

# UCUENCA

**UNIVERSIDAD DE CUENCA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**COMPUTACIÓN**

**Diseño de Sistema Multiagente para entrega de paquetes a domicilio mediante AOSE**

**Autor:**

Bryan Steven Mendoza Barahona

**Asignatura:** Sistemas Multiagentes

**Docente:** Ing. Otto Parra

**Fecha de entrega:** 28/06/2025

## Diseño de Sistema Multiagente para Sistema de entrega de paquetes

### 1. Contextualizar el problema

El sistema de entrega de paquetes a domicilio se compone de múltiples procesos, desde que un cliente realiza un pedido hasta que el paquete es entregado y confirmado. Para ello, se necesitan muchos intermediarios como personal humano tanto en mano de obra como en el manejo de sistemas para la logística y tramas del paquete, lo que genera en ciertas ocasiones demoras por diferentes eventos, equivocaciones y descontentos por parte de los clientes.

El sistema multiagente busca automatizar la coordinación de estos procesos mediante agentes inteligentes que colaboran entre sí para lograr eficiencia, precisión y adaptabilidad.

Los procesos más importantes son recepción y registro del paquete a enviar, asignar una ruta y asignar un repartidor para su posterior entrega,

### 2. Identificación de Agentes

Número	Agente	Descripción
1	Agente de Registro	Ayuda al cliente para la toma de datos de forma sencilla para registrar el envío del paquete. Proporciona datos de origen, destino, tiempos, contenido, entre otros. Así también toma la hora de llegada y de salida de cada paquete, para ocasiones en donde el paquete pasa por varias agencias.
2	Agente de Cobro	Se encarga del cobro de los envíos a los clientes, según su destino, contenido y urgencia.
3	Agente Gestor de Paquetes/Envíos	Recibe los envíos ingresados por parte del agente cliente, organiza y almacena pedidos.
4	Agente Logístico	Planea rutas óptimas, estima tiempos y reasigna tareas en tiempo real si hay conflictos.
5	Agente Repartidor	Es el encargado de realizar la entrega física de los paquetes al destinatario de manera exacta.
6	Agente Coordinador	Se encarga de monitorear a los agentes repartidos y los pedidos por enviar. Asigna los diferentes paquetes a entregar a los agentes repartidores que se encuentran desocupados o están próximos a desocuparse, para maximizar el rendimiento y rapidez de las entregas.

Tabla 1: Descripción de los agentes

### 3. Definición del modelo PEAS para cada agente

- **Agente de Registro**

- **Performance:** Tiempo en registrar el envío. Facilidad de realizar un pedido. Toma exacta de la hora de entrada o salida del paquete.
- **Environment:** Zona de atención al cliente en la agencia, plataforma web o móvil.
- **Actuators:** Sistema de registro de los envíos a la base de datos. Pantalla para el ingreso de datos.
- **Sensors:** Mensajes de confirmación o rechazo de los datos del envío y del paquete.

- **Agente de cobro**

- **Performance:** Exactitud del cálculo del costo del envío. Tasa de pagos exitosos sin reclamos.
- **Environment:** Zona de atención al cliente en la agencia, plataforma web o móvil.
- **Actuators:** Máquina de ingresar monedas, datafono, API de banco.
- **Sensors:** Identificador de billetes, monedas, lector de tarjeta de crédito.

- **Agente Gestor de Paquetes/envíos**

- **Performance:** Número de paquetes no enviados. Eficiencia en la asignación de pedidos. Balance de carga entre repartidores. Tiempo promedio en salir de la agencia cada paquete.
- **Environment:** Bodega de paquetes y base de datos del sistema.
- **Actuators:** Robot que organiza los paquetes..
- **Sensors:** Lector de códigos, cámaras. Recepción de nuevas solicitudes de paquetes. Estado actual de los paquetes.

- **Agente Repartidor**

- **Performance:** Cantidad de entregas exitosas, puntualidad en las entregas.
- **Environment:** Tráfico, vías, casas.
- **Actuators:** Robot repartidor, auto autónomo. Comunicación con otros agentes, notificación del estado del envío.
- **Sensors:** GPS, cámaras 360, API google maps.

- **Agente Logístico**

- **Performance:** Optimización de rutas de entrega, tiempo de entrega.
- **Environment:** Información de tráfico y geolocalización. Disponibilidad de repartidores.
- **Actuators:** Generación y envío de rutas. Comunicación con otros agentes.
- **Sensors:** GPS, cámaras 360, API google maps (datos de tráfico en tiempo real), ubicación de repartidores.

- **Agente Coordinador**

- **Performance:** Porcentaje de utilización de los repartidores, tiempo promedio de asignación de pedidos. Cantidad de entregas completadas sin demoras. Balance de carga entre agentes repartidores.
- **Environment:** Base de datos con la lista de paquetes pendientes por asignar. Agentes de entrega y logística.
- **Actuators:** Asignación de pedidos a repartidores disponibles o próximos a desocuparse. Reasignación en caso de fallas o retrasos. Notificación a los agentes afectados.
- **Sensors:** Estado actual de cada repartidor. Estado de cada pedido. Confirmaciones de entrega o de asignación exitosa.

#### 4. Diseño de Interacciones y Comunicación entre Agentes

Los agentes se comunicarán utilizando el estándar FIPA ACL, que define intenciones del mensaje como: request (pedir), inform (informar), agree (aceptar), refuse (rechazar), confirm (confirmar), failure (fallo), propose (proponer),

Interacción	A. Emisor → A. Receptor	Descripción
request	Cliente → Agente de Registro	Solicita registrar el pedido con todos los datos correspondientes.
request	Agente de Cobro → Cliente	Solicita pago.
confirm	Cliente → Agente de Cobro	Confirma el pago
inform	Agente de Registro → Agente Gestor de Pedidos	Informa que hay un nuevo paquete registrado para que actualice su lista de paquetes a organizar.
request	Agente Gestor de Pedidos → Agente Coordinador	Solicita la asignación de repartidor para un paquete o un grupo de paquetes con destinos cercanos.
request	Agente Coordinador → Agente Logístico	Solicita una ruta óptima para el envío de paquetes.
inform	Agente Logístico → Agente Coordinador	Devuelve la ruta más óptima según su información.
inform	Agente Coordinador → Agente Repartidor	Asigna un paquete o varios paquetes y la ruta a seguir.
confirm	Agente Repartidor → Agente Coordinador	Informa entrega realizada.

*Tabla 2: Interacciones entre agentes*

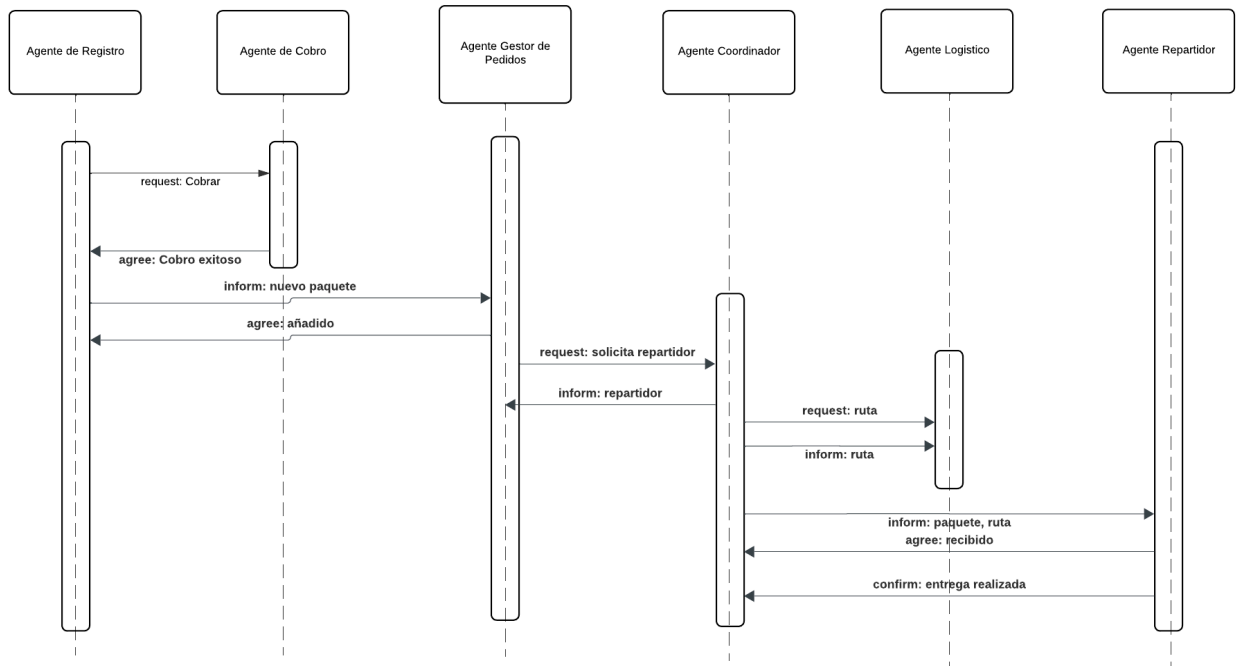


Figura 1. Diagrama de secuencia

## 5. Diseño de mecanismos de Coordinación

### Asignación de tareas: Coordinación basada en contrato

Para la asignación de tareas el Agente Coordinador manda una convocatoria de asignación de un agente usando Call for Proposal (cfp) a los agentes repartidores disponibles, para que los agentes repartidores respondan con sus propuestas (tiempo o capacidad) y el agente coordinador selecciona la mejor propuesta con la finalidad de agilizar las entregas.

Esquema del protocolo:

Coordinador → Repartidores: cfp(paquete)

Repartidores → Coordinador: propose(tiempo estimado)

Coordinador → Repartidor elegido: accept-proposal

Coordinador → Repartidores no elegidos: reject-proposal

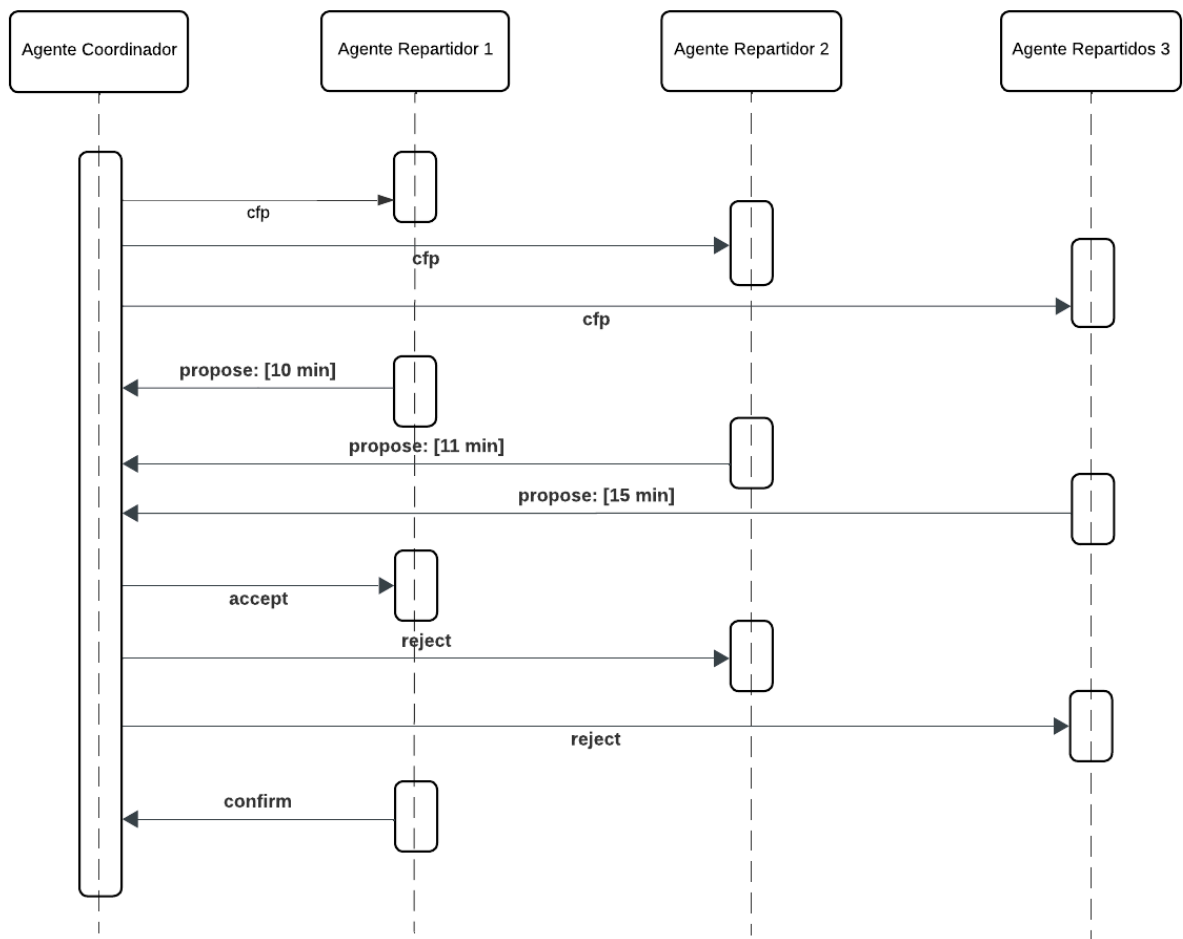


Figura 2. Diagrama de coordinación entre agente Coordinador y agentes Repartidores

### Resolución de conflictos

Si dos repartidores están asignados a rutas que se cruzan, el agente logístico determinará si no hay ningún problema, les avisara que continúen la ruta, de no reasignará las rutas usando datos de tráfico en tiempo real.

También, se aplican reglas de prioridad como urgencia del envío, si es que el cliente así lo quiso, este tipo de envíos es más caro; tiempo del paquete en la agencia, si lleva mucho tiempo se le dará prioridad y se debe asignar lo más pronto posible una agente repartidor.

## 6. Diseño de la arquitectura general del sistema

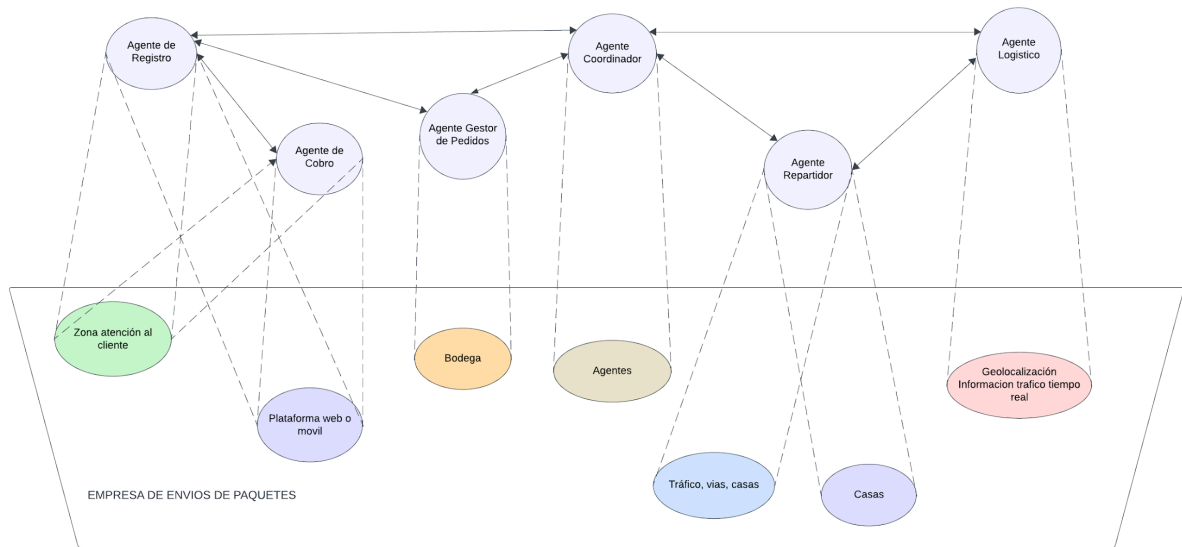


Figura 3. Diagrama de comunicación entre agentes

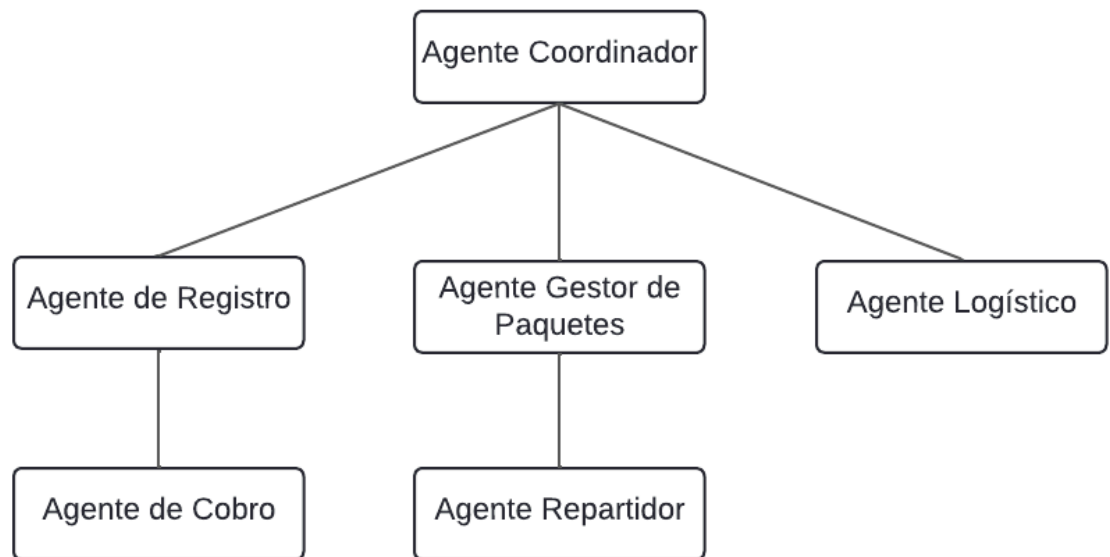


Figura 4. Diagrama jerárquico de los agentes

## 7. Discusión y conclusiones

- ¿Qué dificultades tuvieron en la identificación de agentes y definición de PEAS?

En la identificación de agentes se tuvo dificultades al momento de separar o combinar los agentes (por ejemplo, entre el agente de registro y gestor de pedidos).

En relación al PEAS, la dificultad fue definir entornos y actuadores realistas sin hacer redundante el modelo de ciertos agentes.

- ¿Qué formas de coordinación fueron más efectivas?  
La coordinación basada en contrato fue la más adecuada por permitir asignación flexible y basada en criterios de eficiencia (como tiempo estimado). El uso del agente coordinador centralizó el control de flujo sin ser un cuello de botella gracias a la delegación.
- ¿Qué problemas podrían surgir si el sistema fuera implementado a gran escala?
  - Congestión en el agente coordinador, generando cuellos de botella.
  - Latencia en la replanificación logística si el sistema depende solo de un agente logístico.
  - Conflictos si hay pérdida de conectividad entre agentes repartidores.
  - Fallos en el agente de cobro pueden afectar la trazabilidad de pagos.

### **Cuestionario**

- ¿Cómo influye la autonomía de los agentes en el rendimiento del sistema?  
La autonomía de los agentes permite que cada agente tome decisiones localmente sin depender de un controlador central, lo cual aumenta la eficiencia, reduce la sobrecarga de comunicación, incrementa la tolerancia a fallos.
- ¿Qué ventajas ofrece la comunicación indirecta entre agentes (por ejemplo, mediante ambiente compartido)?  
Que los agentes se comuniquen mediante comunicación indirecta trae beneficios como: escalabilidad, ya que reduce el tráfico de mensajes directos; los agentes no necesitan estar activos todo el tiempo en la escucha de mensajes, reduciendo la complejidad de los protocolos de comunicación y robustez, dado que los agentes pueden recuperar contexto del entorno sin depender de otros.
- ¿Cómo se puede escalar este sistema a múltiples ciudades o países?  
Para escalar este MAS, primero se debería clusterizar las diferentes ciudades o zonas para asignar un agente coordinador a cada una, con sus respectivos agentes de registro, cobro, repartidores y de logística. También sería necesario una jerarquía de agentes coordinadores, con un agente coordinador global que gestionará a los diferentes agentes coordinadores de cada zona.  
Otro tema importante, es la consistencia de las entregas (datos) los cuales se necesitaría cloud computing y para mantener la integridad de las transacciones (entregas) agregar blockchain
- ¿Qué tipo de fallos podrían comprometer la coordinación entre agentes?  
Los fallos más comunes que podrían perjudicar la coordinación de los agentes podrían ser: fallos de comunicación, caída de algún agente, en especial el agente coordinador, fallo de sensores o desincronización de las rutas en tiempo real.



- ¿Cómo puede integrarse el aprendizaje automático en el comportamiento de los agentes?

El aprendizaje automático se podría integrar principalmente en el agente logístico para la elaboración de la ruta más óptima según los datos de tráfico. Otro uso práctico podría ser en el agente repartidor para aprender los horarios generalmente disponibles de cada cliente. Por último, podría ser útil en el agente de coordinación, para la asignación de tareas con la finalidad de ocupar al máximo a cada uno de los agentes del sistema.

## Mock-up

# MAS - Entrega de Paquetes

[Registrar Envío](#)[Estado Envío](#)

### Datos Cliente

Nombre

Apellido

Cédula

Email

email@janesfakedomain.net

### Datos Destinatario

Nombre

Apellido

Cédula

Email

email@janesfakedomain.net

### Detalles de Envío

Fecha y Hora Registro

Peso

Largo

Ancho

Contenido del paquete

Descripción

Dirección Destino

[Registrar Envío](#)

Figura 5. Interfaz de Registro de Paquete/Envío

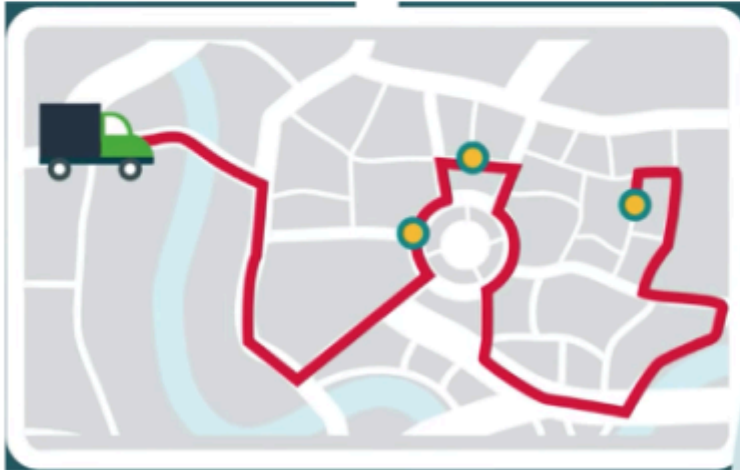
# MAS - Entrega de Paquetes

Registrar Envío

Estado Envío

Ingrese el código de su envío

Buscar



Estado:

En camino

Figura 6. Interfaz Ver estado del envío