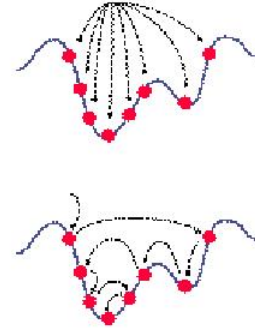


ALGORÍTMICA

2012 - 2013



- **Parte I. Introducción a las Metaheurísticas**
 - **Tema 1. Metaheurísticas: Introducción y Clasificación**
- **Parte II. Métodos Basados en Trayectorias y Entornos**
 - Tema 2. Algoritmos de Búsqueda Local Básicos
 - Tema 3. Algoritmos de Enfriamiento Simulado
 - Tema 4. Algoritmos de Búsqueda Tabú
 - Tema 5. Métodos Basados en Trayectorias Múltiples I: Métodos Multiarranque Básicos y GRASP
 - Tema 6. Métodos Basados en Trayectorias Múltiples II: ILS y VNS
- **Parte III. Métodos Basados en Poblaciones**
 - Tema 7. Algoritmos Genéticos
- **Parte IV. Intensificación y Diversificación**
 - Tema 8. Estudio del Equilibrio entre Intensificación y Diversificación
- **Parte V. Metaheurísticas Híbridas: Poblaciones y Trayectorias**
 - Tema 9. Algoritmos Meméticos
 - Tema 10. Modelos Híbridos II: *Scatter Search*
- **Parte VI. Paralelización de Metaheurísticas**
 - Tema 11. Metaheurísticas en Sistemas Descentralizados. Metaheurísticas paralelas.
- **Parte VII. Conclusiones**
 - Tema 12. Algunas Consideraciones sobre la Adaptación de Metaheurísticas a la Resolución de Problemas

ALGORÍTMICA

TEMA 1. Introducción a las Metaheurísticas

1. Resolución de problemas mediante algoritmos de búsqueda
2. Algoritmos aproximados
3. Metaheurísticas: definición y clasificación
4. Paralelización de metaheurísticas
5. Ejemplo Real: Sistema de Bajo Coste para la Medición de Cotas de Vehículos en la ITV

B. Melián, J.A. Moreno Pérez, J.M. Moreno Vega. Metaheurísticas: un visión global. Revista Iberoamericana de Inteligencia Artificial 19 (2003) 7-28

<http://sci2s.ugr.es/docencia/algoritmica.php>

1. RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS MEDIANTE ALGORITMOS DE BÚSQUEDA

- 1.1. Resolución de Problemas Mediante Algoritmos de Búsqueda: Introducción
- 1.2. Ejemplo: El problema del viajante de comercio
- 1.3. Ejemplo: Identificación de defectos en una placa cuadrada con análisis de contornos

1.1. Resolución de Problemas Mediante Algoritmos de Búsqueda: Introducción

- **Objetivo** general de la Informática: resolución de problemas mediante procesos de cómputo
- Solución: sistema informático implementando un algoritmo
- Solución en abstracto: **algoritmo**
- **Computabilidad**: ¿es resoluble mediante con modelos de cómputo o no?
- **Complejidad**: ¿es *fácil* de resolver o no?
- **Exactitud**: ¿se necesita la mejor solución o es bastante con una *suficientemente buena*?

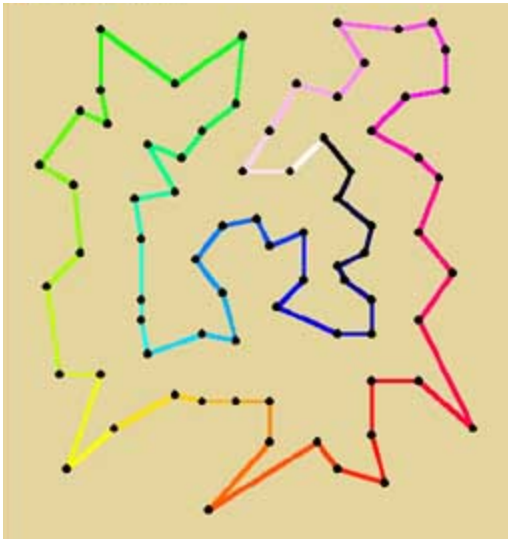
1.1. Resolución de Problemas Mediante Algoritmos de Búsqueda: Introducción

- Existe una serie de problemas reales (de optimización o búsqueda) de difícil solución que requieren de tareas tales como encontrar:
 - el **camino más corto** entre varios puntos,
 - un **plan de mínimo coste** para repartir mercancías a clientes,
 - una **asignación óptima** de trabajadores a tareas a realizar,
 - una **secuencia óptima** de proceso de trabajos en una cadena de producción,
 - una **distribución** de tripulaciones de aviones **con mínimo coste**,
 - el **mejor enrutamiento** de un paquete de datos en Internet,
 - ...

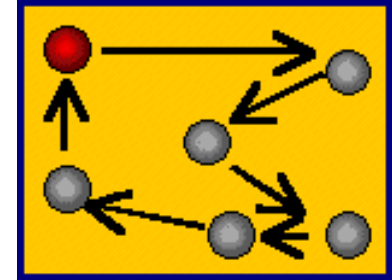
1.1. Resolución de Problemas Mediante Algoritmos de Búsqueda: Introducción

- Estos problemas se caracterizan porque:
 - suelen requerir agrupamientos, ordenaciones o asignaciones de un conjunto discreto de objetos que satisfagan ciertas restricciones,
 - se encuentran en muchas áreas de aplicación,
 - presentan una gran complejidad computacional (son NP-duros)
 - así, los algoritmos exactos (Programación Dinámica, Backtracking, Branch and Bound, ...) son ineficientes o simplemente imposibles de aplicar,
 - en la práctica se resuelven mediante algoritmos aproximados que proporcionan buenas soluciones (no necesariamente la óptima) al problema en un tiempo razonable

1.2. Ejemplo: El problema del viajante de comercio



Es un problema muy estudiado al presentar aplicaciones reales tales como la fabricación en serie de tarjetas de ordenador (impresión de los buses de estaño)



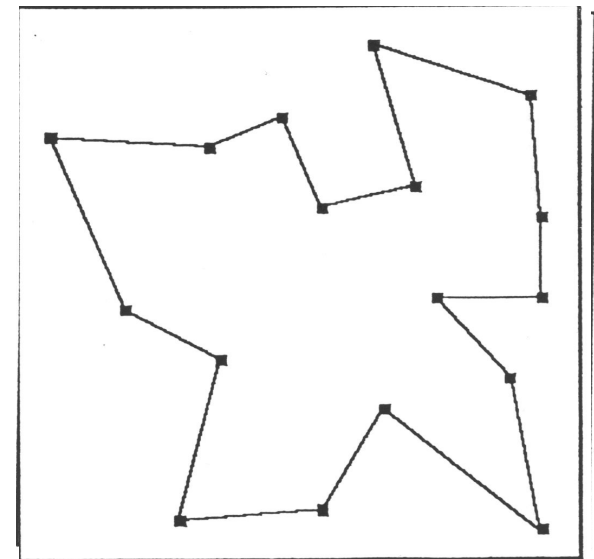
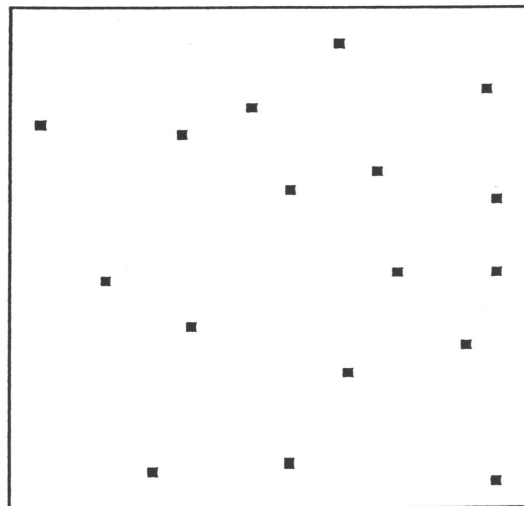
En el viajante de comercio, se tiene una red de nodos, que pueden ser ciudades o simplemente lugares de una ciudad. Se parte de un lugar inicial, y deben recorrerse todos sin pasar más de una vez por cada lugar, volviendo al lugar inicial. Para cada arco, se tiene un valor C_{ij} , que indica la distancia o el costo de ir del nodo i al nodo j .

1.2. Ejemplo: El problema del viajante de comercio

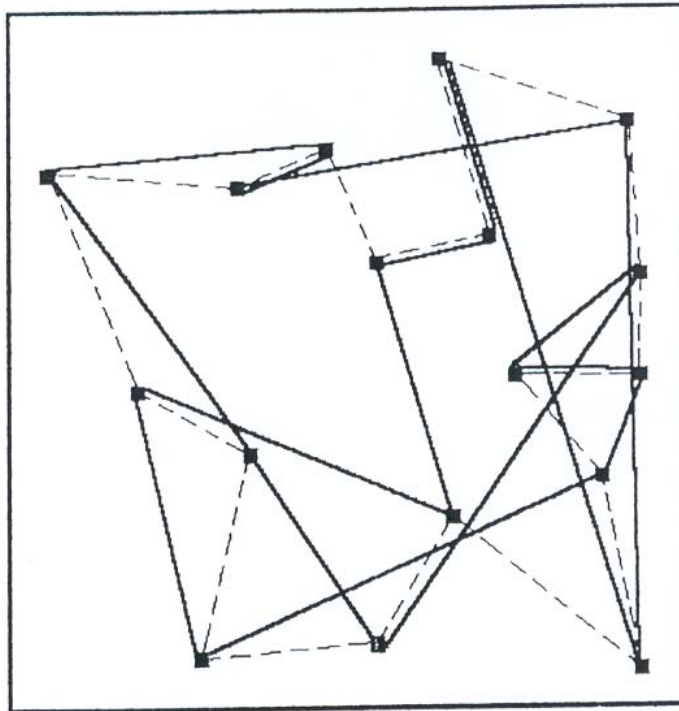
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	0	12.87	19.71	31.56	22.70	17.26	23.33	12.16	24.71	34.51	12.58	21.38	42.37	27.43	36.51	19.10	1.18
2	0	15.80	37.51	21.52	28.57	35.43	22.70	16.78	28.57	11.13	25.26	50.62	38.16	35.97	9.04	34.56	
3	0	50.18	36.56	35.86	35.51	21.60	31.50	43.51	25.58	38.78	61.57	46.15	51.10	23.50	48.52		
4	0	20.90	21.52	37.62	38.14	33.26	31.90	27.13	13.03	15.53	18.39	19.37	35.84	8.12			
5	0	26.00	40.72	33.74	12.87	14.71	11.68	9.72	35.86	30.96	15.06	16.78	15.27				
6	0	16.99	18.53	34.51	40.20	22.34	18.53	27.70	10.80	34.94	32.08	25.24					
7	0	14.54	46.60	54.54	33.80	34.52	40.35	22.09	51.20	41.84	41.73						
8	0	36.31	46.12	24.21	30.50	45.72	28.09	46.77	30.20	39.71							
9	0	12.54	13.31	21.52	48.18	41.50	23.85	8.50	27.43								
10	0	22.43	23.33	46.67	44.80	16.31	20.53	24.58									
11	0	14.71	40.81	30.52	26.21	10.50	23.93										
12	0	27.43	21.97	17.20	23.35	10.35											
13	0	18.89	32.78	50.15	22.59												
14	0	35.88	40.51	24.71													
15	0	30.18	11.90														
16	0	31.31															
17	0																

**17! (3.5568734e14)
soluciones posibles**

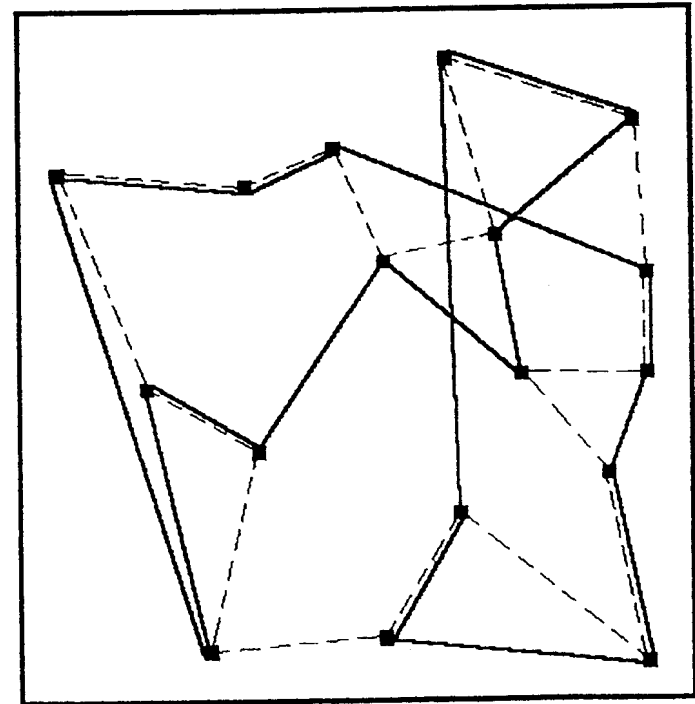
**Solución óptima:
Coste=226.64**



Viajante de Comercio



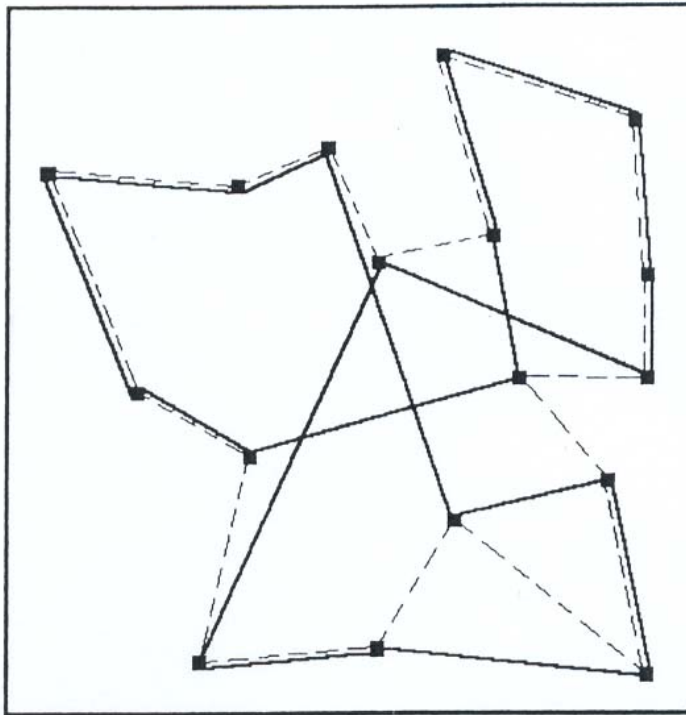
Iteración: 0 Costo: 403.7



Iteración: 25 Costo: 303.86

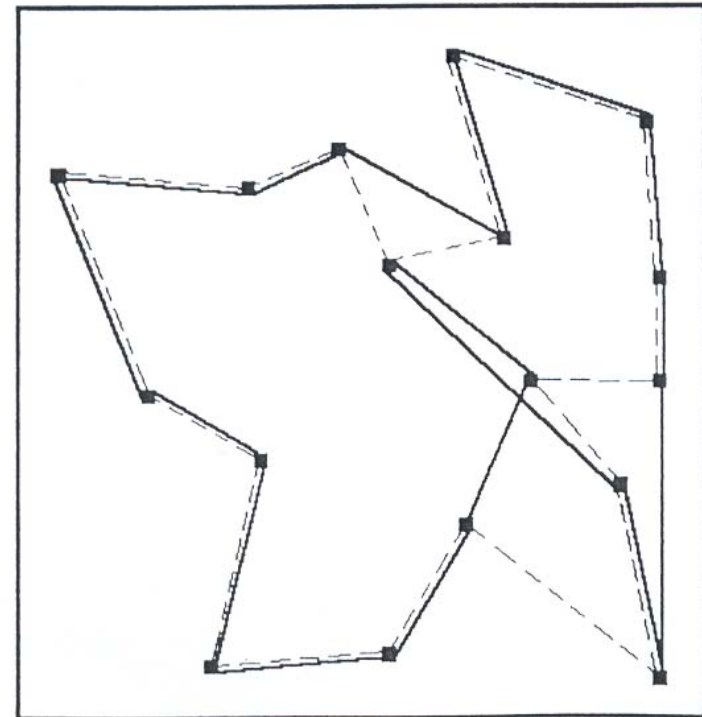
Solución óptima: 226.64

Viajante de Comercio



— Mejor solución
- - - Solución óptima

Iteración: 50 Costo: 293.6

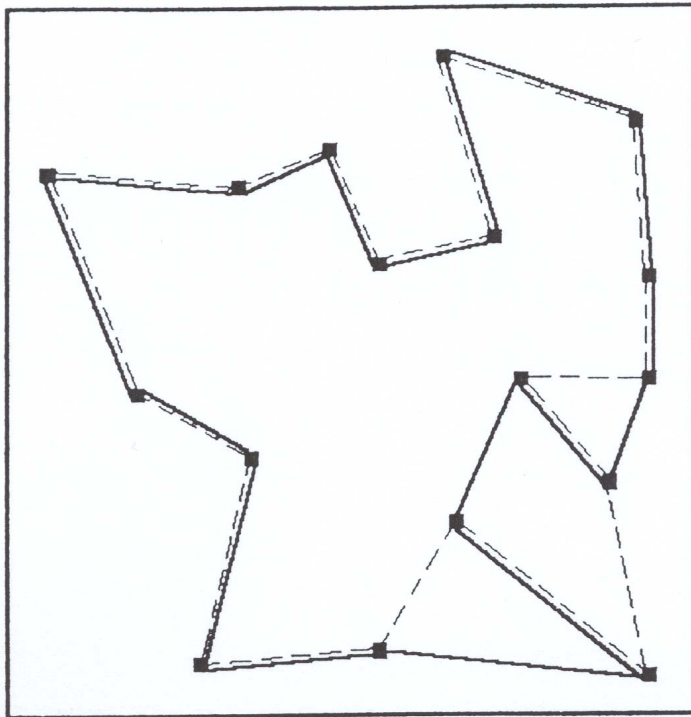


— Mejor solución
- - - Solución óptima

Iteración: 100 Costo: 256.55

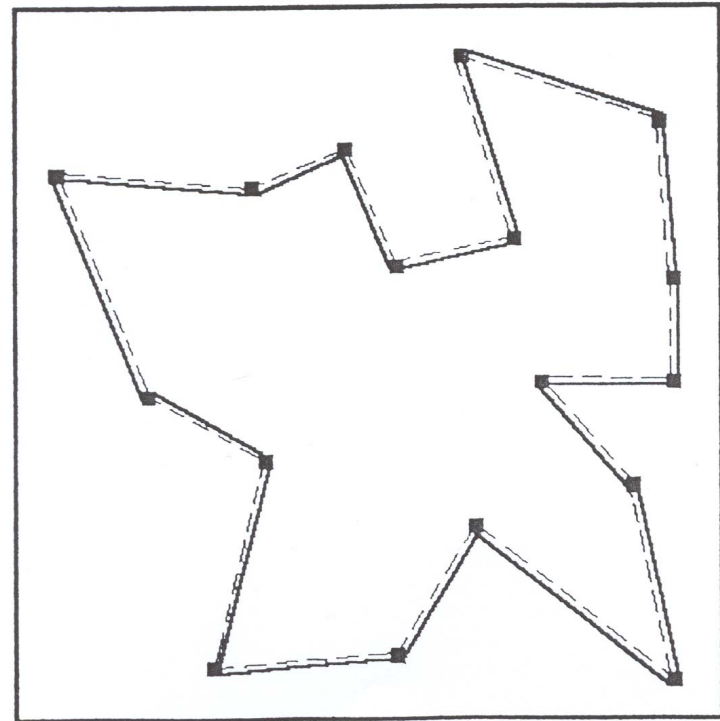
Solución óptima: 226.64

Viajante de Comercio



—— Mejor solución
- - - Solución optimal

Iteración: 200 Costo: 231.4

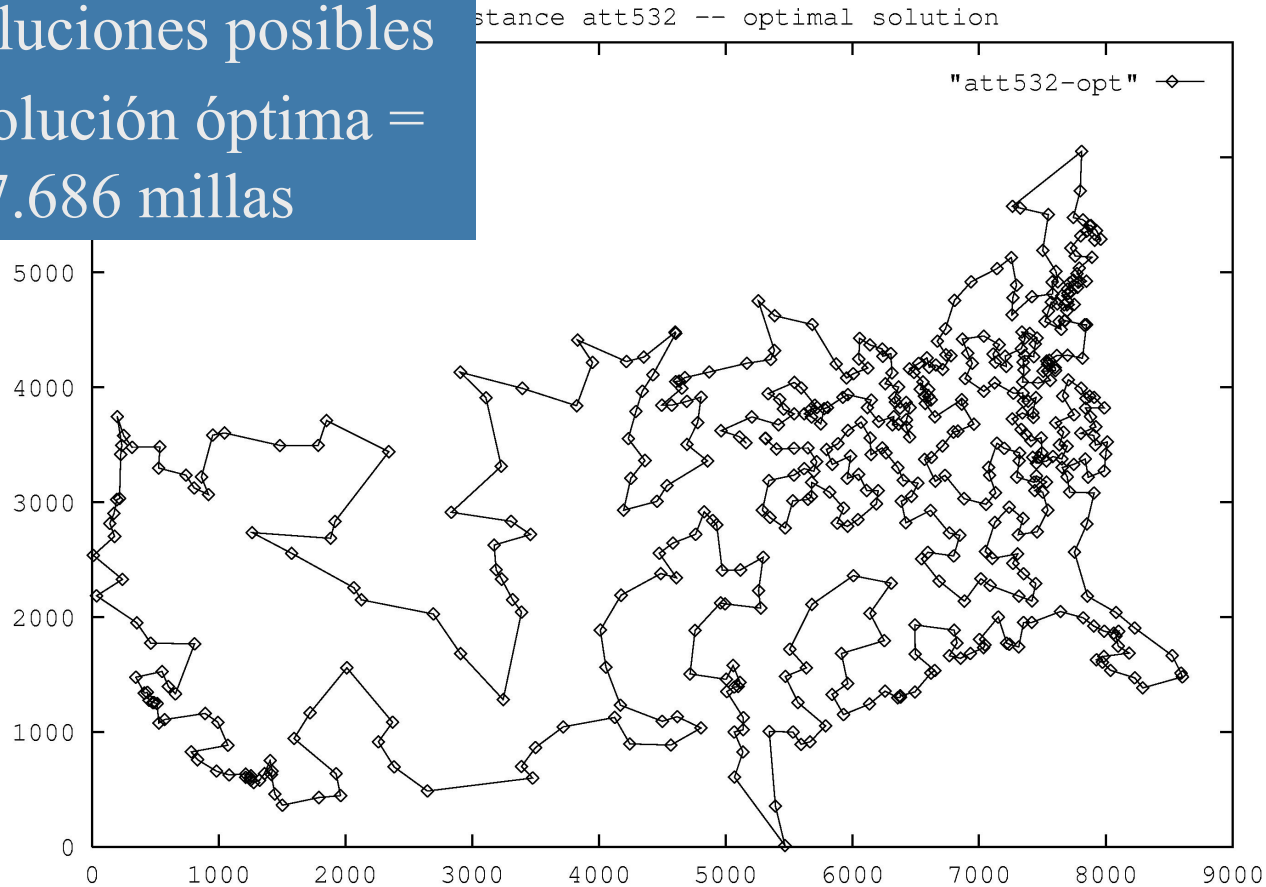


—— Mejor solución
- - - Solución optimal

Iteración: 250 Solución
óptima: 226.64

1.2. Ejemplo: El problema del viajante de comercio

532! soluciones posibles
Coste solución óptima =
27.686 millas



ALGORÍTMICA

TEMA 1. Introducción a las Metaheurísticas

1. Resolución de problemas mediante algoritmos de búsqueda
2. Algoritmos aproximados
3. Metaheurísticas: definición y clasificación
4. Paralelización de metaheurísticas
5. Ejemplo Real: Sistema de Bajo Coste para la Medición de Cotas de Vehículos en la ITV

B. Melián, J.A. Moreno Pérez, J.M. Moreno Vega. Metaheurísticas: un visión global. Revista Iberoamericana de Inteligencia Artificial 19 (2003) 7-28

<http://sci2s.ugr.es/docencia/algoritmica.php>

2. ALGORITMOS APROXIMADOS

Los *algoritmos aproximados* aportan soluciones cercanas a la óptima en problemas complejos (NP-duros) en un tiempo razonable

Factores que pueden hacer interesante su uso

- Cuando no hay un método exacto de resolución, o éste requiere mucho tiempo de cálculo y memoria (ineficiente)
- Cuando no se necesita la solución óptima, basta con una de buena calidad en un tiempo aceptable

ALGORÍTMICA

TEMA 1. Introducción a las Metaheurísticas

1. Resolución de problemas mediante algoritmos de búsqueda
2. Algoritmos aproximados
3. Metaheurísticas: definición y clasificación
 - 3.1. Metaheurísticas: Definición
 - 3.2. Clasificación de las Metaheurísticas
 - 3.3. Funcionamiento de las Metaheurísticas

3.1. Metaheurísticas: Definición

Son una familia de algoritmos aproximados de propósito general. Suelen ser procedimientos iterativos que guían una heurística subordinada de búsqueda, combinando de forma inteligente distintos conceptos para explorar y explotar adecuadamente el espacio de búsqueda.

■ Ventajas:

- **Algoritmos de propósito general**
- **Gran éxito en la práctica**
- **Fácilmente implementables**
- **Fácilmente paralelizables**

■ Inconvenientes:

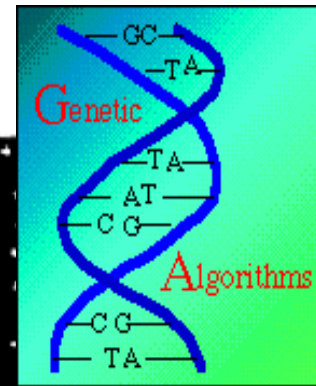
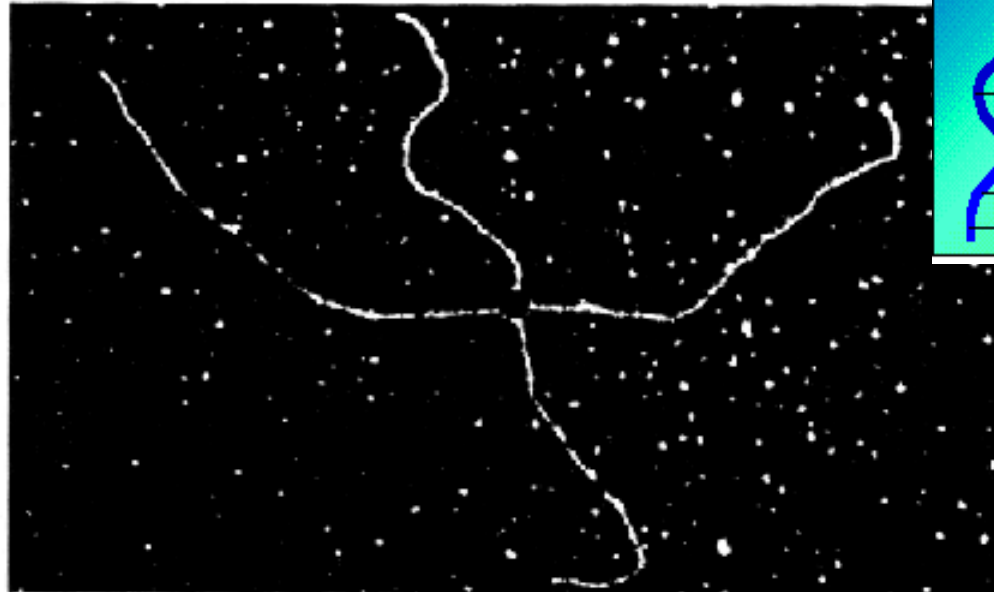
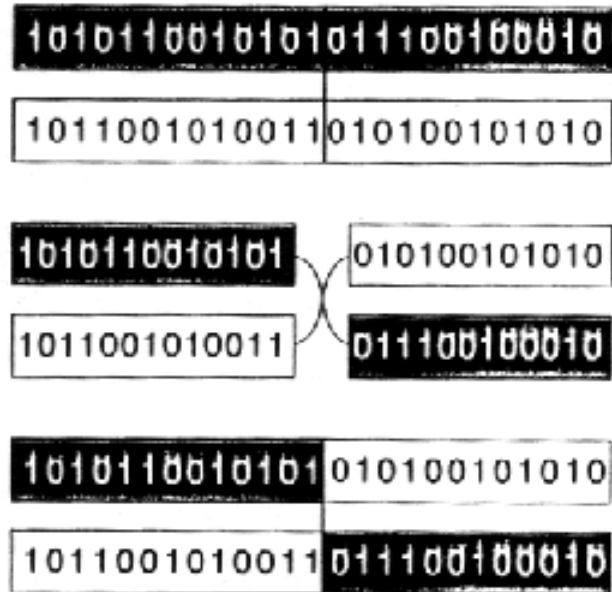
- **Son algoritmos aproximados, no exactos**
- **Son no determinísticos (probabilísticos)**
- **No siempre existe una base teórica establecida**

3.1. Metaheurísticas: Definición

- Existen distintas metaheurísticas en función de conceptos como:
 - **Seguimiento de trayectoria considerado** (Parte II. Temas 2 a 6): trayectorias simples y múltiples.
 - **Uso de poblaciones de soluciones** (única solución versus conjuntos de soluciones Temas 2-6 versus Temas 7,9 y 10).
 - **Uso de memoria** (Búsqueda Tabú (T4), ILS (T6))
 - **Fuente de inspiración** (Bioinspirada: algoritmos genéticos (T7), algoritmos basados en colonias de hormigas, ...)

3.1. Metaheurísticas: Definición

- **Fuente de inspiración. Inspiración biológica. Ej. Algoritmos Genéticos**

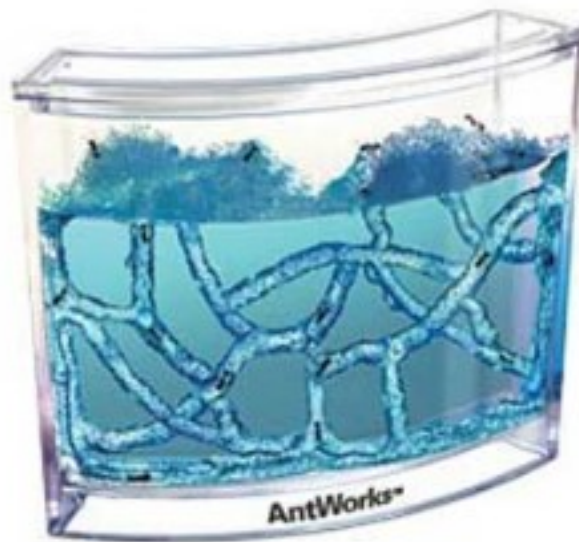


CROSSOVER is the fundamental mechanism of genetic rearrangement for both real organisms and genetic algorithms.

Chromosomes line up and then swap the portions of their genetic code beyond the crossover point.

3.2. Clasificación de las Metaheurísticas

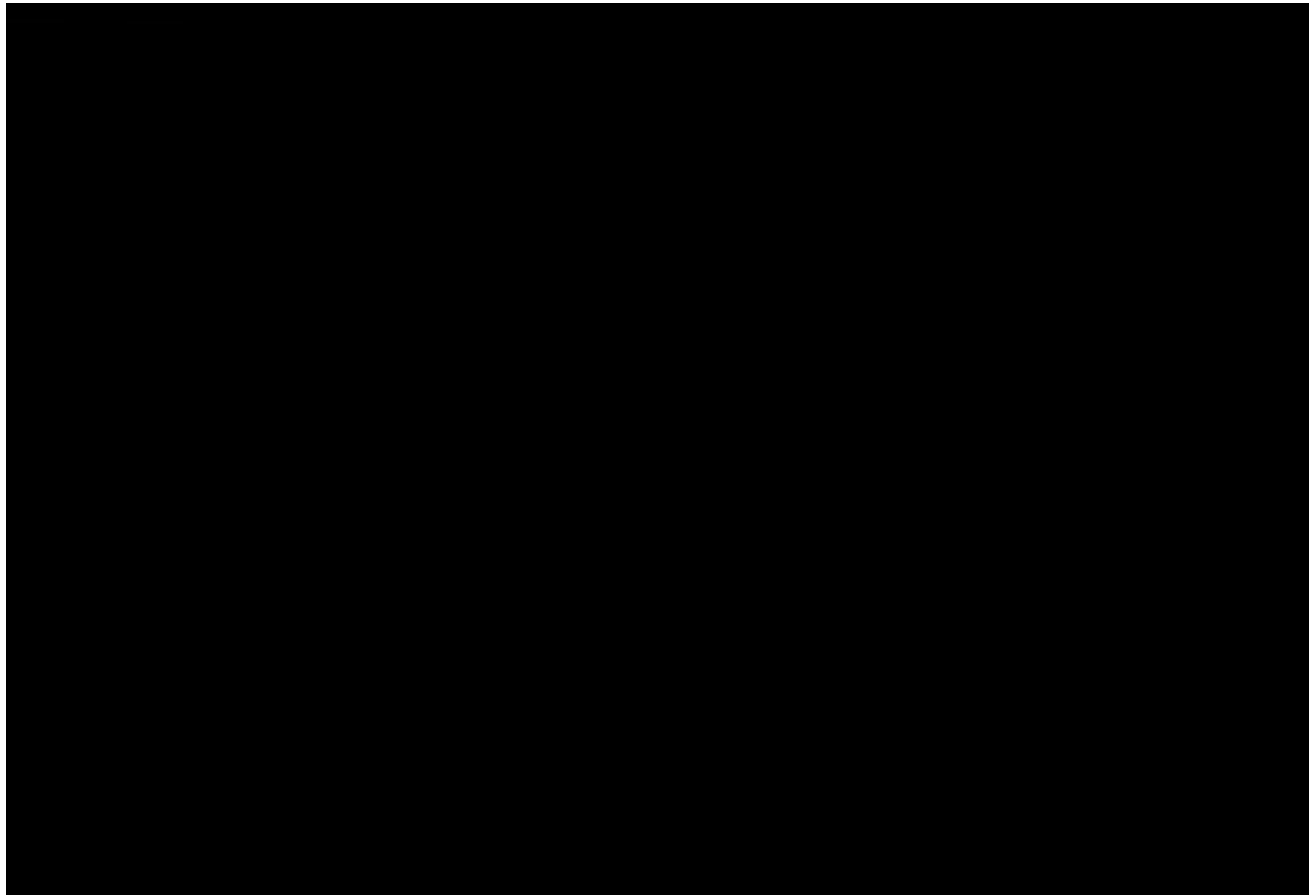
- Una posible clasificación:
 - **Basadas en métodos constructivos**: GRASP, Optimización Basada en Colonias de Hormigas



3.2. Clasificación de las Metaheurísticas

- **Fuente de inspiración. Inspiración biológica. Ej. Algoritmos de Optimización basados en Colonias de Hormigas**

Experimento con Hormigas reales. Como encuentran el camino mínimo (159 segundos)

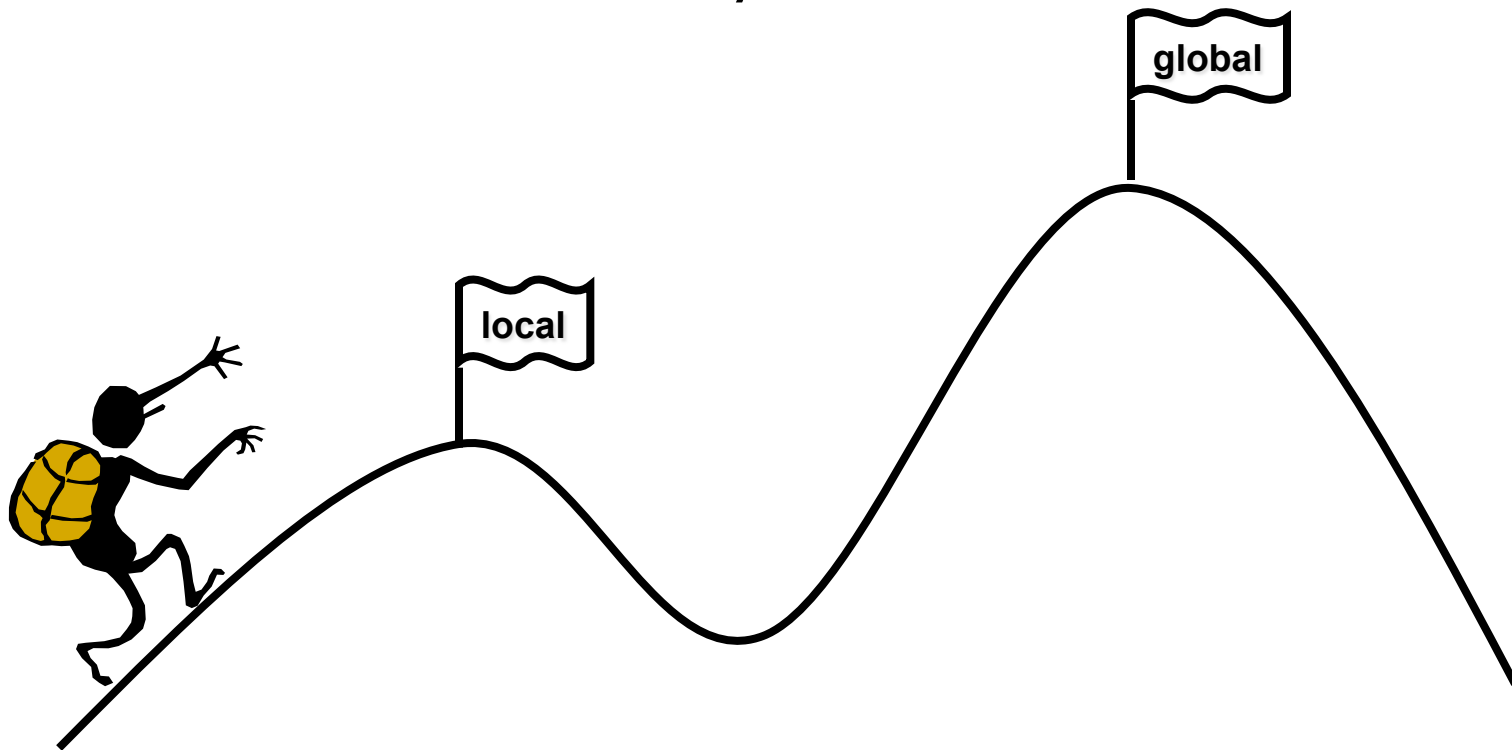


3.2. Clasificación de las Metaheurísticas

- Una posible clasificación:
 - **Basadas en métodos constructivos:** GRASP, Optimización Basada en Colonias de Hormigas
 - **Basadas en trayectorias** (*la heurística subordinada es un algoritmo de búsqueda local que sigue una trayectoria en el espacio de búsqueda*): Búsqueda Local, Enfriamiento Simulado, Búsqueda Tabú, BL Iterativa, ...

3.2. Clasificación de las Metaheurísticas

- Basadas en trayectorias

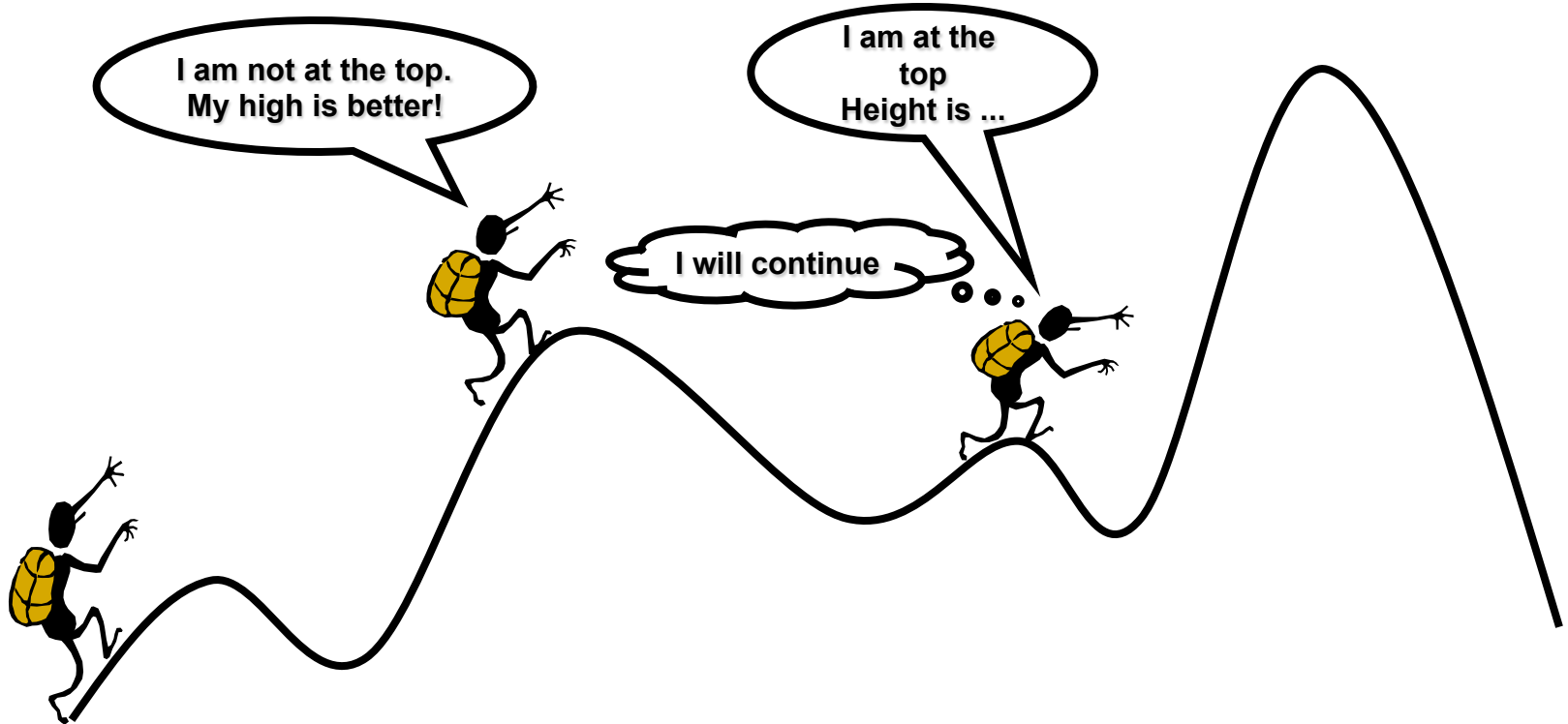


3.2. Clasificación de las Metaheurísticas

- Una posible clasificación:
 - **Basadas en métodos constructivos:** GRASP, Optimización Basada en Colonias de Hormigas
 - **Basadas en trayectorias** (*la heurística subordinada es un algoritmo de búsqueda local que sigue una trayectoria en el espacio de búsqueda*): Búsqueda Local, Enfriamiento Simulado, Búsqueda Tabú, BL Iterativa, ...
 - **Basadas en poblaciones** (*el proceso considera múltiples puntos de búsqueda en el espacio*): Algoritmos Genéticos, Scatter Search, Algoritmos Meméticos, PSO, ...

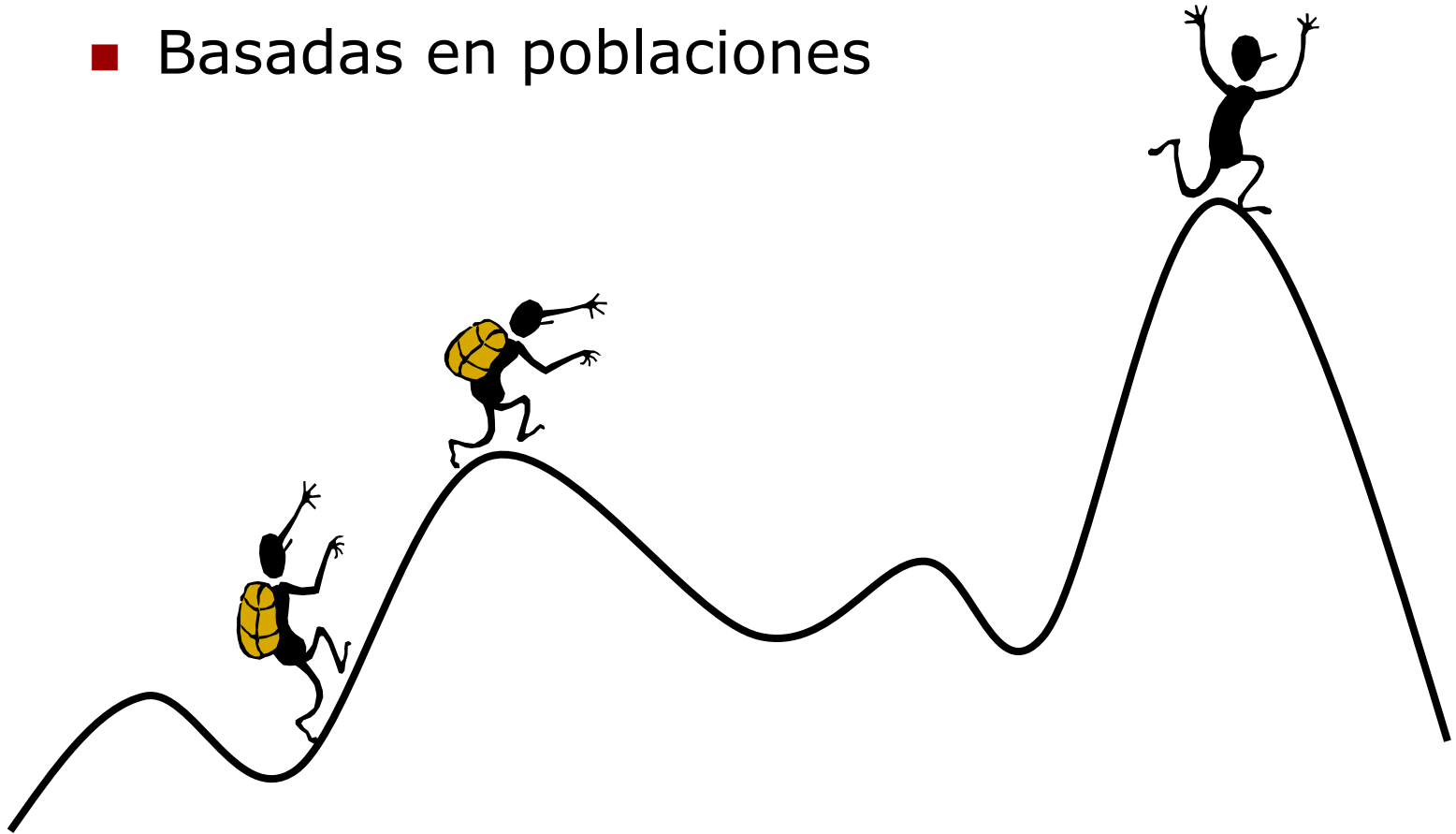
3.2. Clasificación de las Metaheurísticas

- Basadas en poblaciones



3.2. Clasificación de las Metaheurísticas

- Basadas en poblaciones



3.3. Funcionamiento de las Metaheurísticas

- Para obtener buenas soluciones, cualquier algoritmo de búsqueda debe establecer un balance adecuado entre dos características contradictorias del proceso:
 - **Intensificación**: cantidad de esfuerzo empleado en la búsqueda en la región actual (explotación del espacio)
 - **Diversificación**: cantidad de esfuerzo empleado en la búsqueda en regiones distantes del espacio (exploración)

3.3. Funcionamiento de las Metaheurísticas

- Este equilibrio entre intensificación y diversificación es necesario para:
 - Identificar rápidamente regiones del espacio con soluciones de buena calidad
 - No consumir mucho tiempo en regiones del espacio no prometedoras o ya exploradas
- Las metaheurísticas aplican distintas estrategias para obtener un buen balance entre intensificación y diversificación

ALGORÍTMICA

TEMA 1. Introducción a las Metaheurísticas

1. Resolución de problemas mediante algoritmos de búsqueda
2. Algoritmos aproximados
3. Metaheurísticas: definición y clasificación
4. Paralelización de metaheurísticas
5. Ejemplo Real: Sistema de Bajo Coste para la Medición de Cotas de Vehículos en la ITV

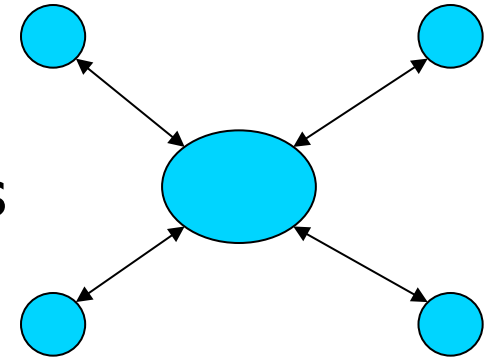
B. Melián, J.A. Moreno Pérez, J.M. Moreno Vega. Metaheurísticas: un visión global. Revista Iberoamericana de Inteligencia Artificial 19 (2003) 7-28

<http://sci2s.ugr.es/docencia/algoritmica.php>

4. ALGORITMOS PARALELOS DE BÚSQUEDA

OBJETIVOS

1. Preservar la calidad de las soluciones reduciendo el tiempo de ejecución
2. Incrementar la calidad de las soluciones sin aumentar el tiempo de cálculo
3. Obtener soluciones de mayor calidad debido al efecto sinérgico de la distribución espacial de la búsqueda



Algoritmos paralelos/distribuidos

Todas las tendencias de arquitecturas de cómputo actuales llevan a sistemas paralelos y/o distribuidos:

- Arquitecturas de procesadores: procesadores multinúcleo (Core 2 Quad); multihebra (i7); multiprocesadores
 - OpenMP
- Construcción de sistemas paralelos de bajo coste: clusters
 - OpenMPI
- Interconexión de centros de supercomputación: sistemas grid

ALGORÍTMICA

TEMA 1. Introducción a las Metaheurísticas

1. Resolución de problemas mediante algoritmos de búsqueda
2. Algoritmos aproximados
3. Metaheurísticas: definición y clasificación
4. Paralelización de metaheurísticas
5. Ejemplo Real: Sistema de Bajo Coste para la Medición de Cotas de Vehículos en la ITV

B. Melián, J.A. Moreno Pérez, J.M. Moreno Vega. Metaheurísticas: un visión global. Revista Iberoamericana de Inteligencia Artificial 19 (2003) 7-28

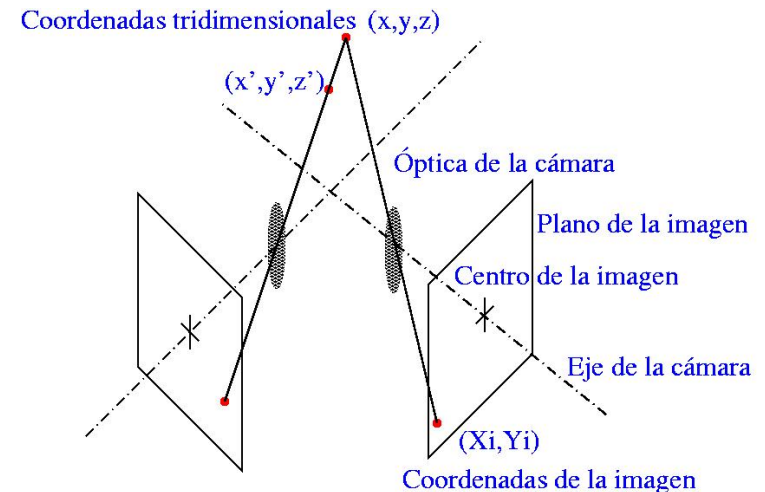
<http://sci2s.ugr.es/docencia/algoritmica.php>

5. Ejemplo Real: Sistema de Bajo Coste para la Medición de Cotas de Vehículos en la ITV

- La **medición de cotas** (ancho, largo, alto, distancia entre ejes, ...) es una de las **tareas del reglamento de la ITV**
- Implica la atención de dos mecánicos inspectores, por lo que **es interesante automatizarla**. El presupuesto de los talleres requiere que se haga a bajo coste
- En la **estación de la ITV de Pruvia**, Asturias, se planteó la instalación de un sistema basado en cuatro cámaras, una tarjeta capturadora y un ordenador

5. Ejemplo Real: Sistema de Bajo Coste para la Medición de Cotas de Vehículos en la ITV

- Las cámaras trabajan a pares. Con la imagen de dos, se puede calcular la posición tridimensional de un punto



- Restricción: Las cámaras han de situarse de forma que todos los puntos de referencia en la medida de una cota sean visibles desde, al menos, dos de ellas
- El operario marca los puntos a medir en la pantalla del ordenador y el sistema calcula las distancias entre los puntos indicados

5. Ejemplo Real: Sistema de Bajo Coste para la Medición de Cotas de Vehículos en la ITV

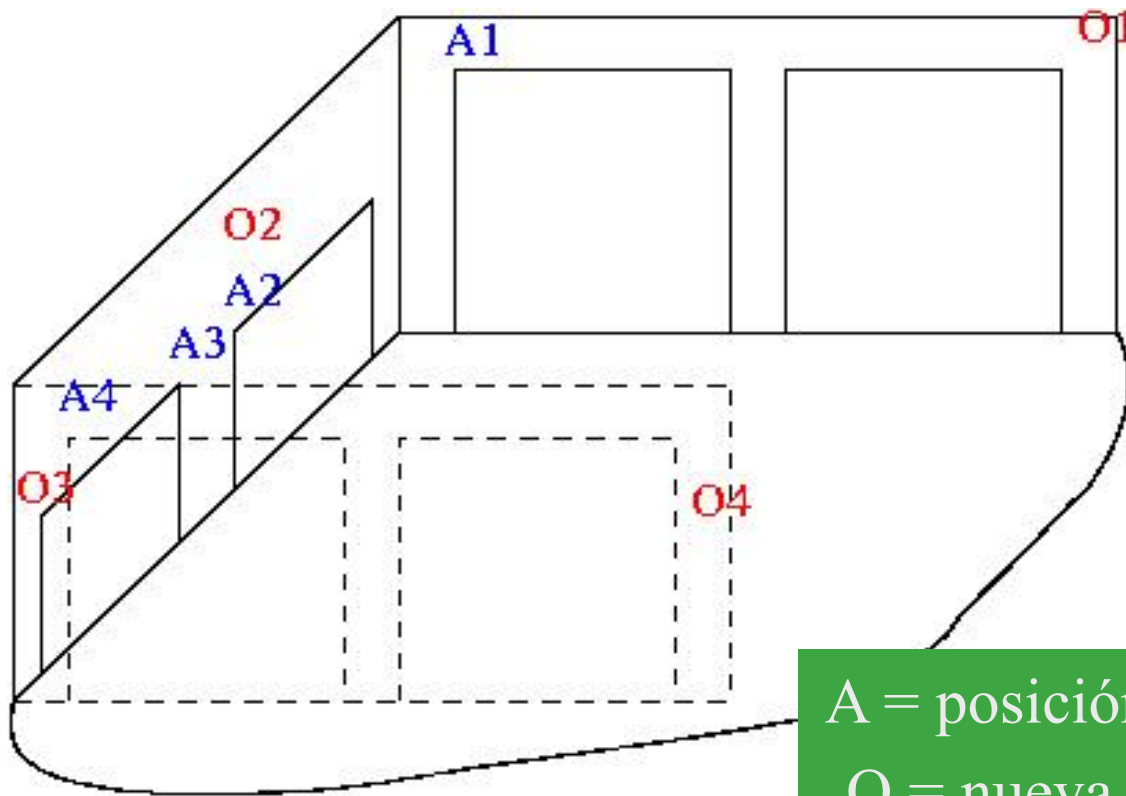


5. Ejemplo Real: Sistema de Bajo Coste para la Medición de Cotas de Vehículos en la ITV

- Se produce un error de medida que depende de la posición de las cámaras. P.e., sólo moviendo una cámara 1 metro a la derecha, se reduce el error de 70.7 a 47.2 mm
- Solución: Obtener la disposición de las cuatro cámaras resolviendo un problema de optimización con restricciones
- Se aplicó un algoritmo aproximado al problema sobre la planta real de la estación de ITV de Pruvia y se redujo el error medio de 14 a 5 cm

5. Ejemplo Real: Sistema de Bajo Coste para la Medición de Cotas de Vehículos en la ITV

PLANTA DE LA ESTACIÓN DE ITV DE PRUVIA



A = posición original
O = nueva posición

5. Ejemplo Real: Equilibrado de líneas de montaje

Proyecto ECSC :
Equilibrado de líneas de montaje en NISSAN (Barcelona).
Línea de montaje del motor del Nissan Pathfinder

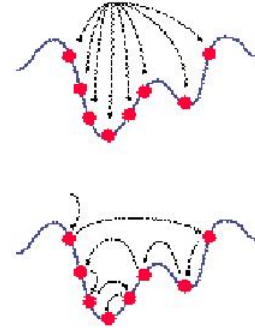


Motor del Pathfinder:

- 747 piezas y 330 referencias en 6 versiones del motor diesel
- 378 operaciones de montaje (incluida la prueba rápida)
- 79 operarios para un turno de 301 motores

ALGORÍTMICA

2012 - 2013



- **Parte I. Introducción a las Metaheurísticas**
 - Tema 1. Metaheurísticas: Introducción y Clasificación
- **Parte II. Métodos Basados en Trayectorias y Entornos**
 - **Tema 2. Algoritmos de Búsqueda Local Básicos**
 - Tema 3. Algoritmos de Enfriamiento Simulado
 - Tema 4. Algoritmos de Búsqueda Tabú
 - Tema 5. Métodos Basados en Trayectorias Múltiples I: Métodos Multiarranque Básicos y GRASP
 - Tema 6. Métodos Basados en Trayectorias Múltiples II: ILS y VNS
- **Parte III. Métodos Basados en Poblaciones**
 - Tema 7. Algoritmos Genéticos
- **Parte IV. Intensificación y Diversificación**
 - Tema 8. Estudio del Equilibrio entre Intensificación y Diversificación
- **Parte V. Metaheurísticas Híbridas: Poblaciones y Trayectorias**
 - Tema 9. Algoritmos Meméticos
 - Tema 10. Modelos Híbridos II: *Scatter Search*
- **Parte VI. Paralelización de Metaheurísticas**
 - Tema 11. Metaheurísticas en Sistemas Descentralizados. Metaheurísticas paralelas
- **Parte VII. Conclusiones**
 - Tema 12. Algunas Consideraciones sobre la Adaptación de Metaheurísticas a la Resolución de Problemas