

# Práctica 3. Primera parte. Ingeniería de requisitos: Análisis y especificación de requisitos

Noelia Escalera Mejías      Alejandro Menor Molinero  
Javier Núñez Suárez      Adra Sánchez Ruiz  
Jesús Torres Sánchez

5 de mayo de 2019

## 1. Vecino más cercano

### 1.1. Descripción

La primera heurística que usaremos es bastante sencilla: escogeremos una ciudad inicial y a partir de ahí seleccionaremos la ciudad más cercana a la última escogida (que no haya sido seleccionada previamente) hasta que no queden ciudades por añadir al circuito. Haremos varias ejecuciones, empezando cada vez de una ciudad distinta, y escogeremos la opción con distancia mínima.

```
1  VecinosCercanos(distancias, n, resultado){
2      completados;
3      todas_las_ciudades;
4
5
6      // Metemos los índices de las ciudades
7      for (i=1; i<=n; i++){
8          todas_las_ciudades.insert(i);
9
10
11      // Iniciamos cada vez en una ciudad diferente
12      for (i=1; i<=n; i++){
13          candidatos = todas_las_ciudades;
14          candidatos.erase(i);
15          seleccionados.push_back(i);
16          distancia = 0;
17
18      // Creamos el circuito de la ciudad por la que empezamos
19      while (!candidatos.empty()){
20          actual = seleccionados.back();
21          mas_cercano = *candidatos.begin();
22          min = distancias[actual][mas_cercano];
23
24      // Averiguamos la ciudad mas cercana
25      for (c : candidatos){
26          d = distancias[actual][c];
27          if (d < min){
28              mas_cercano = c;
```

```

28         min = d;
29     }
30 }
31
32     seleccionados.push_back(mas_cercano);
33     distancia += min;
34     candidatos.erase(mas_cercano);
35 }
36     distancia += (distancias[seleccionados.front()][seleccionados
37     .back()]);
38
39     completados[distancia] = seleccionados;
40 }
41 resultado = completados.begin()->second;
42 }
43

```

Listing 1: Pseudocódigo de la primera heurística

## 1.2. Resultados

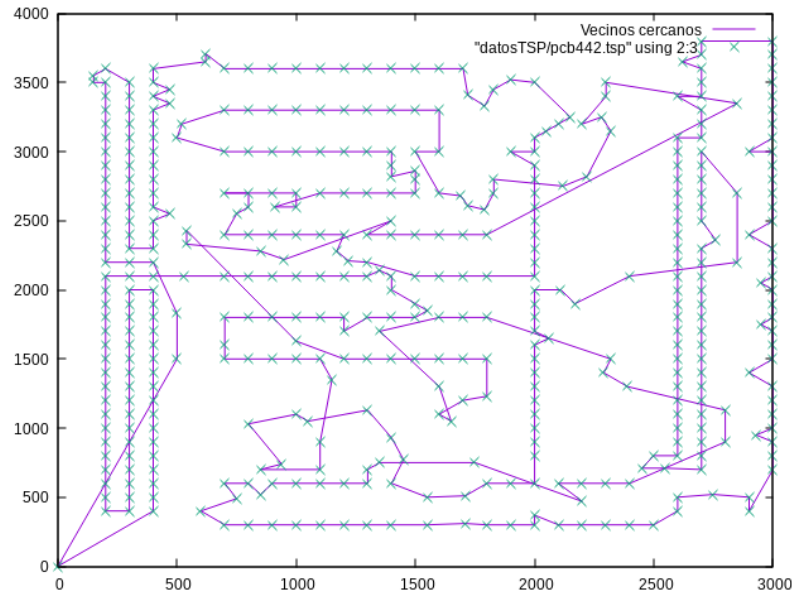


Figura 1: Vecinos cercanos para tamaño 442

## 1.3. Eficiencia

Este algoritmo es de orden  $O(n^2)$ , es bastante eficiente si tenemos en cuenta que en cada iteración hay menos ciudades entre las que hallar la ciudad más cercana. De todos los que analizaremos este es el más eficiente.

## 2. Inserción más económica

### 2.1. Descripción

En este segundo algoritmo, empezamos con un circuito que contiene tres ciudades y posteriormente añadimos las ciudades restantes al recorrido. En cada iteración del algoritmo se busca la ciudad que tenga la inserción con menos coste en el circuito ya existente. Entendiendo como coste, la distancia que hay entre la ciudad a (ya existente) c (a insertar) más la distancia entre c y b(ya existente) menos la que hay entre a y b.

```
1  Insercion(distancias , n, resultado , ciudades){
2      n = buscarCiudadNorte();
3      s = buscarCiudadSur();
4      e = buscarCiudadEste();
5
6
7      resultado.aniade(n,s,e);
8      distanciaFinal = distancias[n][e]+distancias[e][s]+distancias
9      [s][n];
10
11     for(int i=1;i<=n;i++){
12         if(i!=n && i!=s && i!=e){
13             candidatos.insert(i);
14         }
15     }
16
17     while(!candidatos.empty()){
18         for(c:candidatos){
19             for(it=resultado.begin(); it!=resultado.end(); it++){
20                 siguiente = it;
21                 siguiente++;
22
23                 if(siguiente == resultado.end())
24                     siguiente = resultado.begin();
25
26                 diferencia = -distancias[*it][*siguiente];
27                 diferencia += distancias[*it][c];
28                 diferencia += distancias[c][*siguiente];
29
30                 if (it == resultado.begin() || diferencia <
31                 distanciaMinima){
32                     distanciaMinima = diferencia;
33                     insercionMinima = it;
34                 }
35             }
36             if (distanciaMinima < calculoMinimo){
37                 calculoMinimo = distanciaMinima;
38                 posicionMinima = insercionMinima;
39                 candidataMinima = c;
40             }
41         }
42         // Borramos de candidatos
43         candidatos.erase(candidataMinima);
44
45         // Insertamos
```

```

44     posicionMinima++;
45     resultado.insert(posicionMinima, candidataMinima);
46
47     // Actualizamos la distancia con la insercion
48     distanciaFinal += calculoMinimo;
49 }
50 return distanciaFinal;
51 }
52

```

Listing 2: Pseudocódigo de la segunda heurística

## 2.2. Resultados

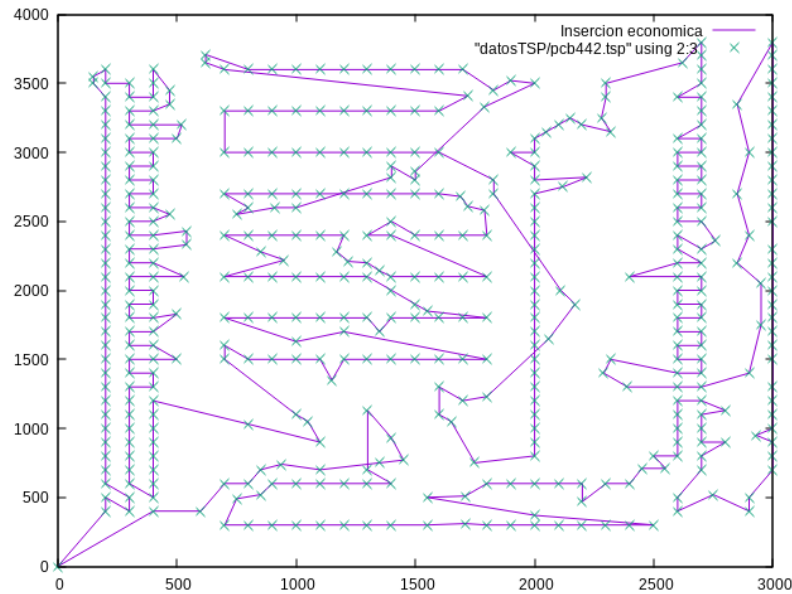


Figura 2: Inserción económica para tamaño 442

## 2.3. Eficiencia

Si bien la inserción económica representa en muchos casos una mejoría respecto a los vecinos cercanos en resultados, es peor en eficiencia. En este caso estamos hablando de un orden de  $O(n^3)$

## 3. Estrategia adicional

Hemos diseñado para este apartado dos algoritmos de inserción, la diferencia con respecto al segundo apartado es el circuito parcial del que partimos. Además de la eficiencia, (ambos son de orden  $O(n^2)$ )

En vez de elegir tres puntos (norte, sur y este), utilizamos el algoritmo de Jarvis para obtener la envoltente convexa, *convex hull*, del conjunto de ciudades dadas. Este algoritmo pertenece al orden  $O(n^2)$  de eficiencia.

Vamos a empezar definiendo qué es un **conjunto convexo**:

*Un conjunto es convexo si dados dos puntos cualesquiera, el segmento que los une está contenido en el conjunto.*

*Una **envoltente convexa** es el menor conjunto convexo de un conjunto de puntos que los contiene.*

De esta envoltente convexa nos interesan las ciudades que hacen de límite para empezar con el circuito que forman, el algoritmo de inserción.

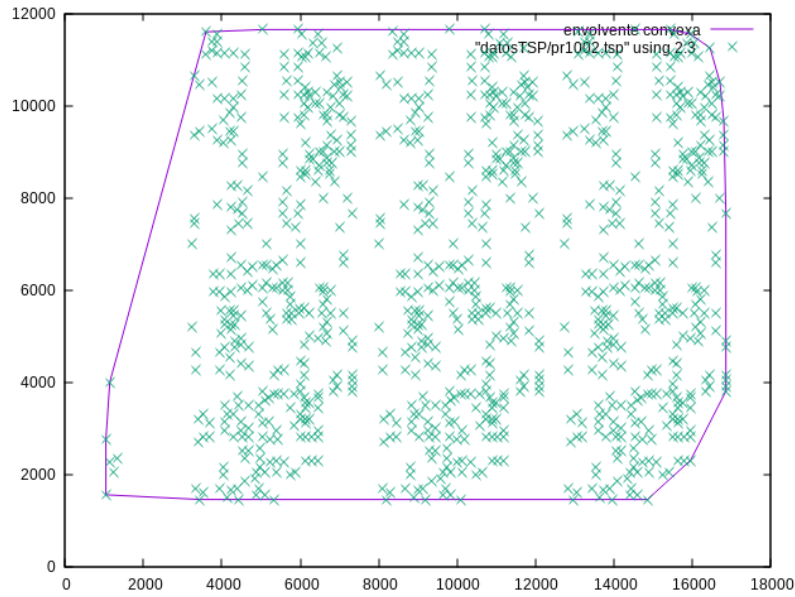


Figura 3: Envoltente convexa del conjunto de puntos pr1002.tsp

### 3.1. Inserción de la ciudad más lejana

Partiendo del circuito que acabamos de explicar, vamos a insertar ciudades del conjunto de candidatos (al principio las que no están en el circuito inicial) con la estrategia de insertar la ciudad más lejana respecto al conjunto de ciudades seleccionadas.

Es decir, primero iteramos por las seleccionadas para hallar la distancia a la que está la ciudad candidata de la ciudad mas lejana en el conjunto de seleccionadas. Después, de todas estas distancias, escogemos la mayor y la insertamos en el lugar más óptimo posible igual que en el segundo apartado.

```

1  circuitoInicial = crearEnvolturaConvexa(ciudades)
2
3
4  // Contiene todas las ciudades menos las que forman parte del
   circuito inicial
5  candidatos = crear.conjunto()
6
7  mientras(!candidatos.empty()){
8      int ciudadMasLejana;
9      int maximaDistancia;
10
11     // Hallamos la ciudad mas lejana respecto
12     // al conjunto de seleccionadas
13     for (int c : candidatos){
14         int dMasLejana;
15         for (int s : seleccionadas){
16             if (distancia(c,s) > dMasLejana)
17                 dMasLejana = distancia(c,s);
18         }
19         if (dMasLejana > maximaDistancia)
20             ciudadMasLejana = c;
21     }
22     list<int>::iterator insercionMasBarata;
23     int cuantoCuesta;
24
25     for (auto it = resultado.begin() ; it != resultado.end() ; it
26         ++){
27         auto siguiente = it;
28         siguiente++;
29
30         if (siguiente == resultado.end())
31             siguiente = resultado.begin();
32
33         int coste = -distancias[*it][*siguiente];
34
35         coste += distancias[*it][ciudadMasLejana];
36         coste += distancias[ciudadMasLejana][*siguiente];
37
38         if (it == resultado.begin() || coste < cuantoCuesta){
39             insercionMasBarata = it;
40             cuantoCuesta = coste;
41         }
42
43         candidatos.erase(ciudadMasLejana);
44         distancia += cuantoCuesta;
45         insercionMasBarata++;
46         resultado.insert(insercionMasBarata, ciudadMasLejana);
47     }
48     return distancia;
49

```

Listing 3: Pseudocódigo de inserción con envoltura convexa y ciudad más lejana

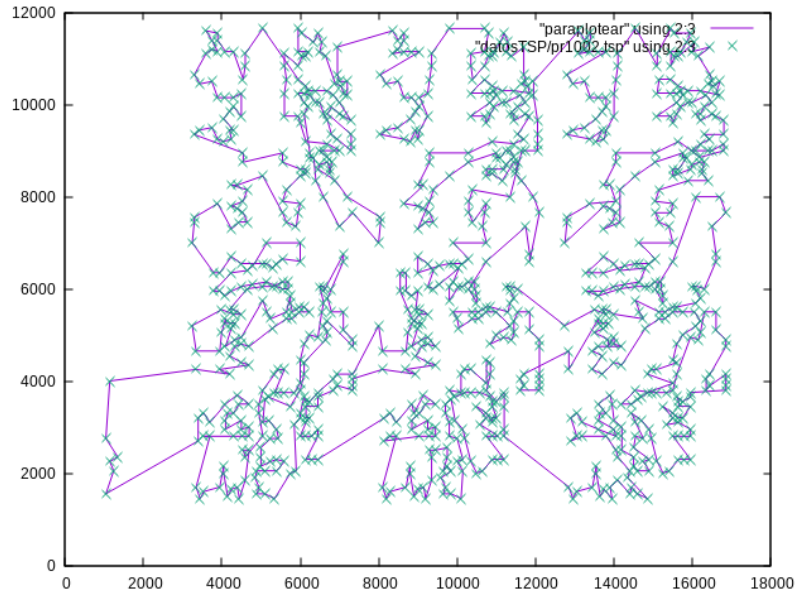


Figura 4: Resultado con estrategia de inserción "mas lejana" y partiendo de la envoltente convexa de pr1002.tsp

### 3.2. Inserción de la ciudad más cercana

De nuevo partimos del circuito que hemos obtenido con la envoltente convexa, pero ahora vamos a escoger para la inserción la ciudad que más cerca esté del conjunto de seleccionadas.

Igual que antes, primero iteramos por las seleccionadas para hallar la distancia a la que está la ciudad candidata de la ciudad mas cercana en el conjunto de seleccionadas. Después, de todas estas distancias, escogemos la menor y la insertamos en el lugar más óptimo posible igual que en el segundo apartado.

```

1
2 circuitoInicial = crearEnvolturaConvexa(ciudades)
3
4 // Contiene todas las ciudades menos las que forman parte del
   circuito inicial
5 candidatos = crear.conjunto()
6
7 mientras (!candidatos.empty()) {
8     int ciudadMasCercana;
9     int minimaDistancia = INT.MAX;

```

```

10
11 // Hallamos la ciudad mas cercana respecto
12 // al conjunto de seleccionadas
13 for (int c : candidatos){
14     int dMasCercana;
15     for (int s : seleccionadas){
16         if (distancia(c,s) < dMasCercana)
17             dMasCercana = distancia(c,s);
18     }
19     if (dMasCercana < minimaDistancia)
20         ciudadMasCercana = c;
21 }
22 list<int>::iterator insercionMasBarata;
23 int cuantoCuesta;
24
25 for (auto it = resultado.begin() ; it != resultado.end() ; it++){
26     auto siguiente = it;
27     siguiente++;
28
29     if (siguiente == resultado.end())
30         siguiente = resultado.begin();
31
32     int coste = -distancias[*it][*siguiente];
33
34     coste += distancias[*it][ciudadMasLejana];
35     coste += distancias[ciudadMasLejana][*siguiente];
36
37     if (it == resultado.begin() || coste < cuantoCuesta){
38         insercionMasBarata = it;
39         cuantoCuesta = coste;
40     }
41
42
43     candidatos.erase(ciudadMasLejana);
44     distancia += cuantoCuesta;
45     insercionMasBarata++;
46     resultado.insert(insercionMasBarata , ciudadMasLejana);
47 }
48 return distancia;

```

Listing 4: Pseudocódigo de inserción con envoltura convexa y ciudad más lejana



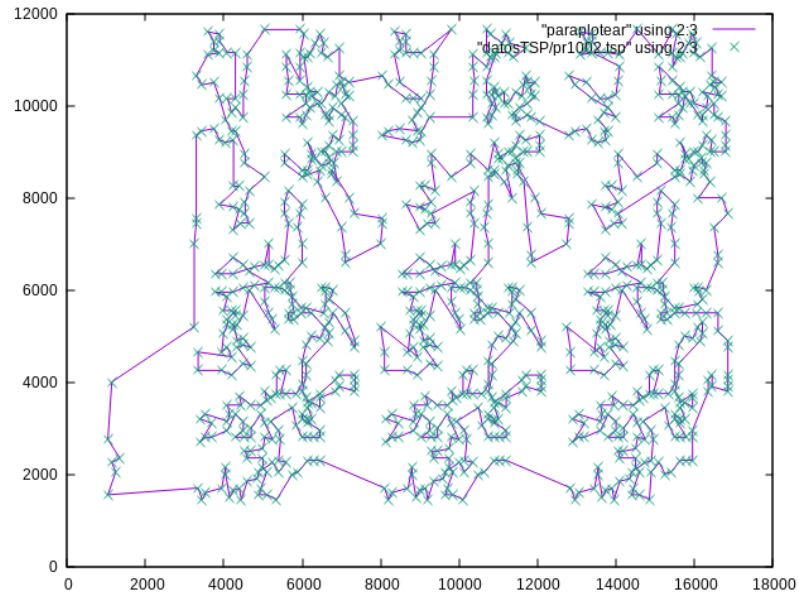


Figura 5: Resultado con estrategia de inserción "más cercana" y partiendo de la envoltura convexa de pr1002.tsp

## 4. Comparación

Para acabar, mostramos una gráfica comparativa de los **resultados respecto a las soluciones** proporcionadas por el profesor:

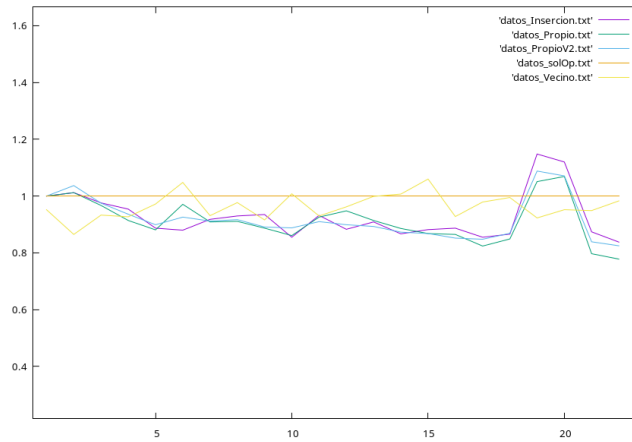


Figura 6: Gráfica comparativa de resultados

## 5. Fuentes

Para acabar mencionar brevemente de dónde nos hemos informado para implementar los algoritmos del apartado 3:

- Página de wikipedia sobre la envoltura convexa
- MIT Open Course Ware sobre heurísticas del TSP
- Página de la wikipedia sobre el algoritmo de Jarvis