Costo de distribución diario

En la tabla 37 se muestra el costo diario actual de distribución en Logística Callao. En este caso solo se considera el costo de combustible, ya que es el costo relevante para el posterior análisis de las propuestas de mejora.

Tabla 37. Costo relevante diario actual

Km recorridos	Precio del Galón de Gasolina	Rendimiento (km/gl)	Costo diario de distribución
322.4	16.5	35	S/. 151.99

Elaboración propia

- Mantenimientos Periódicos

Los mantenimientos se realizan cada 4000 kilómetros. En base a la distancia total recorrida por día se calculará el número de mantenimientos equivalentes en el año. En la siguiente tabla se muestra el análisis.

Tabla 38. Costo anual de mantenimientos periódicos actuales

Recorrido diario (km)	Días al año	Recorrido anual	Frecuencia de mantenimiento (km/mantenimiento)	Cantidad de mantenimientos	Costo Unitario Promedio	Costo Anual
322.4	365	117676	4000	30	S/. 500.00	S/. 15,000.00

Elaboración propia

- Por pérdidas de implementos de trabajo

En base a las estadísticas de la empresa y el costo de los implementos de trabajo se muestra en la tabla siguiente el monto en el que incurre la empresa por reponer los implementos extraviados.

Tabla 39. Costo mensual por pérdida de implementos de trabajo

Implemento	Costo	Cantidad por mes	Total
Tacho Tipo 3	S/. 60.00	4	S/. 240.00

Elaboración propia

- Por multas referidas a un mal manejo ambiental

En la tabla 40 se detalla el monto de la sanción por el mal manejo de residuos sólidos que la empresa recibe en una frecuencia de dos veces al año en promedio.

Tabla 40. Monto de la sanción por mal manejo de residuos sólidos

Frecuencia al año	Multa (UIT)	Total
2	1	S/. 7,600.00

Elaboración propia

La multa correspondiente por una mala disposición de residuos sólidos, donde estos son arrojados a la ribera de playas, tiene un valor de una unidad impositiva tributaria para personas jurídicas⁸.

5.2 Situación futura

Las propuestas de mejora, como se mencionó en la sección anterior, tienen como objetivo reducir y/o eliminar costos de operación. Para el caso de Logística Callao E.I.R.L. en la tabla 41 se detallan los ahorros gracias a la futura implementación de las propuestas de mejora.

Tabla 41. Resumen del impacto económico de las propuestas de mejora

Actividades y/o hechos adversos	Costo Actual	Frecuencia del costo	Propuesta de mejora	Descripción	Ahorro según frecuencia	Ahorro anual
Logística de los residuos sólidos orgánicos	S/. 151.99	Diario	Aplicación de algoritmos de ruteo de vehículos	Modelar la situación actual y optimizar las rutas	S/. 25.00	S/. 9,000.00
Mantenimientos periódicos	S/. 15,000.00	Anual	Aplicación de algoritmos de ruteo de vehículos	Modelar la situación actual y optimizar las rutas	S/. 2,500.00	S/. 2,500.00
Pérdida de implementos de trabajo	S/. 240.00	Mensual	Implementación de un Sistema de Gestión Ambiental	Definición de responsabilidades a través del Sistema de Gestión Ambiental	S/. 240.00	S/. 2,880.00
Multas por malos manejos ambientales	S/. 7,600.00	Anual	Implementación de un Sistema de Gestión Ambiental	Establecimiento e implementación de procedimientos e instructivos de trabajo	S/. 7,600.00	S/. 7,600.00
						S/. 21,980.00

Elaboración propia

Además de lo mencionado también se tienen ahorros por la reducción de mantenimientos de los camiones ya que ahora se respetará la capacidad de carga de cada uno de ellos con lo que se facilita la planificación de mantenimiento. En la Tabla 42 se muestra el detalle del cálculo del ahorro por reducción de cantidad de mantenimientos anuales.

Tabla 42. Detalle de la reducción de costos por mantenimientos

Recorrido diario (km)	Días al año	Recorrido anual	Frecuencia de mantenimiento (km/mantenimiento)	Cantidad de mantenimientos	Costo Unitario Promedio	Costo Anual
322.4	365	117676	4000	30	S/. 500.00	S/. 15,000.00
264.8	365	96652	4000	25	S/. 500.00	S/. 12,500.00
						S/. 2,500.00

Elaboración Propia

Para la implementación de estas propuestas de mejora se necesitan las siguientes inversiones, las cuales se detallan en la tabla 43:

Tabla 43. Inversiones para la implementación de las propuestas de mejora

Propuesta de Mejora	Inversión	Descripción	Monto
Implementación de un SGA	Implementación en la empresa	Desarrollada en la organización	S/. 12,194.00
Aplicación de algoritmos de ruteo de vehículos	Consultor Independiente	Desarrollo del modelo y corrida del mismo	S/. 3,500.00
			S/. 15,694.00

Elaboración propia

Estas inversiones son realizadas en el tiempo, el cual se estima que podría ser en un año, para justificar lo anterior se muestra un posible cronograma de implementación de las mejoras donde se detallan plazos y las cantidades invertidas.

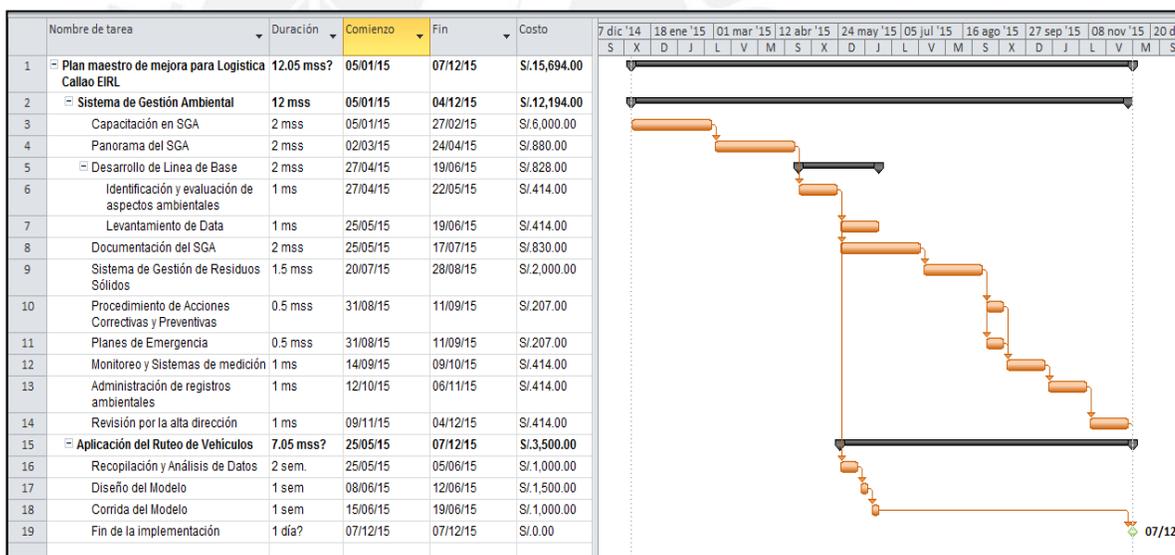


Figura 31. Cronograma de Implementación de las propuestas de mejora

Elaboración propia

Para el caso de las capacitaciones estas son para el gerente general, el administrador y dos operarios. El costo del curso de interpretación e implementación de sistemas de gestión ambiental esta en promedio 1500 soles. Este es un precio referencial manejado por las principales certificadoras.

Respecto del panorama del SGA este consta de charlas a toda la empresa y el costo está representado por las horas hombre invertidas en ello.

En el anexo 23 se muestra el detalle de los montos considerados en cada una de las actividades para la implementación del sistema de gestión ambiental. Debido a que se capacitó al personal de la empresa para la implementación, es que los costos incluidos son los invertidos en horas hombre durante la semana y por el tiempo de duración estimado de la actividad. En el caso de la implementación del sistema de gestión de residuos sólidos, se incluye un monto referido a los materiales y la gestión visual.

5.3 Indicadores económicos

En la siguiente Tabla se muestra las inversiones y los ahorros por año. Cabe destacar que las inversiones del orden de S/.8350 corresponden al pago por el consultor y por el mantenimiento del Sistema de Gestión Ambiental (Se estima de manera general un 40% del costo de implementación). El pago del consultor se considera que se incurre cada año, ya que es posible que se produzca algún cambio en las rutas de la empresa, ya sea por la inclusión de un mercado más o por la necesidad de incluir un camión adicional.

Tabla 44. Resumen de Inversiones y Ahorros de las propuestas de mejora

	1	2	3	4	5
Inversión	S/. 15,700.00	S/. 8,350.00	S/. 8,350.00	S/. 8,350.00	S/. 8,350.00
Ahorros		S/. 21,980.00	S/. 21,980.00	S/. 21,980.00	S/. 21,980.00
Total	S/. -15,700.00	S/. 13,630.00	S/. 13,630.00	S/. 13,630.00	S/. 13,630.00

Elaboración Propia

A continuación se muestran los indicadores económicos del periodo de evaluación que en este caso es 5 años.

Tabla 45. Indicadores económicos del resultado de las propuestas de mejora

Costo de Oportunidad*	7%
VPN	S/.28,474.48
TIR	78%
Periodo de Recuperación	3 años

Elaboración propia

El costo de oportunidad de 7% está representado por la tasa de interés ofrecida por un banco comercial, la cual es la más alta del mercado. Con esta tasa se descontaron los flujos y se obtuvo un valor presente neto de S/. 28474.48. Por otro lado se calculó la tasa interna de retorno, esta arrojó un valor de 78% anual, lo cual es muy atractivo.

Finalmente se determinó que al término del tercer año la empresa habrá recuperado su inversión o lo que es lo mismo a partir de esa fecha se hace sostenible las propuestas de mejora.



CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En esta última sección se detallarán las conclusiones de este trabajo referidas a la aplicación de las propuestas de mejora, su interacción y sinergia y cómo las herramientas de ingeniería industrial pueden ser aplicadas a las actividades cotidianas e incrementar la eficiencia de los procesos. Por último se brindarán recomendaciones para que la empresa tenga más claro cómo implementar estas propuestas.

6.1 CONCLUSIONES

A continuación se describirán las conclusiones referidas a las propuestas de mejora:

- La implementación de un sistema de gestión ambiental ayuda en la definición clara de funciones, responsabilidad y autoridad dentro del alcance de este sistema.

Se pudo observar como con esta propuesta se incluyeron nuevos puestos, como el de supervisor de choferes y estibadores, el supervisor de SGA y el asistente del SGA. Al recibir la capacitación, los mismos empleados tienen la competencia para asumir estas posiciones, sin incurrir en costos adicionales por contratar otras personas.

- Se introduce la concientización por el ambiente y el desarrollo sostenible.

Por medio del sistema de gestión y con la implementación del sistema de planificación de rutas se puede controlar los aspectos ambientales significativos, incrementar la eficiencia de su proceso central, reducir la frecuencia de mantenimientos y contribuir con el desarrollo sostenible, tal como se establece en la política propuesta.



Figura 32. Componentes del Desarrollo Sostenible

- Producto de la interacción de las propuestas de mejora se puede elevar la moral y satisfacción de los trabajadores, ello se puede medir por indicadores como la reducción de tachos perdidos, la reducción de niveles de ausentismo, la disminución de la frecuencia de pérdida de combustibles, el incremento de personal que acatan las nuevas normas ambientales y el respeto con la nueva planificación de rutas. Además de encuestas de satisfacción de personal.
- Se introduce un enfoque de mejora continua en toda la organización

Con las capacitaciones constantes el personal conoce la estructura de la norma y la base de esta que es el PDCA de Deming. Luego con la participación de los empleados en la implementación del sistema de gestión ambiental, de residuos sólidos y de planificación de rutas, ellos pueden observar como los indicadores de eficiencia arrojan mejores resultados. Por lo tanto van a adquirir un nuevo enfoque y van a trabajar de una forma más productiva y consciente sin olvidar los impactos con el medio ambiente.

- Se pudo observar como la aplicación de las herramientas de ingeniería industrial como la investigación de operaciones y la implementación de un sistema de gestión ambiental impacta positivamente en las tres dimensiones del desarrollo sostenible. Respecto de los costos, permite un ahorro de 21980 soles por año, donde al tercer año la inversión se recupera. En relación a la sociedad y al ambiente, con la introducción de mejores prácticas ambientales y el incremento de la eficiencia de los procesos se reducen los niveles de impactos ambientales y se controlan los aspectos ambientales significativos.

6.2 RECOMENDACIONES

Las siguientes recomendaciones tienen por objeto clarificar la forma de implementar estas propuestas por parte de la empresa, son las siguientes:

- Las personas que recibirán la capacitación deben estudiar a conciencia cada una de las lecciones que en esta se imparte, además de consultar bibliografía adicional referida a casos reales de implementación.

- Algunos programas de capacitación incluye como un servicio adicional la asesoría para la implementación de este sistema en las empresas, si es posible conseguir un programa con estas características sería mejor.
- Se deben diseñar formatos estándar para el recojo de datos del proceso como la cantidad de carga recogida de los mercados, la cantidad entregada, y el tiempo desde el punto de partida, llegada al cliente y regreso. Todo ello con el objeto de encontrar otra oportunidad de mejora.
- Impartir periódicamente talleres de identificación de no conformidades y acciones correctivas.
- Desarrollar una hoja de cálculo de las planificaciones de las rutas y hacer seguimiento a los resultados diarios para controlar las desviaciones de los mismos.
- Comunicar periódicamente el compromiso de la gerencia general con este nuevo sistema y la importancia del compromiso de los trabajadores para su mantenimiento y mejora. Siempre resaltando los impactos en cuánto a los términos económicos, sociales y ambientales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Burke, W. (1988). Desarrollo Organizacional: punto de vista normativo. México, Editorial Sitsa.

David Hunt, Catherine Johnson. Sistemas de Gestión Medioambiental. Edición 1996, en español
McGraw Hill

² Desarrollo de un Framework para el Problema de Ruteo de Vehículos

<http://es.scribd.com/doc/82117909/65/Figura-17-Ejemplo-para-el-Algoritmo-de-Ahorros-de-Clark-Wright> (Consulta 25/04/2014)

^{5,6} Familia de normas ISO 9000. Orientación sobre el concepto y uso del “Enfoque basado en procesos” para los sistemas de gestión. Documento: ISO/TC 176/SC 2/N 544 R2 Mayo 2004.

Gaskell, T. Bases for vehicle fleet scheduling. Operational Research Quarterly. No. 18 (1967), pp. 281-295. Citado por Julio Mario Daza, Jairo R. Montoya y Francesco Narducci en Resolución del Problema de enrutamiento de vehículos con limitaciones de capacidad utilizando un procedimiento metaheurístico de dos fases (2009)

Hax y Majluf citado en Burke, W. (1988). Desarrollo Organizacional: punto de vista normativo. México, Editorial Sitsa.

⁷ Ignizio, J. and Cavalier, T. Linear programming. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1994, 666 p. Citado por Julio Mario Daza, Jairo R. Montoya y Francesco Narducci en Resolución del Problema de enrutamiento de vehículos con limitaciones de capacidad utilizando un procedimiento metaheurístico de dos fases (2009)

Instituto para la Calidad de la PUCP. Curso de especialización en sistemas de gestión ambiental según ISO 14001:2004 (02/2014-03/2014)

Juan Weston Zinelli. Implementación de un Sistema de Gestión Ambiental: recomendaciones para la pequeña y mediana industria. Publicado por el Instituto de la Calidad de la Pontificia Universidad Católica del Perú en el 2012.

⁴ Logística Callao E.I.R.L. Información proporcionada por la empresa en base a su análisis del mercado competidor.

^{1,3} Ministerio de Agricultura

<http://www.minag.gob.pe/portal/sector-agrario/pecuaria/cadenas-productivas> (Consulta 17/04/2014)

⁸ Municipalidad Metropolitana de Lima

<http://www.munlima.gob.pe/limaambiental/images/archivos/proyectos-ordenanzas-ambientales/gestion-metropolitana-de-residuos-solidos.pdf> (Consulta 26/10/2014)

Norma Técnica Peruana NTP-ISO 14001 – 2008. Sistemas de Gestión Ambiental – Especificaciones y Directrices para su Utilización. Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales – INDECOPI. Enero 2009.

OLIVERA, Alfredo. 2004 Heurísticas para Problemas de Ruteo de Vehículos. Montevideo: Instituto de Computación, Facultad de Ingeniería, Universidad de la República.

Rodríguez, D. (2001). Diagnóstico Organizacional. México, Grupo Editor Alfa Omega S.A. de C.V.

Weisbord, citado en Burke, W. (1988). Desarrollo Organizacional: punto de vista normativo. México, Editorial Sitesa.

WINSTON, Wayne 2006 “Programación Lineal”. Investigación de operaciones: aplicaciones y algoritmos. México: Thomson.