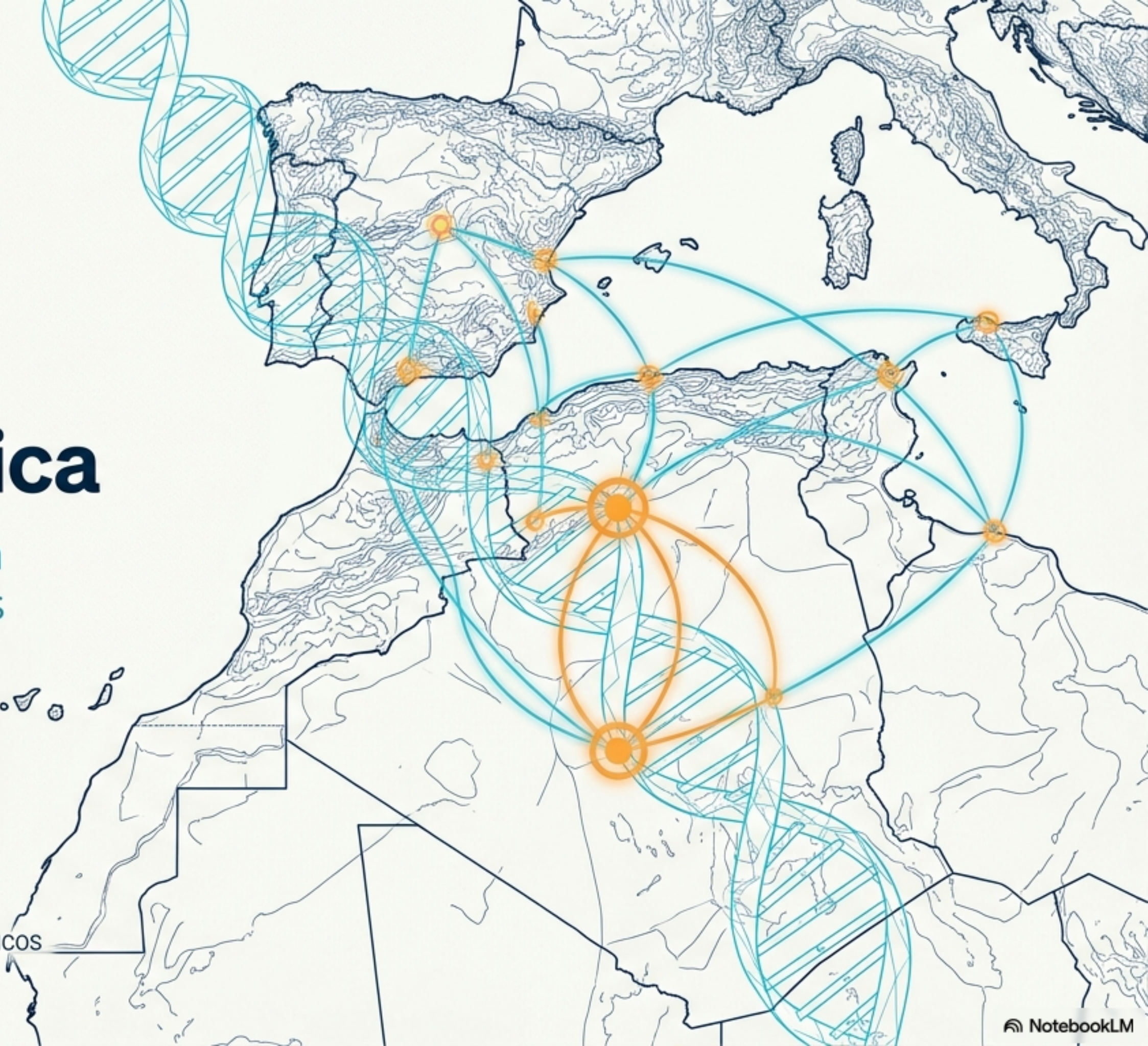


# Orquestando la Incertidumbre: Algoritmos Genéticos en la Logística Turística

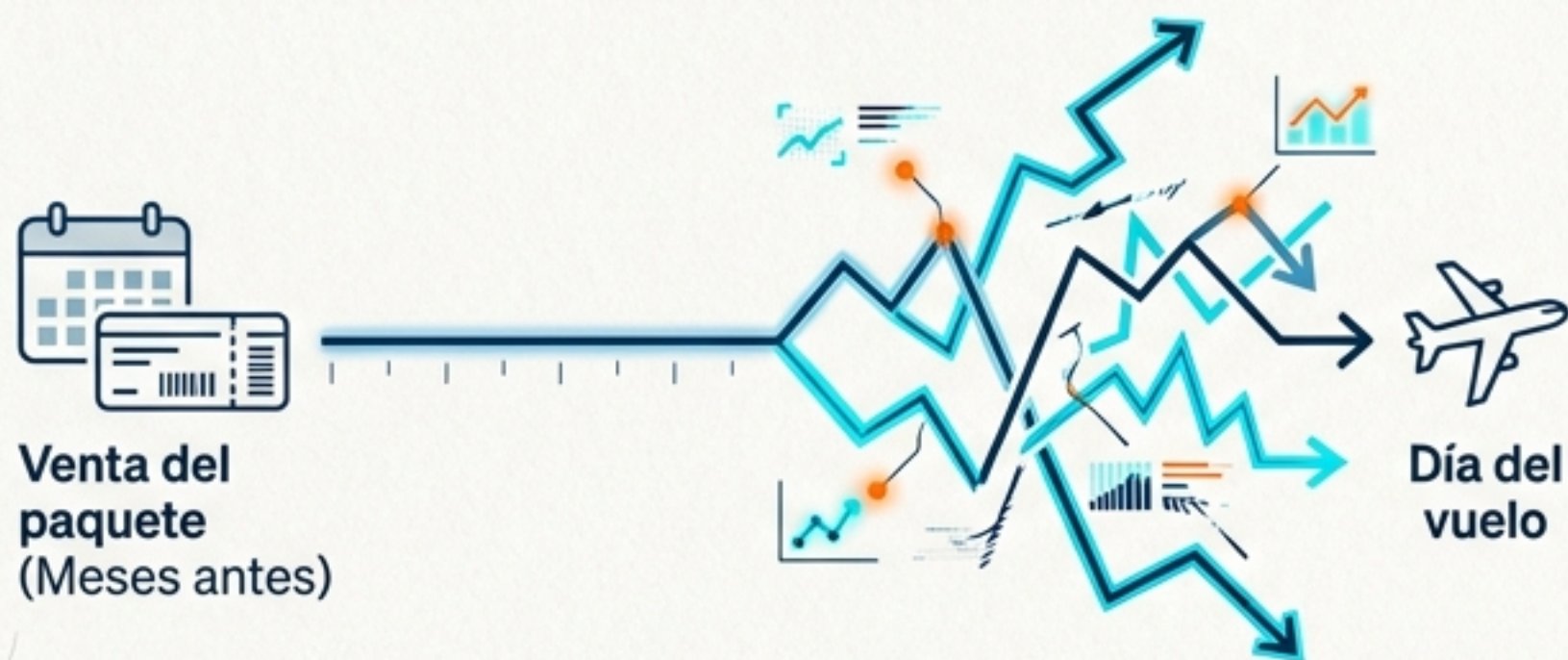
Cómo la evolución darwiniana resuelve el Problema de Rutas de Vehículos con Capacidad (CVRP) para redes de baja demanda.

EVALUACIÓN ESTRATÉGICA Y OPERATIVA | MODELOS ESTOCÁSTICOS



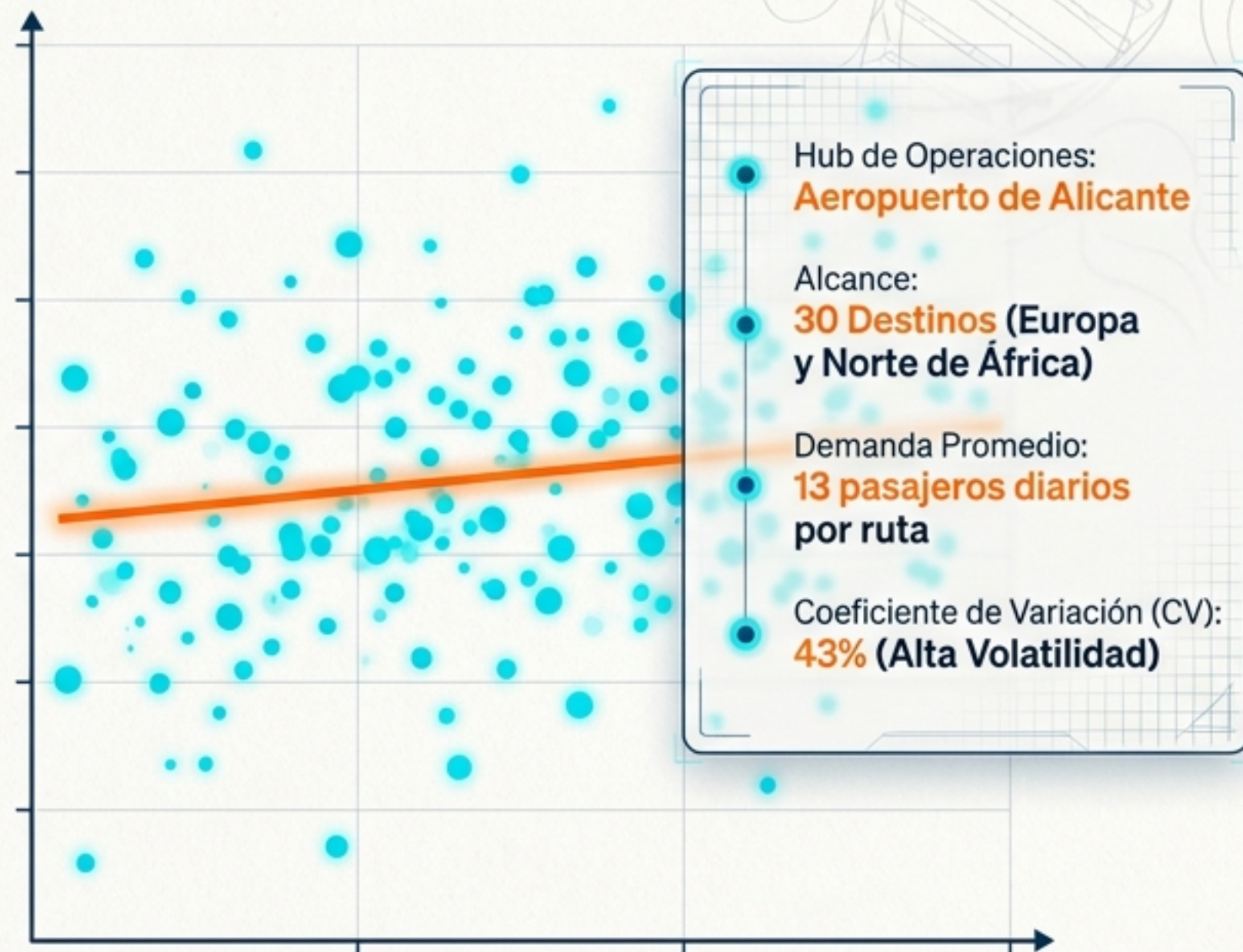
# El Dilema de la Demanda Estocástica

## El Contexto Comercial



Los precios se fijan meses antes de conocer la demanda real. La rentabilidad depende críticamente de la **optimización del sistema** de distribución en el último minuto frente a **fluctuaciones caóticas y cancelaciones**.

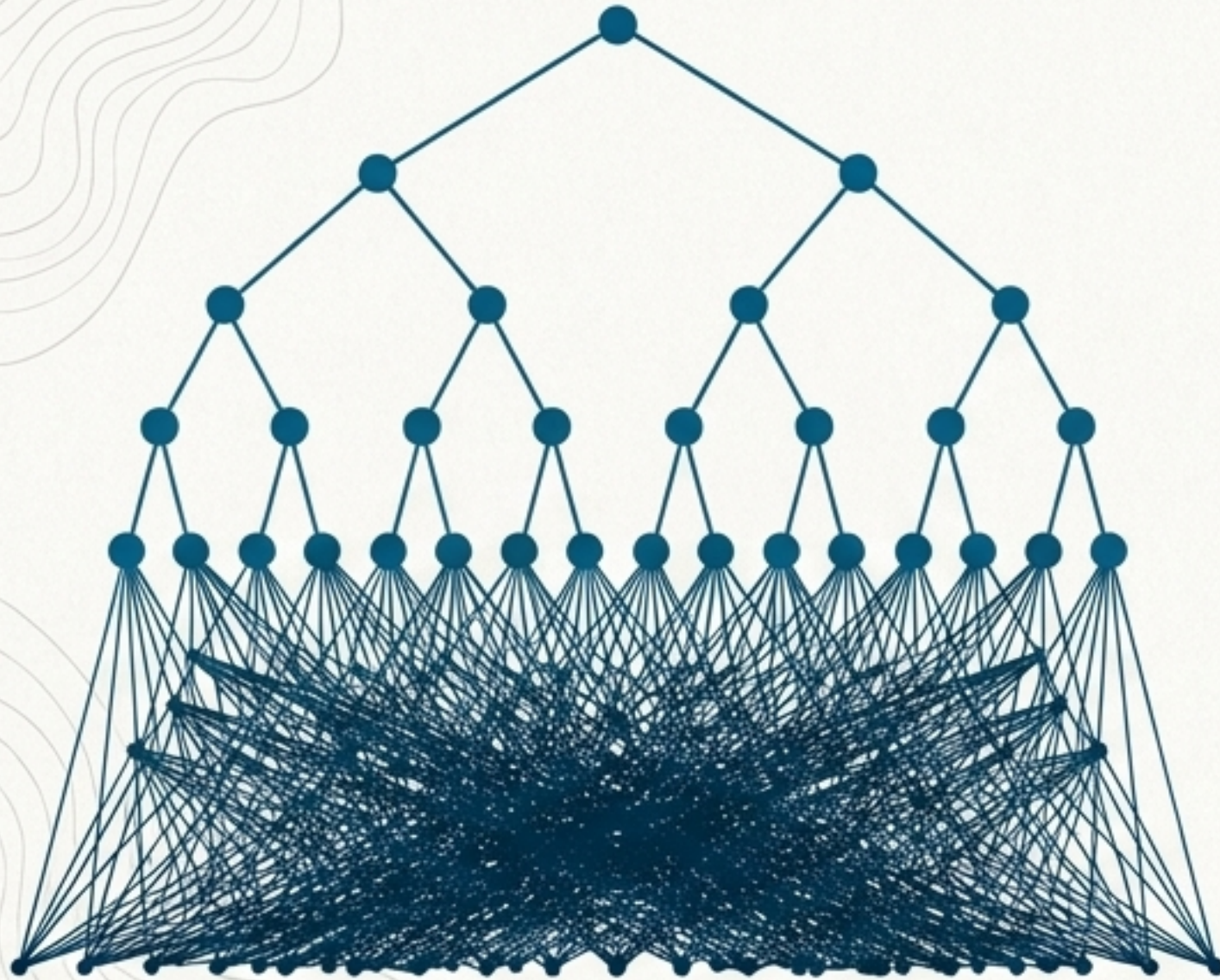
## Los Datos del Problema



# El Engranaje Central: Uniendo Demanda y Oferta



# La Explosión Combinatoria (CVRP)



En el Problema de Rutas de Vehículos con Capacidad (CVRP), calcular cada combinación para 30 destinos con múltiples restricciones genera un **volumen de soluciones inabarcable**. Los métodos matemáticos exactos colapsan.

# Algoritmos Genéticos (AG)

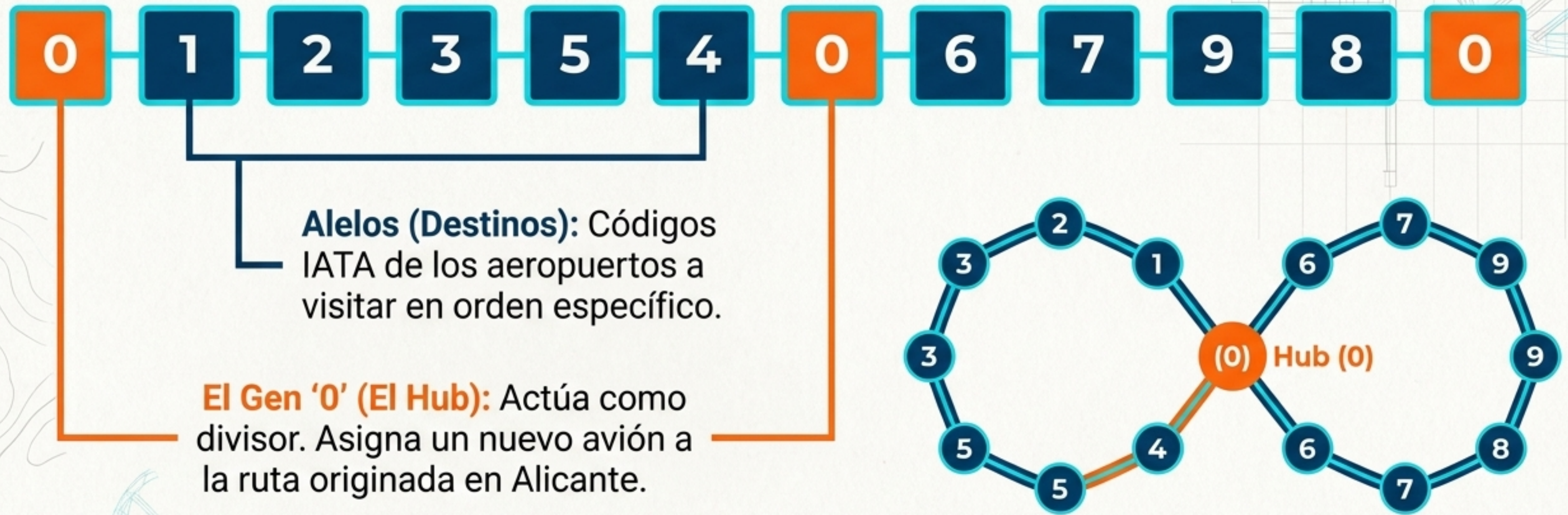


Las metaheurísticas no buscan una única solución inalcanzable. **Emulan la evolución natural** para **explorar en paralelo**, filtrando debilidades y cruzando fortalezas para hallar la **solución más robusta** frente a restricciones ambiguas.

# Anatomía del Algoritmo: Un Ciclo Cerrado de Evolución



# Paso 1: Arquitectura de un Cromosoma Informático



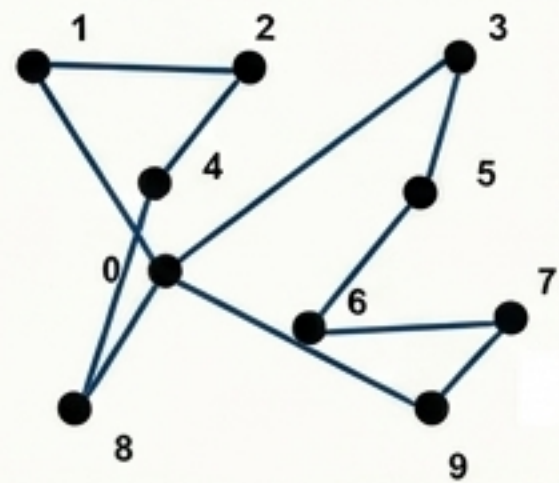
**Decodificación:** El Avión 1 asume la ruta {Hub -> 1 -> 2 -> 3 -> 5 -> 4 -> Hub}. El Avión 2 asume la ruta {Hub -> 6 -> 7 -> 9 -> 8 -> Hub}. La eficiencia matemática depende críticamente de esta traducción.

# Paso 4: La Función de Costo (El Entorno de Supervivencia)



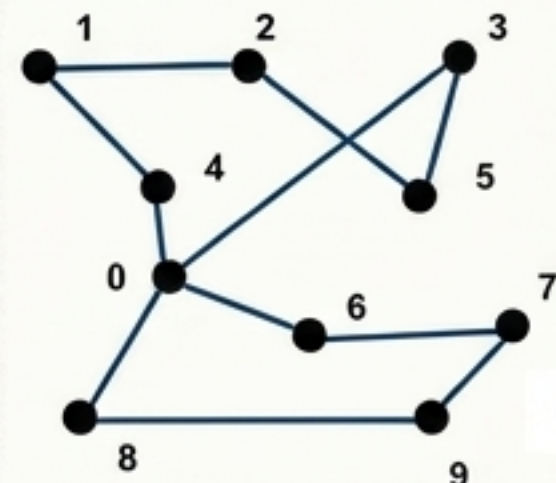
**Síntesis:** El algoritmo reduce métricas sociales, operativas y normativas a una única variable numérica ('costo final'), guiando implacablemente a la población hacia el cumplimiento normativo perfecto.

# Innovación: Operador de Recombinación de Arcos de 3 Padres



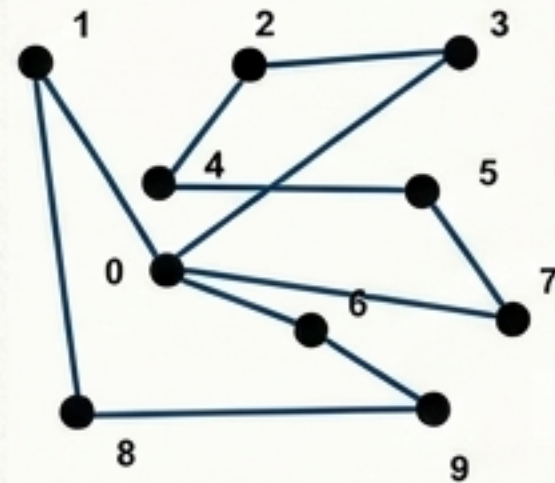
Padre A

+

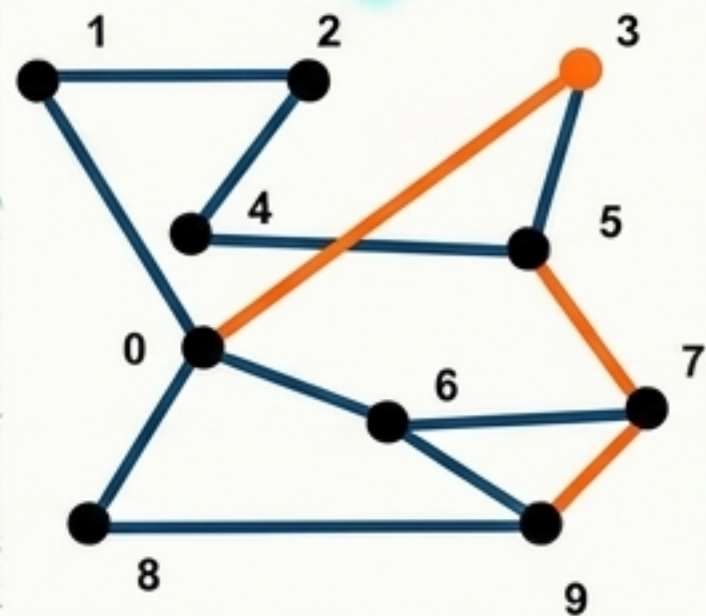


Padre B

+



Padre C



Hijo D

## Reglas de la Herencia

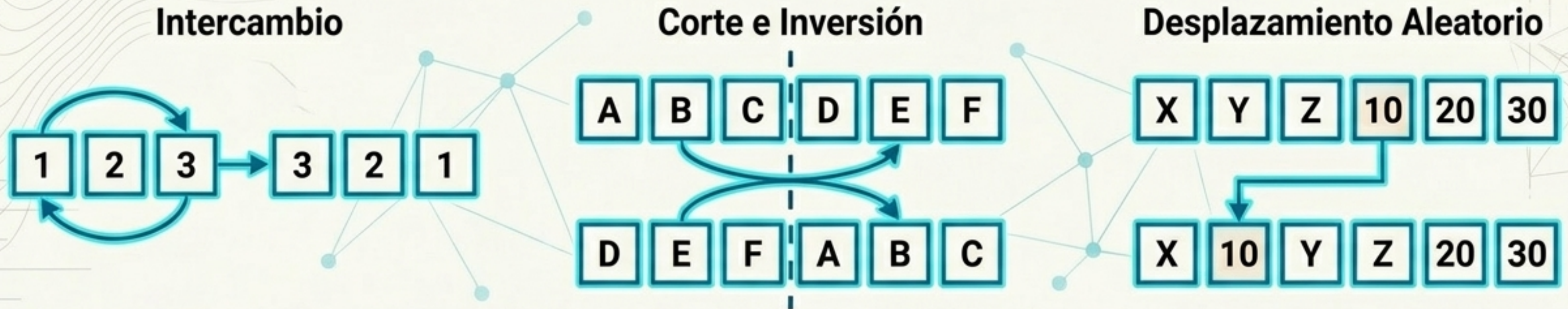
**1. Conservación Fuerte:** Arcos compartidos por 2 o 3 padres pasan obligatoriamente al hijo.

**2. Resolución:** Si 3 arcos colisionan en un nodo, uno se elimina al azar.

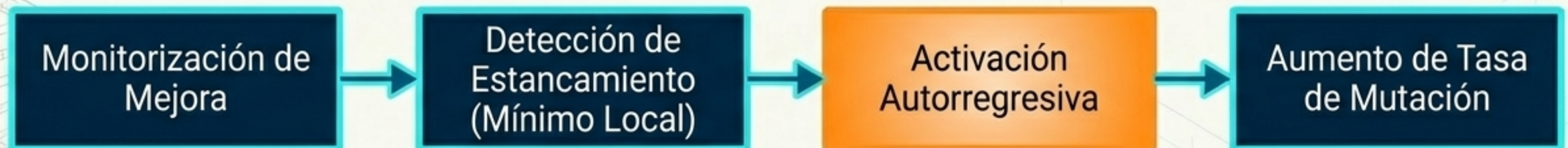
**3. Completitud:** Los nodos huérfanos se conectan por criterio de distancia mínima.

# Pasos 7 y 8: Mutación y Prevención del Estancamiento

## Exploración de Mutaciones



## Equilibrio de Probabilidades



Las **tasas de cruce y mutación no son estáticas**. Si la evolución se atasca en un callejón sin salida matemático, el sistema altera sus propias reglas probabilísticas para forzar la diversidad biológica.

# Implementación Logística: El Tablero Mediterráneo



## Parámetros de Simulación (30 Días)

Flota y Personal

4 aviones homogéneos, 15 tripulaciones

Especificaciones

Velocidad de 240 nudos, Capacidad máxima de 50 asientos

Motor de Demanda

Modelo log-normal estacionario (estructura estocástica doble)

Regla Operativa Crítica

Todo avión debe salir del hub, entregar pasajeros y regresar con todos los retornados en el mismo día.

# El Impacto: De Demanda Caótica a Costes Predecibles

## El Entorno - Impredecible



- Cancelaciones constantes, irregularidad de reservas e incertidumbre. Promedio de sólo 13 pasajeros diarios por ruta.

## El Resultado Algorítmico - Predecible



Costo predecible por pasajero: **118 EUR**  
Ocupación media asegurada: **65%**

**Síntesis:** El algoritmo absorbe el shock del mercado, transformando una demanda altamente incierta en una estructura operativa financieramente estable.

# Simbiosis Hombre-Máquina y el Peligro de la Robustez



**ADVERTENCIA:** Debido a que los Algoritmos Genéticos son intrínsecamente robustos y encuentran buenas soluciones incluso si están dañados, los errores de programación (bugs) son casi invisibles. Pueden mermar drásticamente la eficiencia sin provocar jamás un fallo general del sistema.





# La Evolución de la Certeza Empresarial

**Escala sin Límites:** Superan los límites matemáticos tradicionales, explorando millones de universos de rutas en tiempos operativamente viables.

**Adaptabilidad:** Flexibilidad innata para manejar objetivos comerciales ambiguos y leyes restrictivas en rápida evolución.

**Valor Estratégico:** Proveen estimaciones de costos fijas y predecibles, fundamentales para definir flotas y aperturas de mercado.

Frente a la incertidumbre exponencial del turismo mundial, la solución **no es la rigidez matemática**, sino **el diseño inteligente de la evolución computacional**.