



Propuesta de un modelo de inteligencia artificial basado en PLN para la normalización y geocodificación de direcciones en la logística de última milla de SE Logistics Ecuador.

026

Trabajo fin de estudio presentado por:	Jimmy Rugel Bejarano
Tipo de trabajo:	TFM-Inteligencia Artificial
Director/a:	Deidy Gutiérrez Niño
Fecha:	26 marzo de 2026

Índice

1	Resumen	3
2	Abstract	3
3	Introducción.....	4
3.1	Objetivo General	5
3.2	Objetivos Específicos	5
3.3	Metodología	5
3.3.1	Identificación y Análisis del Problema	6
3.3.2	Planificación de la Solución	6
4	Identificación y descripción un problema al interior de la organización.....	7
4.1	Descripción de la empresa a intervenir.....	7
4.1.1	Misión.....	7
4.1.2	Visión.....	7
4.1.3	Mapa de procesos.....	8
4.1.4	Descripción del proceso a intervenir	8
4.1.5	Descripción del problema que presenta el proceso	9
5	Establecimiento de planes de acción para la solución del problema.....	12
5.1	Establecimiento de objetivos	12
5.2	Descripción de la solución	13
5.3	Secuencia de actividades para ejecución de la solución	14
5.4	Descripción de recursos necesarios para la ejecución de la solución.....	15
6	Definición del alcance de la solución, partes interesadas, cronograma y presupuestos. 18	
6.1	Alcance final de la solución.....	18
6.2	Identificación de responsables de las actividades para ejecución	19
6.3	Cronograma de ejecución	19
6.4	Presupuesto.....	21
7	Referencias bibliográficas.....	22

1 Resumen

La presente propuesta aborda el desafío operativo de SE Logistics Ecuador frente al procesamiento de envíos en la logística de última milla, cuyo principal cuello de botella radica en la recepción de direcciones no estructuradas mediante un único campo de texto. Esta aglomeración de datos impide el enrutamiento automatizado y obliga al personal operativo a realizar la lectura y clasificación manual de cada guía física, generando ineficiencias en los andenes y devoluciones de paquetería. Para resolver esta problemática, se propone el diseño e implementación de un modelo de Inteligencia Artificial basado en Procesamiento de Lenguaje Natural (PLN).

Bajo una metodología de investigación-acción, se estructuró una solución tecnológica no intrusiva (middleware) capaz de interpretar semánticamente el texto crudo, extraer las entidades geográficas clave y realizar un cruce espacial para su geocodificación automatizada. Como resultado, el sistema genera un código alfanumérico corto que se imprime en la etiqueta, permitiendo una zonificación visual y ágil sin alterar las integraciones (APIs) de los clientes corporativos. El plan de acción, planificado para una ejecución de nueve meses, demuestra una alta viabilidad financiera, justificando su retorno de inversión al erradicar la clasificación empírica, optimizar los tiempos de distribución y reducir las penalizaciones por entregas fallidas.

Palabras clave: Inteligencia Artificial, Procesamiento de Lenguaje Natural, Geocodificación, Logística de última milla, Normalización de datos, Investigación-acción.

2 Abstract

This proposal addresses the operational challenge faced by SE Logistics Ecuador in shipment processing for last-mile logistics, where the primary bottleneck lies in receiving unstructured addresses through a single text field. This data agglomeration prevents automated routing and forces operational staff to manually read and sort each physical waybill, leading to inefficiencies on the loading docks and package returns. To resolve this issue, the design and implementation of an Artificial Intelligence model based on Natural Language Processing (NLP) is proposed.

Using an action-research methodology, a non-intrusive technological solution (middleware) was structured to semantically interpret raw text, extract key geographic entities, and perform spatial cross-referencing for automated geocoding. As a result, the system generates a short alphanumeric code printed on the shipping label, enabling agile visual zoning without altering the existing integrations (APIs) of corporate clients. The action plan, scheduled for a nine-month execution, demonstrates high financial viability. It justifies its return on investment by eradicating empirical sorting, optimizing distribution times, and reducing financial penalties caused by failed deliveries.

Keywords: Artificial Intelligence, Natural Language Processing, Geocoding, Last-mile logistics, Data normalization, Action research.

3 Introducción

Este proyecto de aplicación en investigación-acción se centró en la identificación y resolución de la normalización y geocodificación de direcciones no estructuradas ingresadas en un campo de texto único en SE Logistics Ecuador, permitiendo integrar teoría y práctica en un entorno real. Mediante un enfoque de investigación-acción, se desarrollaron habilidades de diagnóstico, análisis y planificación orientadas a mejorar la eficiencia y efectividad de un proceso crítico en la organización. La estructura del proyecto incluyó una revisión exhaustiva del contexto organizacional y la implementación de una solución factible que responde a las necesidades de la organización y optimiza su desempeño.

El procesamiento de direcciones no estructuradas es un desafío crítico en Ecuador, donde las ciudades carecen de una nomenclatura urbana uniforme y las direcciones oficiales rara vez coinciden con su denominación popular. Ante esta realidad, los usuarios ingresan sus datos de envío utilizando referencias descriptivas o hitos en un único campo de texto libre. La urgencia de una solución inteligente radica en que SE Logistics atiende a una masiva cartera de clientes corporativos (B2B) cuyos sistemas de información ya están integrados a este formato de campo único mediante APIs. Modificar la estructura de este campo en el sistema central para forzar una estandarización manual es estratégicamente inviable, ya que obligaría a cientos de clientes a modificar sus propios desarrollos de software, generando un impacto negativo incalculable. Esta aglomeración de datos impide el ruteo automático y obliga a SE Logistics a realizar costosas intervenciones manuales para descifrar cada destino.

Frente a esta severa limitación técnica y operativa, se destaca que los modelos de Inteligencia Artificial superan a los métodos tradicionales de validación de bases de datos; por ejemplo, Singhal et al. (2024) demostró que aplicar arquitecturas Seq2Seq de Procesamiento de Lenguaje Natural (PLN) permite transformar textos geográficos caóticos en datos espaciales estructurados, reduciendo drásticamente las fallas de entrega. Asimismo, en entornos de altísima transaccionalidad, Hong et al. (2025) concluye que integrar mecanismos de atención múltiple permite a las plataformas logísticas interpretar y corregir formatos complejos de direcciones en tiempo real. Esta capacidad computacional para extraer valor de datos ambiguos consolida a la IA como la herramienta idónea para interpretar el lenguaje humano en los procesos operativos, tal como afirma Delso Vicente et al. (2024) al analizar la evolución del PLN como una infraestructura clave en la innovación y optimización ininterrumpida de la cadena de suministro.

La convergencia de estos enfoques teóricos sustenta el diseño de una solución integral. La propuesta para SE Logistics Ecuador se enfocará en implementar un modelo de PLN capaz de interpretar semánticamente el campo de texto actual de forma invisible (en el backend) sin alterar las integraciones tecnológicas de los clientes, extrayendo las entidades geográficas para asignar coordenadas precisas y resolviendo de raíz el cuello de botella del ruteo.

3.1 Objetivo General

El objetivo principal del proyecto fue desarrollar una solución operativa al problema de la normalización y geocodificación de direcciones no estructuradas en el proceso de Recepción de Guías y Ruteo de SE Logistics Ecuador. La intervención se orientó no solo a corregir el problema identificado, sino también a proporcionar una propuesta sostenible que pudiera integrarse de forma transparente en el backend de la organización sin afectar las conexiones API de los clientes corporativos actuales, elevando los niveles de eficiencia y alcanzando los estándares de desempeño requeridos en el proceso intervenido.

3.2 Objetivos Específicos

Para cumplir con el objetivo general, se establecieron tres objetivos específicos:

1. Realizar una identificación detallada del problema en su contexto organizacional, determinando causas raíz y evaluando su impacto en el desempeño general del proceso.
2. Diseñar un plan de acción estructurado con objetivos claros, actividades específicas y recursos definidos para la ejecución de la solución.
3. Establecer el alcance de la intervención, definiendo responsables, cronograma y presupuesto, para asegurar que la implementación sea organizada y efectiva.

3.3 Metodología

El proyecto se desarrolló mediante la metodología de investigación-acción, la cual facilitó la colaboración continua entre el equipo de estudiantes y docente asesor. Esta metodología permitió un enfoque sistemático para identificar problemas, formular hipótesis y aplicar soluciones en un contexto real, ajustando las estrategias conforme se avanzaba en el proyecto. La investigación-acción proporcionó un marco flexible y participativo para ejecutar el proyecto de manera estructurada, generando una intervención bien fundamentada y con alto potencial de impacto.

El desarrollo del proyecto se estructuró en tres etapas secuenciales, cada una de las cuales abordó un aspecto específico de la intervención. En la primera etapa, se identificó y analizó el problema organizacional, incluyendo una descripción detallada de la organización, su misión, visión y el proceso específico afectado. La segunda etapa se centró en la planificación de la solución, estableciendo objetivos y actividades concretas para abordar el problema. En la tercera fase, se definieron aspectos operativos como el cronograma, el presupuesto y la asignación de roles.

- Propuesta de un modelo de inteligencia artificial basado en PLN para la normalización y geocodificación de direcciones en la logística de última milla de SE Logistics Ecuador.

3.3.1 Identificación y Análisis del Problema

En la primera etapa, se realizó un análisis exhaustivo de la organización y del contexto en el cual se desarrolla el proceso afectado. Se documentó el problema identificando sus causas raíz, efectos y puntos críticos que afectaban el desempeño del proceso. Este diagnóstico inicial fue esencial para estructurar la solución y asegurar que la intervención respondiera de manera precisa a las necesidades de la organización.

Para este diagnóstico se utilizó un enfoque mixto: observación directa de las guías en el sistema de información (para analizar la morfología del campo de texto único) y extracción de reportes de los KPIs operativos (para medir el impacto de las devoluciones por "dirección incorrecta" o "mal zonificado").

3.3.2 Planificación de la Solución

En la segunda etapa, se desarrolló un plan de acción detallado que incluyó la definición de objetivos específicos y una secuencia de actividades que permitiría mitigar o resolver el problema identificado. Esta fase incluyó el diseño de una estrategia de ejecución organizada y estructurada que facilitara el logro de los objetivos propuestos y maximizara la eficiencia del proceso intervenido. La planificación detallada de actividades y recursos fue clave para asegurar una implementación precisa y efectiva.

3.3.2.1 Definición de Alcance y Recursos

La tercera etapa se enfocó en delimitar el alcance de la intervención y los recursos necesarios. Se establecieron responsables para cada actividad, y se elaboró un cronograma de ejecución para controlar el avance de la implementación. Asimismo, se desarrolló un presupuesto que detalló los costos asociados a cada fase, permitiendo optimizar la asignación de recursos. Esta fase aseguró que todas las variables críticas estuvieran alineadas para una ejecución sin interrupciones.

- Propuesta de un modelo de inteligencia artificial basado en PLN para la normalización y geocodificación de direcciones en la logística de última milla de SE Logistics Ecuador.

4 Identificación y descripción un problema al interior de la organización

En la actualidad, SE Logistics Ecuador enfrenta un desafío crítico en su departamento de Operaciones, específicamente en las etapas de procesamiento de envíos y distribución del macroproceso MECE Logística. El problema central radica en la imposibilidad de automatizar la zonificación de la paquetería debido a que la información geográfica del destinatario se captura en un único campo de texto libre. La causa raíz es estructural: los sistemas transaccionales ya están integrados bajo esta arquitectura con cientos de clientes corporativos, lo que vuelve inviable fragmentar el campo sin colapsar las operaciones B2B. El efecto inmediato de esta aglomeración de datos es la incapacidad del software para geocodificar las direcciones, lo que traslada el problema digital a un cuello de botella físico en los centros logísticos. Al fallar el enrutamiento automático, los operadores se ven obligados a realizar clasificaciones manuales basadas en la lectura física de las guías, incrementando exponencialmente los tiempos de traslado interno hacia los andenes, elevando los márgenes de error en el embarque y afectando el objetivo organizacional de garantizar oportunidad en la última milla.

4.1 Descripción de la empresa a intervenir

SE Logistics Ecuador es la compañía que domina el mercado logístico en el país. Cuenta con una infraestructura robusta y una red de distribución que le permite tener un alcance y cobertura a casi todo el territorio ecuatoriano. Su modelo de negocio abarca toda la cadena de suministro, ofreciendo servicios integrales de recolección, procesamiento, transporte y distribución de paquetería y documentos, atendiendo tanto a usuarios finales (B2C) en puntos de venta como a grandes volúmenes de clientes corporativos (B2B).

4.1.1 Misión

"Satisfacer totalmente las necesidades de logística y comunicación integral de nuestros Clientes, a través de la excelencia en el servicio, el desarrollo integral de nuestros Líderes de Acción y el sentido de compromiso con nuestras familias y nuestro país." (SE Logistics Ecuador, s.f.).

4.1.2 Visión

"Queremos que SE Logistics sea un modelo de empresa innovadora, líder en servicios de logística y comunicación, por seguridad, oportunidad y confiabilidad en América, con presencia competitiva a nivel mundial." (SE Logistics Ecuador, s.f.).

4.1.3 Mapa de procesos

A continuación, se presenta el mapa de procesos de SE Logistics Ecuador. La organización estructura su directriz bajo un "Centro Ejecutivo Vital" que rige dos macroprocesos principales: el MECE Mercadeo y el MECE Logística. El MECE Mercadeo se encarga de la captación comercial a través de sus canales de Soluciones Corporativas (integraciones B2B), Soluciones Retail (puntos de servicio para clientes finales) e Internacional. Toda la información y la paquetería captada por estas tres ramas de mercadeo fluyen de manera directa hacia el core del negocio: el MECE Logística.

Dentro del MECE Logística, el flujo operativo sigue una secuencia lineal estricta. Inicia con la Recolección de paquetes en las instalaciones de los clientes corporativos o puntos de acopio, los cuales ingresan a los centros logísticos para la fase de Procesamiento de envíos. Es en esta etapa crítica donde se lleva a cabo la lectura y zonificación de la paquetería. Posteriormente, el proceso avanza hacia la Distribución, fase en la cual actualmente se realiza el ruteo de manera manual, dependiendo netamente del conocimiento geográfico empírico del personal courier hacia los destinos finales debido a la falta de estructuración de las direcciones. Finalmente, la cadena se complementa con el servicio de Almacén e Inventario para aquellos clientes que mantienen stock con la empresa. Este proyecto de intervención con Inteligencia Artificial se centra exclusivamente en el MECE Logística, específicamente en el cuello de botella que se genera entre el Procesamiento de envíos y la Distribución.

Ilustración 1. Mapa de procesos



Fuente: Creación Propia.

4.1.4 Descripción del proceso a intervenir

El proceso a intervenir pertenece al macroproceso MECE Logística, específicamente en la fase de Procesamiento de envíos y su transición hacia la Distribución.

Este subproceso consiste en la zonificación y clasificación de la paquetería. Actualmente, los operadores realizan una lectura manual de las guías físicas adheridas a los envíos para interpretar la dirección y determinar la zona de destino. Una vez zonificados, los paquetes se consolidan en pallets y se trasladan internamente hacia los andenes correspondientes. Finalmente, en estos andenes se embarca la carga en los camiones, los cuales ya cuentan con una ruta designada (urbana o nacional) para ejecutar la distribución final.

4.1.5 Descripción del problema que presenta el proceso

El problema que presenta este proceso es el bloqueo en la automatización de la zonificación, provocado por la recepción de direcciones desestructuradas en un único campo de texto. Al no existir coordenadas precisas desde el origen, el sistema digital delega la responsabilidad del ruteo al esfuerzo físico y empírico del personal del centro logístico, ralentizando toda la cadena de distribución.

La detección y validación de este problema, y su impacto físico en la operación, se realizó mediante las siguientes técnicas:

- Observación directa: Se constató en el centro logístico que, ante la imposibilidad del sistema de procesar el texto libre, los operadores del centro logístico deben realizar una lectura visual de cada guía impresa. Para evidenciar el impacto de este fenómeno en el entorno operativo actual, se elaboró la siguiente matriz DOFA:

Tabla 1. Matriz DOFA del proceso actual de Zonificación y Ruteo

Análisis Interno (Fortalezas y Debilidades)	Análisis Externo (Oportunidades y Amenazas)
Fortalezas (F)	Oportunidades (O)
1. Experiencia del personal : Alto conocimiento geográfico empírico de la ciudad y referencias populares por parte del personal del centro logístico y couriers.	1. Implementación de Inteligencia Artificial : Disponibilidad de modelos de PLN para normalizar texto libre y extraer entidades de la jerga urbana ecuatoriana.
2. Disposición operativa : Alta disposición del personal para resolver "excepciones" logísticas manualmente, incluyendo confirmación telefónica con clientes.	2. Innovación operativa (Sortation Code) : Posibilidad de implementar un código de enrutamiento visual/alfanumérico en la guía para agilizar el embarque.
3. Infraestructura y mercado : Posición dominante en el mercado e infraestructura física en andenes bien delimitada para la distribución.	3. Integración transparente : Capacidad de crear un middleware que automatice la geocodificación en segundo plano sin forzar cambios en sistemas B2B de clientes corporativos.
Debilidades (D)	Amenazas (A)
1. Dependencia manual extrema : El ruteo de paquetería depende enteramente de la lectura visual y manual de cada guía física por parte de los operadores.	1. Cultura de datos informal : Falta de nomenclatura urbana estandarizada en el país, provocando direcciones caóticas y referenciales por parte de los usuarios.
2. Datos deficientes desde el origen : El sistema transaccional recibe direcciones en un campo de texto libre único, sin validación estructural ni coordenadas.	2. Colapso en picos de demanda : Riesgo inminente de saturación operativa en andenes durante temporadas altas (ej. Black Friday, Navidad) por falta de escalabilidad del proceso manual.
3. Cuellos de botella físicos : Lentitud extrema en la clasificación de paquetería hacia pallets/andenes ante direcciones largas o ambiguas.	3. Impacto en el nivel de servicio : Incremento de entregas fallidas, devoluciones y posible pérdida de clientes corporativos debido a retrasos en la última milla causados por una mala zonificación inicial.

Fuente: Creación propia basada en observación in situ.

- Análisis de reportes operativos: Se extrajeron y analizaron las métricas de operación y los KPIs (Key Performance Indicators) del sistema central correspondientes al último trimestre. Se detectó que la causa principal de retrasos y retornos no obedece a factores vehiculares, sino a la calidad del dato de origen. A continuación, se detallan los resultados:

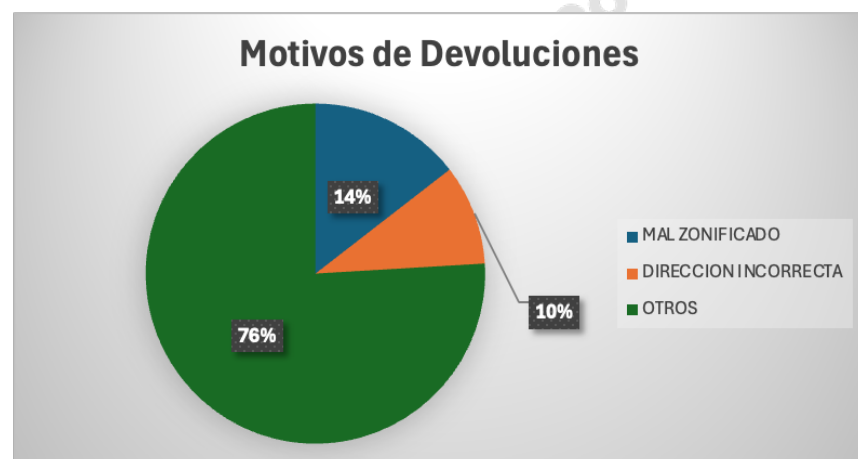
- Propuesta de un modelo de inteligencia artificial basado en PLN para la normalización y geocodificación de direcciones en la logística de última milla de SE Logistics Ecuador. 10

Tabla 2. Causas de excepciones y retrasos en ruteo

MOTIVOS DE DEVOLUCIONES	CANTIDAD	%
MAL ZONIFICADO	25792	14%
DIRECCION INCORRECTA	16939	10%
OTROS	134911	76%
TOTAL	177642	100%

Fuente: Tomado de las métricas del sistema logístico de SE Logistics Ecuador.

Gráfico 1. Motivos de Devoluciones (Último trimestre)



Fuente: Creación propia con base en las estadísticas del sistema logístico de SE Logistics Ecuador.

Como evidencia, el 24% de las novedades operativas ("Mal Zonificado" y "Dirección Incorrecta") se derivan directamente del problema central: la lectura manual y la creación de guías con un campo de texto único.

- Entrevistas no estructuradas: Se realizaron diálogos directos con el personal operativo clave (2 supervisores de distribución y 3 couriers) durante sus turnos de trabajo en los andenes. A continuación, se presenta la evidencia de las preguntas utilizadas, las respuestas y el consenso general:

Pregunta 1: ¿Cuál es la mayor dificultad técnica o física al momento de asignar los paquetes a las rutas en los andenes?

Respuesta: El texto de la dirección suele ser excesivamente largo. Los clientes mezclan el nombre del barrio con instrucciones o referencias, lo que confunde al nuevo personal que, a diferencia del antiguo, no tienen mucho conocimiento de las calles, rutas o zonas de referencia.

Pregunta 2: ¿Cuánto tiempo adicional estima que se invierte resolviendo el destino de una guía mal estructurada?

Respuesta: Un paquete normal toma segundos, pero uno con dirección confusa puede tomar entre 3 a 5 minutos, ya que requiere llamar al cliente para confirmar las calles o referencia. En ocasiones puede tomar mucho más tiempo porque el cliente no contesta y toca enviar el paquete al departamento de confirmaciones, retrasando la salida de un paquete hasta por 48 horas.

Pregunta 3: ¿De qué manera impacta este esfuerzo manual en la zonificación que se realiza en bodega?

Respuesta: Genera cuellos de botella severos en la zona de embarque, retrasa la salida de los camiones a la calle en la mañana y suele traducirse en la necesidad de cumplir horas extras para terminar la ruta asignada. Llegando incluso a causar devoluciones por no haber podido entregarse los paquetes.

Coincidencias de los entrevistados:

El 100% de los entrevistados coincidió en que el origen del problema es el campo único de dirección desde el sistema de los clientes. Asimismo, todos concordaron en que el tiempo invertido de manera manual tratando de descifrar estas referencias es la causa raíz directa del retraso en el embarque de los camiones y del elevado margen de entregas fallidas.

5 Establecimiento de planes de acción para la solución del problema

El presente plan de acción tiene como propósito estructurar la implementación de una solución tecnológica basada en Inteligencia Artificial que resuelva el cuello de botella físico y digital en el proceso de zonificación de SE Logistics Ecuador. A través de este plan, se busca abordar la causa raíz del problema "el ingreso de direcciones no estructuradas en un campo de texto único inmodificable" garantizando que las actividades propuestas sean medibles, organizadas en un ciclo lógico de implementación y cuenten con la descripción exacta de los recursos necesarios. De este modo, se promueve una automatización sostenible sin afectar las integraciones API de los clientes corporativos.

5.1 Establecimiento de objetivos

Para asegurar que la intervención tecnológica responda de manera precisa a la causa raíz del problema identificado, se han definido los siguientes objetivos. Estos lineamientos guiarán el diseño, desarrollo e implementación de la solución, garantizando que cada fase del plan de acción esté directamente alineada con la meta de optimizar la eficiencia operativa.

Objetivo General:

Implementar y validar un modelo operativo de Inteligencia Artificial (PLN) para la normalización y geocodificación de direcciones no estructuradas, automatizando la asignación de rutas mediante la generación de un código alfanumérico impreso en la guía para agilizar la zonificación y el embarque en el centro logístico de SE Logistics Ecuador.

Objetivos Específicos:

- Desarrollar y entrenar un algoritmo de Procesamiento de Lenguaje Natural (PLN) capaz de interpretar texto libre, depurando el lenguaje y extrayendo las entidades geográficas clave.
- Construir una API (Middleware) que reciba el campo de texto único original desde el sistema central, ejecute el modelo de PLN para su normalización y cruce espacialmente las entidades extraídas con la matriz interna de zonas, asignando la ubicación exacta de forma transparente que optimice el ruteo y las entregas.
- Modificar el formato de impresión de la etiqueta física para reflejar el código de zona geocodificado por la IA, ejecutando una prueba piloto en el centro logístico para medir la reducción del tiempo de lectura y clasificación en andenes.

5.2 Descripción de la solución

La solución propuesta consiste en el diseño e implementación de una arquitectura tecnológica basada en Inteligencia Artificial, estructurada como una API que se ubicará entre el sistema de creación de guías y el sistema de impresión de etiquetas de SE Logistics Ecuador. Esta solución aborda directamente la causa raíz del problema operativo sin forzar a los clientes corporativos a modificar sus desarrollos actuales.

El funcionamiento detallado de la solución se divide en dos fases tecnológicas integradas y un resultado físico operativo:

1. Recepción y Normalización (PLN): El flujo de la solución inicia cuando el sistema central de SE Logistics recibe el campo de texto único original (crudo y sin estructura) enviado por el cliente. La nueva API intercepta esta cadena de texto y ejecuta el modelo de Procesamiento de Lenguaje Natural (PLN). El algoritmo interpreta semánticamente el lenguaje natural, limpia las ambigüedades y extrae las entidades geográficas relevantes (como el barrio, la calle principal, la intersección y las referencias descriptivas).
2. Geocodificación y Cruce Espacial: Una vez que el texto ha sido analizado y estructurado en entidades por la IA, la misma API toma estos datos limpios y realiza un cruce automatizado con la matriz espacial de direcciones y códigos de zonificación de la empresa. Al encontrar la coincidencia exacta en la base de datos interna, el sistema geocodifica la ubicación y le asigna su zona logística correspondiente de manera precisa.
3. Resultado Operativo (Código Impreso en Guía): El resultado final de este procesamiento invisible en el backend es un código alfanumérico corto y visualmente identificable (por ejemplo "AA-01 22"). Este código es retornado por la API y enviado directamente al software de diseño para que se imprima en la etiqueta física del paquete.

Con esta implementación, se erradica el cuello de botella físico en el centro logístico: los operadores y couriers ya no necesitarán invertir tiempo leyendo e interpretando direcciones largas o referencias para descifrar cual es el destino de cada envío. Al visualizar el código corto impreso ("AA-01 22"), sabrán de manera inmediata a qué pallet, zona o andén de camión corresponde la carga, logrando un ruteo ágil, estandarizado y automatizado.

5.3 Secuencia de actividades para ejecución de la solución

La implementación de la solución tecnológica se llevará a cabo a través de un ciclo lógico de 12 actividades divididas en 4 fases. Estas actividades están diseñadas para garantizar una transición segura desde el entorno de desarrollo del software hasta la validación operativa en el centro logístico.

Fase 1: Preparación de Datos y Entorno

- Actividad 1. Extracción de la muestra histórica de direcciones: Consulta y exportación de 10,000 registros anonimizados desde la base de datos transaccional de SE Logistics para conformar la base de estudio.
 - **Responsable:** Desarrollador Backend / Administrador de Base de Datos.
- Actividad 2. Etiquetado manual de datos: Revisión de la muestra histórica para identificar y marcar manualmente las entidades geográficas (calle, intersección, referencia), creando el insumo necesario para enseñar a la Inteligencia Artificial.
 - **Responsable:** Personal Operativo y Líder de Proyecto.
- Actividad 3. Depuración y consolidación de la matriz de zonificación: Revisión exhaustiva de la matriz interna de códigos y coordenadas de la empresa para asegurar que la cartografía base esté actualizada antes de cruzarla con la IA.
 - **Responsable:** Supervisores de Operaciones.

Fase 2: Desarrollo Tecnológico (Inteligencia Artificial)

- Actividad 4. Preprocesamiento de texto y limpieza de datos: Desarrollo de scripts en Python para limpiar el ruido de los textos extraídos, estandarizar abreviaturas y preparar el formato de entrada para el modelo.
 - **Responsable:** Ingeniero de Machine Learning.
- Actividad 5. Entrenamiento y validación del modelo PLN: Entrenamiento del algoritmo de Reconocimiento de Entidades Nombradas (NER) ajustado a la jerga ecuatoriana, realizando pruebas iterativas hasta superar el 85% de precisión (F1-Score).
 - **Responsable:** Ingeniero de Machine Learning.
- Actividad 6. Programación de la API Middleware y lógica de geocodificación: Construcción del servicio web que recibirá el texto crudo, invocará al modelo PLN, cruzará los datos con la matriz de zonas y devolverá el código alfanumérico.
 - **Responsable:** Desarrollador Backend.

Fase 3: Adecuación e Implementación Física

- Actividad 7. Modificación del software de diseño e impresión de etiquetas: Ajuste en el sistema de impresión de la empresa para que el código alfanumérico generado por la API sea visible y destacado en la guía física.
 - **Responsable:** Desarrollador Backend / Soporte TI.
- Actividad 8. Adecuación de equipos físicos en el andén: Instalación y configuración de impresoras térmicas industriales y terminales PDA de lectura en el área piloto del centro logístico.
 - **Responsable:** Soporte TI y Líder de Proyecto.
- Actividad 9. Implementación en el procesamiento de envíos: Despliegue en producción de la API y activación del nuevo formato de impresión en la línea de recepción de paquetería, iniciando formalmente la prueba piloto.
 - **Responsable:** Líder de Proyecto y Desarrollador Backend.

Fase 4: Ejecución Operativa y Evaluación

- Actividad 10. Clasificación y zonificación en andenes: Ejecución del trabajo físico donde el personal logístico ubica los paquetes en los pallets correspondientes leyendo única y exclusivamente el código corto impreso.
 - **Responsable:** Personal Operativo y Couriers.
- Actividad 11. Comparación de resultados: Medición de los tiempos de clasificación en andenes y conteo de errores de ruteo durante el piloto, contrastando estas métricas con el método de lectura manual anterior.
 - **Responsable:** Líder de Proyecto.
- Actividad 12. Identificación de excepciones y mejora continua: Recopilación de las guías con direcciones ambiguas que el modelo no logró geocodificar correctamente, documentando los casos para reentrenar y refinar el modelo PLN.
 - **Responsable:** Ingeniero de Machine Learning y Líder de Proyecto.

5.4 Descripción de recursos necesarios para la ejecución de la solución

Para garantizar la correcta ejecución del plan de acción y la viabilidad del proyecto de automatización en el proceso de MECE Logística, se ha definido la siguiente estructura

de recursos, abarcando desde el desarrollo del modelo de Inteligencia Artificial hasta la adecuación física en los andenes.

Recursos Humanos:

- Especialista en IA Aplicada (Líder de Proyecto): Encargado de la planificación general, el seguimiento metodológico de la investigación, acción y la evaluación de los resultados operativos.
- Ingeniero de Machine Learning / PLN: Especialista técnico responsable del diseño, preprocesamiento de datos, entrenamiento y ajuste del algoritmo de Procesamiento de Lenguaje Natural para la normalización de las direcciones.
- Desarrollador Backend: Profesional encargado de la programación de la API (Middleware), la lógica de geocodificación para el cruce con la matriz espacial y la integración transparente con los sistemas.
- Personal Operativo de MECE Logística: Supervisores de distribución y couriers que aportarán su conocimiento empírico para la validación de la matriz de zonas, el etiquetado inicial de datos y la ejecución de la prueba piloto en el centro logístico.

Recursos Tecnológicos:

- Equipos y adecuación de oficina: Estaciones de trabajo (computadoras portátiles de alto rendimiento) destinadas al equipo de desarrollo y programación.
 - Adecuación física de los puntos de control en el centro logístico piloto, brindando impresoras térmicas industriales de etiquetas y terminales PDA (escáneres de código de barras) para la lectura de la nueva zonificación.
- Software: Entornos de Desarrollo Integrado (IDE) compatibles con Python.
 - Frameworks y librerías de Inteligencia Artificial open-source (ej. PyTorch, HuggingFace Transformers, SpaCy) para el entrenamiento del modelo de lenguaje.
 - Software especializado en diseño y emisión de etiquetas (ej. ZebraDesigner o equivalente) para mapear e imprimir el nuevo código alfanumérico generado por la IA.
- Infraestructura: Servicios de bases de datos relacionales para alojar y consultar la matriz de zonificación y coordenadas actualizada.

- Instancias de cómputo en la nube equipadas con Unidades de Procesamiento Gráfico para acelerar el entrenamiento del modelo de PLN.
- Servidores de alojamiento web (Hosting/Serverless) para mantener la API Middleware operativa y con alta disponibilidad en el entorno de producción.

Capacitación:

- Transferencia de conocimiento técnico: Talleres de inducción dirigidos al departamento de TI de SE Logistics Ecuador, enfocados en el monitoreo de la API, la gestión de la infraestructura en la nube y la actualización periódica de la matriz geográfica.
- Gestión del cambio operativo: Charlas prácticas y sesiones de adaptación para el personal del proceso de MECE Logística. El objetivo es instruir a los operadores en la transición de su flujo de trabajo: pasar de la lectura empírica de direcciones ambiguas a la identificación ágil del paquete basándose exclusivamente en el código alfanumérico impreso.

Recursos Financieros:

- Honorarios profesionales: Capital asignado para cubrir las horas de desarrollo técnico del equipo de ingeniería (Machine Learning y Backend).
- Costos de infraestructura Cloud: Presupuesto destinado al pago por consumo de servidores con GPU durante la fase de entrenamiento, y los costos fijos mensuales del alojamiento de la base de datos y la API.
- Insumos materiales: Fondos menores previstos para la adquisición de suministros de prueba durante la adecuación del piloto (ej. rollos adicionales de etiquetas térmicas y cintas de impresión).

6 Definición del alcance de la solución, partes interesadas, cronograma y presupuestos.

Para pasar del diseño técnico de la propuesta a su ejecución e implementación requiere una planificación estructurada que garantice la viabilidad del proyecto en SE Logistics Ecuador. Esta sección define los pilares estratégicos para la automatización de la zonificación, estableciendo con precisión el alcance tecnológico, los roles de los responsables clave, y la planificación detallada de tiempos y recursos financieros necesarios para su puesta en marcha en el centro logístico.

6.1 Alcance final de la solución

El presente proyecto de automatización tecnológica tiene un alcance claramente delimitado en cuanto a su cobertura operativa y su horizonte temporal.

En cuanto a la cobertura: La implementación de la solución basada en Inteligencia Artificial (normalización y geocodificación mediante PLN) se limitará exclusivamente al proceso de "Procesamiento de envíos" en los centros logísticos de SE Logistics Ecuador. La propuesta abarca la lectura del texto crudo en el backend, el procesamiento del modelo de lenguaje, la asignación de la zona en la base de datos y la impresión del código alfanumérico en la guía física.

Límites del proyecto (Fuera de alcance): Para garantizar un inicio y un fin concretos, se establecen las siguientes fronteras:

- La propuesta no incluye modificaciones, actualizaciones ni reprogramaciones en las interfaces de usuario (Frontend) ni en los sistemas transaccionales (APIs) de los clientes corporativos B2B.
- La solución digital se centrará en direcciones del territorio ecuatoriano; no contempla el entrenamiento del modelo para nomenclatura internacional.
- El proyecto automatiza la asignación lógica y visual de la ruta, pero no abarca la automatización física de la paquetería (no incluye robótica, bandas transportadoras automatizadas ni hardware de distribución física más allá de las terminales de lectura PDA).

En cuanto al tiempo: Todo el ciclo de desarrollo, desde la extracción de datos hasta la medición final del piloto operativo en el andén, está diseñado para ejecutarse y evaluarse en un plazo máximo de 9 meses.

6.2 Identificación de responsables de las actividades para ejecución

Para la correcta gobernanza del proyecto, se han asignado las responsabilidades a los siguientes perfiles y cargos de la organización, evitando nominar personas específicas para asegurar la continuidad del proceso sin depender de individuos concretos:

- Especialista en IA / Lider de Proyectos: Responsable general de la planificación temporal, la dirección de la prueba piloto en planta, la medición de los indicadores de éxito (tiempos de clasificación) y la gestión integral de las partes interesadas.
- Ingeniero de Machine Learning / Administrador de Analítica y Datos: Encargado técnico y exclusivo del preprocesamiento de datos, el entrenamiento iterativo del modelo de Procesamiento de Lenguaje Natural (PLN) y el reentrenamiento basado en las excepciones.
- Desarrollador Backend / Administrador de Base de Datos (DBA): Responsable de la programación de la API middleware, la integración de la base de datos para la geocodificación y la modificación del código en el software de impresión de etiquetas.
- Supervisores de Operaciones / Supervisores Logísticos: Encargados de la depuración inicial de la matriz de zonificación corporativa y de supervisar la correcta adecuación de los equipos (impresoras y PDAs) en el centro logístico.
- Personal Operativo / Auxiliares Logísticos y Couriers / Auxiliares de Distribución y Recolección: Usuarios finales de la solución, responsables de proporcionar el etiquetado manual inicial (conocimiento empírico) y de ejecutar físicamente la clasificación de paquetes en los andenes durante la fase piloto, leyendo el nuevo código impreso.

6.3 Cronograma de ejecución

A continuación, se presenta el cronograma de ejecución de la propuesta, se ha estructurado para su desarrollo en un total de nueve meses. Este instrumento de gestión detalla la secuenciación de las doce actividades previamente definidas y distribuidas a lo largo de cuatro fases: comenzando con la recolección de los datos históricos, pasando por el entrenamiento del modelo PLN y la programación de la API, hasta culminar con el despliegue físico y la medición de la prueba piloto en los andenes de SE Logistics Ecuador.

- Propuesta de un modelo de inteligencia artificial basado en PLN para la normalización y geocodificación de direcciones en la logística de última milla de SE Logistics Ecuador.

Tabla 3. Cronograma de actividades.

Actividad	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9
1. Extracción de la muestra histórica de direcciones	X								
2. Etiquetado manual de datos	X	X							
3. Depuración y consolidación de la matriz de zonas		X							
4. Preprocesamiento de texto y limpieza de datos			X						
5. Entrenamiento y validación del modelo PLN			X	X	X				
6. Programación API Middleware y geocodificación				X	X				
7. Modificación del software de diseño e impresión						X			
8. Adecuación de equipos físicos en el andén						X	X		
9. Implementación en el procesamiento de envíos							X		
10. Clasificación y zonificación en andenes (Piloto)								X	X
11. Comparación de resultados frente a método manual									X
12. Identificación de excepciones y mejora continua									X

Fuente: Creación Propia

- Propuesta de un modelo de inteligencia artificial basado en PLN para la normalización y geocodificación de direcciones en la logística de última milla de SE Logistics Ecuador.

6.4 Presupuesto

Para el presupuesto se detalla los costos estimados que tendrá la ejecución de la propuesta. Todos los valores presentados en este apartado están expresados y calculados en Dólares Estadounidenses (USD) al ser la moneda que se utiliza en Ecuador.

Tabla 4. Presupuesto.

Rubro	Valor
1. Recursos Humanos	\$ 12,500.00 USD
Honorarios Líder de Proyecto (Especialista IA)	\$ 3,500.00 USD
Honorarios Ingeniero de Machine Learning	\$ 5,000.00 USD
Honorarios Desarrollador Backend / DBA	\$ 4,000.00 USD
2. Recurso Tecnológicos	\$ 2,800.00 USD
Terminales PDA (Hardware de lectura para andén)	\$ 1,500.00 USD
Impresoras térmicas industriales	\$ 800.00 USD
Licencias de software (Herramientas de etiquetado de datos)	\$ 300.00 USD
Insumos consumibles (Rollos de etiquetas térmicas)	\$ 200.00 USD
3. Infraestructura	\$ 1,900.00 USD
Servicios Cloud: Procesamiento GPU (Fase de entrenamiento)	\$ 1,200.00 USD
Servicios Cloud: Servidores API y Base de Datos (Producción)	\$ 700.00 USD
4. Capacitación	\$ 800.00 USD
Talleres de transferencia técnica (Departamento TI)	\$ 400.00 USD
Gestión del cambio operativo (Auxiliares logísticos y de distribución)	\$ 400.00 USD
Total	\$18,000.00 USD

Fuente: Creación Propia

En conclusión, la propuesta técnica requiere una inversión total de \$18,000.00 USD para ser ejecutada y evaluada en un tiempo estimado de 9 meses. El desarrollo de este proyecto es altamente viable tanto a nivel técnico como financiero, debido a que su arquitectura no intrusiva (middleware) evita los costos millonarios de reemplazar los sistemas de SE Logistics o forzar a los clientes a reprogramar sus plataformas. El Retorno de Inversión (ROI) se justifica plenamente al eliminar el cuello de botella físico en los andenes, mitigando horas extra del personal y reduciendo significativamente las multas económicas derivadas de los errores en las entregas de última milla.

- Propuesta de un modelo de inteligencia artificial basado en PLN para la normalización y geocodificación de direcciones en la logística de última milla de SE Logistics Ecuador.

7 Referencias bibliográficas

- Alkalha, Z., Al-Zain, Y., Al-Rawi, F., & Obiedat, R. (2025). Artificial intelligence-driven resilience: Revolutionizing supply chain risk management in entrepreneurial projects. *International Journal of Innovative Research and Scientific Studies*, 8(3), 683-699. <https://doi.org/10.53894/ijirss.v8i3.6604>
- Cañete, J., Chaperon, G., Fuentes, R., Ho, J. H., Kang, H., & Pérez, J. (2023). Spanish Pre-Trained BERT Model and Evaluation Data. PMLR. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2308.02976>
- Delso Vicente, A. T., Carvajal Camperos, M., & Corral De La Mata, D. Á. (2024). La evolución del procesamiento del lenguaje natural y su influencia en la inteligencia artificial: Una revisión y líneas de investigación futura. *European Public & Social Innovation Review*, 10, 1–23. <https://doi.org/10.31637/epsir-2025-782>
- Hong, Z., Yang, H., Wang, H., Lyu, W., Yang, Y., Wang, G., Liu, Y., Wang, Y., & Zhang, D. (2025). Real-Time Abnormal Address Detection for Mobile Devices in Location-Based Services. *IEEE Transactions on Mobile Computing*, 24(8), 6918-6933. <https://doi.org/10.1109/tmc.2025.3545875>
- Luo, Y., Zheng, X., & Xu, Y. (2023). ChineseCTRE: A Model for Geographical Named Entity Recognition and Correction Based on Deep Neural Networks and the BERT Model. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 12(10), 394. <https://doi.org/10.3390/ijgi12100394>
- SE Logistics Ecuador. (s.f.). Quiénes somos. SE Logistics. Recuperado de los manuales corporativos internos.
- Shamim, R., & Shaikh, A. (2024). Harnessing the power of hugging face's multilingual transformers: unravelling the code-mixed named entity recognition enigma. *International Journal of Intelligent Engineering Informatics*, 12(3), 353-376. <https://doi.org/10.1504/IJIEI.2024.140171>
- Singhal, B., Aditya, A., Todwal, L., Jain, S., & Mukherjee, D. (2024). GeoIndia: A Seq2Seq Geocoding Approach for Indian Addresses. *Proceedings of the 2024 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing: Industry Track*, 395–407. <https://doi.org/10.18653/v1/2024.emnlp-industry.29>
- Swamy, G., Gulati, A., Virinchi, S., & Saladi, A. (2025). An address intelligence framework for e-commerce deliveries. *Proceedings of the 2025 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing: Industry Track*, 1026-1034. <https://aclanthology.org/2025.emnlp-industry.70/>

- Propuesta de un modelo de inteligencia artificial basado en PLN para la normalización y geocodificación de direcciones en la logística de última milla de SE Logistics Ecuador.

Tarigan, Z. J. H., & Siagian, H. (2025). Implementation of artificial intelligence project, quality internal and external supply chain integration, responsiveness for operational performance in manufacturing. *Journal of Project Management*, 10, 689–702. <https://doi.org/10.5267/j.jpm.2025.8.002>

Instituto Europeo de Posgrado ©