

En esta práctica vamos a analizar el uso de los algoritmos “voraces” o “greedy”, algoritmos que seleccionan en cada momento lo mejor de entre un conjunto de candidatos, sin tener en cuenta lo ya hecho, para obtener una solución “rápida” al problema.

Vamos a tener dos problemas a los cuales vamos a aplicar esta manera de resolverlos y mediremos su eficiencia teórica.

Una vez diseñado el algoritmo, veremos los resultados de la ejecución y los compararemos con los resultados “óptimos”, generados tras resolver el problema de la menor manera posible.

Recordemos que los algoritmos greedy no aseguran generar soluciones óptimas siempre; esta desventaja es una ventaja en problemas en los que es muy difícil alcanzar la solución óptima, apliquemos el algoritmo que apliquemos, como el problema que se propone a continuación. No obstante, veremos que los resultados, a pesar de no ser los óptimos, son bastante eficientes, así como el tiempo de ejecución del algoritmo.

## 1. Problema común (Viajante de comercio)

Como hemos comentado anteriormente, aplicar un algoritmo que nos dé el resultado más óptimo para este problema es bastante complicado y su tiempo de ejecución se incrementaría bastante.

Es por eso por lo que el enfoque Greedy es una manera eficiente de solucionar este problema, generando un resultado que no es el óptimo pero se acerca a ello.

El problema se resume en encontrar un circuito hamiltoniano para una serie de puntos, en este caso ciudades, de manera que se recorran todas ellas sin volver a pasar por ninguna, de manera que la distancia total entre estas ciudades, es decir, del circuito, sea la mínima (y así minimizamos el recorrido).

### 1.1. Algoritmo basado en cercanía

En primer lugar, hemos desarrollado una estrategia basada en encontrar el “vecino más cercano”: tomamos una ciudad inicial de manera arbitraria, y buscamos en el vector de ciudades que no se han visitado la ciudad más cercana a esta. Una vez encontrada, se procede a hacer un borrado lógico de la ciudad en el vector, y se procede a encontrar la ciudad más cercana a esta última visitada.

El procedimiento se repite hasta que todas las ciudades se hayan visitado, obteniendo el camino.

Hemos creado también una clase matriz que hemos usado de forma auxiliar para simplificar la parte del código del algoritmo que se detalla a continuación.

### 1.1.1. Código del programa

Aquí se muestra la parte del código del programa desarrollado en C++ que contiene el algoritmo principal utilizado.

```
1 //Declaramos los vectores que albergaran los conjuntos
   ↳Candidato y Solucion
2 vector<int> solucion;
3 vector<int> candidatos;
4
5 // Inicializamos el conjunto de candidatos, el rango sera
   ↳[0,15].
6 for(int i = 0; i<dimension;++i){
7     candidatos.push_back(i);
8 }
9
10 // Abergamos la primera ciudad en el conjunto solucion.
11 int i = 0;
12 solucion.push_back(0);
13 candidatos[0] = -1;
14
15 // variable donde guardaremos el indice, es decir, la
   ↳ciudad a donde nos dirigimos.
16 int menor;
17
18 /*CUERPO DEL ALGORITMO:
19 * La idea es encontrar la ciudad mas cercana haciendo uso
   ↳de la matriz de
20 * distancias. Una vez encontrada la ciudad (indice) al que
   ↳nos dirigimos,
21 * la posicion candidatos[indice] lo hacemos -1 para
   ↳mostrar que esa ciudad
22 * ya la hemos visitado y introducimos el indice en el
   ↳vector de soluciones.
23 *
24 * Para concluir, asignamos el valor del indice a la
   ↳variable i para empezar
25 * de nuevo todo el proceso
26 */
27 while(solucion.size()< dimension ){
28     vector <double> c;
29     m.get_Fila(i,c);
30     menor =BuscaMenor(c, candidatos);
31     solucion.push_back(menor);
32     candidatos[menor] = -1;
33     i = menor;
34 }
35
36 // Imprimimos el vector solucion teniendo en cuenta que
   ↳para la implementacion
```

```

37 // La ciudad numero 1 ha sido el indice numero 0, por lo
    ↳ tanto tenemos que sumar
38 // 1 a los valores del vector solucion.
39
40 for(int i = 0; i< solucion.size();i++){
41     cout << solucion [i]  + 1<< " --> ";
42 }
43 // Aniadimos la ciudad inicial para indicar que
    ↳ completamos un ciclo.
44 cout << " 1 " << " FIN.";

```

### 1.1.2. Pseudocódigo

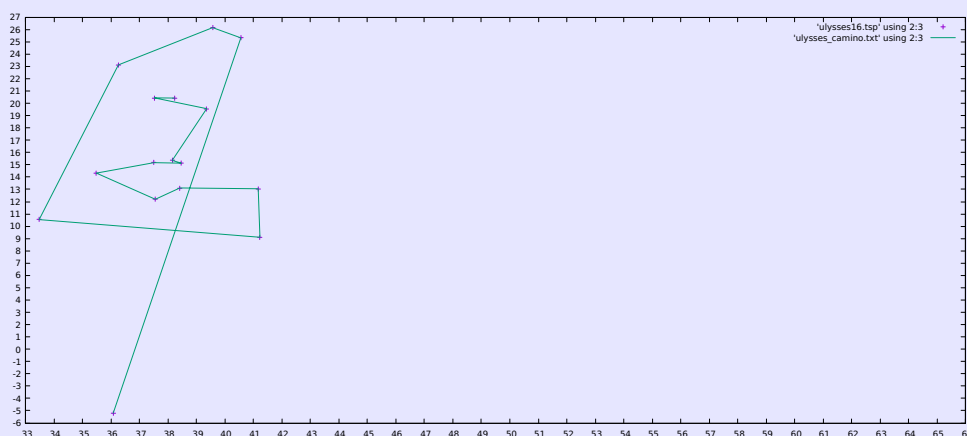
El algoritmo por cercanía en pseudocódigo es el siguiente:

```

1  N = |V|
2  S = {primera ciudad de V}
3  Repetir
4      U = Buscar ciudad del conjunto V mas cercana a la
        ↳ ultima ciudad insertada en S
5      Eliminar U de V
6      Insertar U en S
7  Hasta que |S| = N
8  Insertar de nuevo en S la primera ciudad que habiamos
        ↳ insertado al principio
9  Devolver S

```

### 1.1.3. Visualización



### 1.1.4. Eficiencia teórica

La eficiencia teórica  $O(n)$  depende del número de ciudades que hay. Tomamos, por tanto,  
 $TAM = dimension = n$ .



La eficiencia del algoritmo, en el peor de los casos, es

$$T(n) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n$$

$$T(n) = n * n$$

$$T(n) \in O(n^2)$$

Esto es debido a que la función *BuscaMenor* es de tiempo  $n$ , y se ejecuta también  $n$  veces en el bucle *while* de la línea 30.

## 1.2. Algoritmo basado en inserción

Este algoritmo greedy para resolver el problema del viajante de comercio consiste en partir de un circuito inicial. En nuestro caso las ciudades elegidas para el circuito inicial son la más al Este, la más al Oeste y la más al Norte. Una vez escogido el recorrido inicial comienza el algoritmo. Nuestro algoritmo de inserción se basa en insertar en cada iteración la ciudad que menos aumenta el tamaño de este.

### 1.2.1. Código del programa

Aquí se muestra la parte del código del programa desarrollado en C++ que contiene el algoritmo principal utilizado.

```
1 //Elegimos el recorrido inicial
2 int E = 0, O = 0, N = 0;
3 double mas_al_E = v_coordenadas[0].first;
4 double mas_al_O = v_coordenadas[0].first;
5 double mas_al_N = v_coordenadas[0].second;
6
7 for(int i=1; i<num_ciudades; ++i){
8     if(v_coordenadas[i].second > mas_al_N){
9         mas_al_N = v_coordenadas[i].second;
10        N = i;
11    }
12    if(v_coordenadas[i].first > mas_al_E){
13        mas_al_E = v_coordenadas[i].first;
14        E = i;
15    }
16    if(v_coordenadas[i].first < mas_al_O){
17        mas_al_O = v_coordenadas[i].first;
18        O = i;
19    }
20 }
21
22 solucion.push_back(O); candidatos[O] = -1;
23 solucion.push_back(N); candidatos[N] = -1;
24 solucion.push_back(E); candidatos[E] = -1;
25
26 int tam_solucion = solucion.size(); //Tamaño del conjunto
    ↪ solucion
27
28 //Comienzo del algoritmo
29 vector<int>::iterator sol_it, cand_it; //Iteradores de
    ↪ los vectores de candidatos y solucion
30 vector<int>::iterator ciudad_origen_it; //Iterador que
    ↪ almacenara la posicion de la ciudad del
31 //conjunto solucion, que tiene mas cerca a una ciudad
32 //del conjunto candidatos
33
34 while(tam_solucion < num_ciudades){ //Mientras que no
```



```
→hayamos recorrido todas las ciudades
35 //Buscamos la ciudad mas cercana al conjunto solucion
36 int ciudad_mas_cercana = 0;
37 double distancia_mas_cercana = INF;
38
39 for(sol_it=solucion.begin(); sol_it!=solucion.end();
→++sol_it){
40     for (cand_it=candidatos.begin(); cand_it!=
→candidatos.end(); ++cand_it){
41         if ((distancias[*sol_it][*cand_it] <
→distancia_mas_cercana) && (*cand_it !=
→-1)){
42             ciudad_origen_it = sol_it;
43             ciudad_mas_cercana = *cand_it;
44             distancia_mas_cercana = distancias[*sol_it
→][*cand_it];
45         }
46     }
47 }
48
49 //Una vez encontrada vemos en que posicion del
→conjunto solucion insertarla para minimizar el
→trayecto
50 vector<int>::iterator ciudad_siguiete_it =
→ciudad_origen_it;
51 vector<int>::iterator ciudad_anterior_it =
→ciudad_origen_it;
52 vector<int>::iterator final_it = solucion.end();
53 final_it--;
54
55 //Puesto que el recorrido es un ciclo (cerrado) hay
→que contemplar el caso de que la
56 //ciudad a insertar sea adyacente al primer o ultimo
→elemento del conjunto solucion
57 if(ciudad_origen_it == solucion.begin()){
58     ++ciudad_siguiete_it;
59     ciudad_anterior_it = final_it;
60 }
61 else if(ciudad_origen_it == final_it){
62     ciudad_siguiete_it = solucion.begin();
63     --ciudad_anterior_it;
64 }
65 else{
66     ++ciudad_siguiete_it;
67     --ciudad_anterior_it;
68 }
69
70
71 if(distancias[ciudad_mas_cercana][*ciudad_anterior_it]
```

```

72         ↪ < distancias[ciudad_mas_cercana][*
73         ↪ ciudad_siguiete_it]){
74         solucion.insert(ciudad_origen_it,
75         ↪ ciudad_mas_cercana);
76     }
77     else{
78         solucion.insert(ciudad_siguiete_it,
79         ↪ ciudad_mas_cercana);
80     }
81
82     //Insertamos de nuevo el primer elemento del conjunto
83     ↪ solucion
84     // ya que es un caamino cerrado
85     solucion.push_back(*solucion.begin());
86
87     //Mostramos la solucion
88     cout << "Solucion: " << endl;
89     for(int i=0; i<tam_solucion; ++i){
90         cout << solucion[i]+1 << " ";
91     }
92     cout << endl;

```

### 1.2.2. Pseudocódigo

El algoritmo por inserción en pseudocódigo es el siguiente:

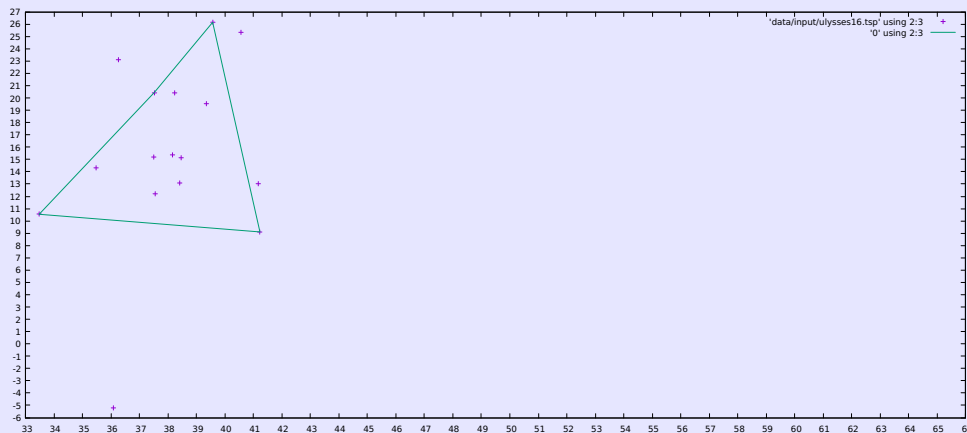
```

1  N = |V|
2  S = {ciudad mas al Norte,
3      ciudad mas al Este,
4      ciudad mas al Oeste}
5  Repetir
6      U = Buscar ciudad del conjunto V que menos aumenta la
7      ↪ distancia de S
8      Eliminar U de V
9      Insertar U en S
10 Hasta que |S| = N
11 Insertar de nuevo en S la primera ciudad que habiamos
12 ↪ insertado al principio
13 Devolver S

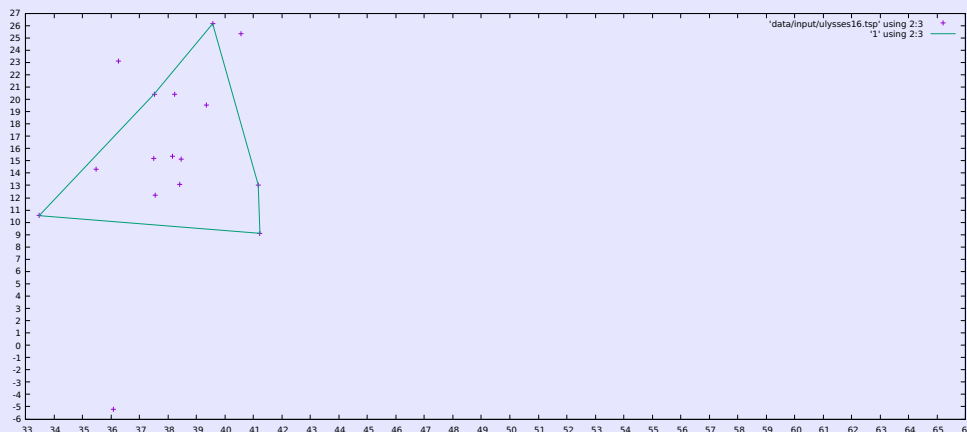
```

### 1.2.3. Visualización

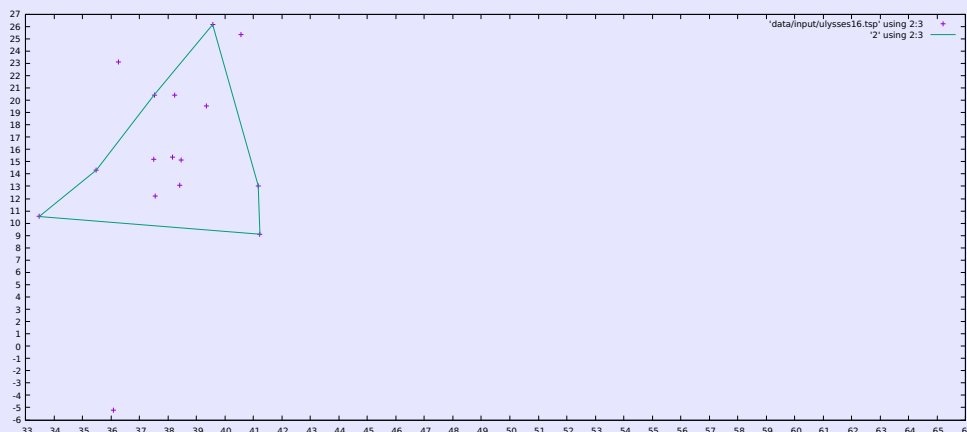
Empezamos seleccionando 3 ciudades distanciadas.



Continuamos añadiendo aquella ciudad que aumente en menor medida el recorrido total.

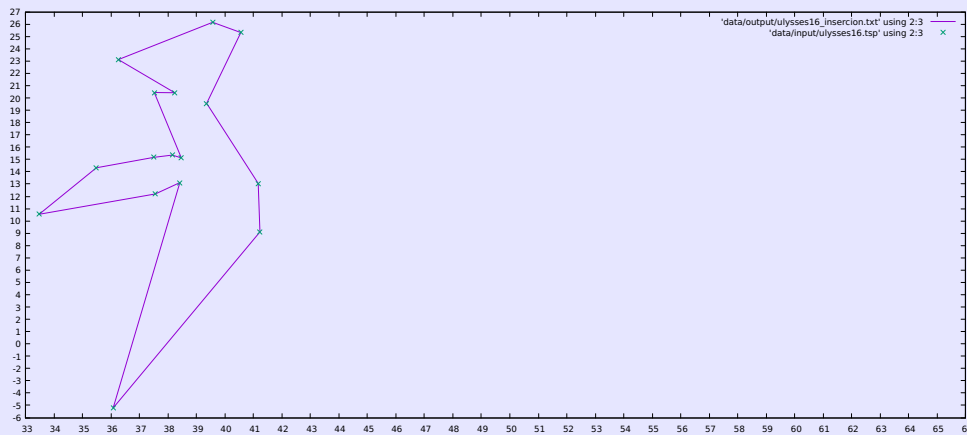


Como podemos comprobar, se añaden las ciudades en el lugar que hagan que el recorrido total sea menor.



Tras terminar obtenemos el recorrido final.





#### 1.2.4. Eficiencia teórica

Fijándonos en el pseudocódigo, vemos que la búsqueda de la ciudad del conjunto  $V$  que menos aumenta la distancia de  $S$  es de orden  $O(n^2)$  por lo que estaríamos hablando de un algoritmo de orden  $O(n^3)$ .

### 1.3. Algoritmo con otra estrategia

A continuación, se ha implantado una estrategia nueva basada en las aristas para resolver este algoritmo.

#### 1.3.1. Código del programa

Aquí se muestra la parte del código del programa desarrollado en C++ que contiene el algoritmo principal utilizado.

```
1 //Ordenamos las aristas del grafo de menor a mayor
2 for(int i=0; i<num_ciudades; ++i){
3     for (int j=i+1; j<num_ciudades; ++j){
4         Arista a{i, j, Distancia(v_coordenadas[i],
5             ↪ v_coordenadas[j])};
6         aristas.insert(a);
7     }
8 }
9 //Vector con el grado de cada nodo del grafo solucion
10 vector<int> grado(num_ciudades);
11 grado.insert(grado.begin(), num_ciudades, 0);
12
13 //Generamos vector de candidatos
14 for(int i=0; i<num_ciudades; ++i)
15     candidatos.push_back(i);
16
17 int tam_solucion = solucion.size(); //Tamaño del conjunto
18     ↪ solucion
19
20 //Mostramos la solucion
21 cout << "Solucion: " << endl;
22
23 for(int i=0; i<tam_solucion; ++i){
24     cout << solucion[i]+1 << " ";
25 }
26 cout << endl;
```

#### 1.3.2. Pseudocódigo

#### 1.3.3. Visualización

#### 1.3.4. Eficiencia teórica



#### 1.4. Comparación de algoritmos

## 2. Problema específico

### 2.1. Ahorro de gasolina

El problema trata de partir de una ciudad y llegar a otra con un vehículo con cierta autonomía pasando por el menor número de gasolineras posibles.

Para entender el algoritmo lo podemos imaginar gráficamente. La autonomía del coche va a ser el radio de la circunferencia de centro la primera ciudad o gasolinera en donde nos encontremos en cada momento.

Dentro de esa circunferencia se encontrarán las gasolineras a las que podemos llegar con la autonomía del vehículo. Solo nos queda elegir a cual de ellas. Muy fácil, nos vamos a la gasolinera que este más cerca de la ciudad objetivo.

Así nos vamos moviendo de gasolinera en gasolinera hasta que dentro de nuestra circunferencia se encuentre a la ciudad objetivo.

En el desarrollo de este algoritmo nos encontramos un error en tiempo de ejecución de violación de segmento. Esto se debía a que no hacíamos un clear del vector que contenía las distancias desde la posición actual hasta el resto de gasolineras.

En el código, más concretamente en la función “BuscarGasolinera”, recopilamos las ciudades que están dentro de la circunferencia en el vector de “índices\_posibles\_gasolineras” en donde guardamos los índices de las gasolineras.

Después de recopilarlas, buscamos en él, el índice de la gasolinera que minimiza la distancia a la ciudad objetivo y guardamos el índice de aquella que cumple el criterio de optimalidad.

La función devuelve el índice que será añadido al vector solución y borrado de manera lógica del vector de candidatos.

En el caso de que el índice devuelto de la función sea -1 significa que hemos llegado a un punto en el que desde la gasolinera que nos encontramos no podemos ir a ninguna otra con la autonomía dada. Para indicarlo se muestra un mensaje de error y finaliza el algoritmo.

Si el algoritmo finaliza sin mensaje de error significa que se ha conseguido llegar a la ciudad objetivo.

#### 2.1.1. Código del programa

Aquí se muestra la parte del código del programa desarrollado en C++ que contiene el algoritmo principal utilizado.

```
1  int BuscarGasolinera(const int autonomia, const int
    ↪ pos_actual, const int ciudad_destino, matriz<double>
    ↪ & grafo, vector<int> &candidatos){
2
3      int parada = -1;
```

**NOTA:** Se ha añadido aquí una función a la cual hace referencia el algoritmo principal.



```
4     vector<int> indices_posibles_gasolineras;
5     double minimo = INF;
6
7     for (int i = 0 ;i <candidatos.size();++i){
8         double distancia_actual_candidato = grafo[
9             ↪pos_actual][i];
10        double distancia_candidato_destino = grafo[i][
11            ↪ciudad_destino];
12        if((distancia_actual_candidato <= autonomia) && (
13            ↪candidatos[i] != -1) && (
14            ↪distancia_candidato_destino < minimo)){
15            parada = i;
16            minimo = distancia_candidato_destino;
17        }
18    }
19
20    return(parada);
21 }
```

```
1  vector<int> candidatos;
2  vector<int> solucion;
3  solucion.push_back(ciudad_origen);
4
5  for(int i = 0; i< num_ciudades; i++)
6      candidatos.push_back(i);
7
8  candidatos[ciudad_origen] = -1;
9  bool fin = false;
10 pos_actual = ciudad_origen;
11
12 while(fin == false){
13     if(autonomia >= distancias[pos_actual][ciudad_destino
14         ↪]){
15         cout << "FIN = DESTINO" << endl;
16         solucion.push_back(ciudad_destino);
17         fin = true;
18     }
19
20     else{
21         pos_actual = BuscarGasolinera(autonomia,pos_actual
22             ↪, ciudad_destino, distancias, candidatos);
23
24         if(pos_actual != -1){
25             candidatos[pos_actual] = -1;
26             solucion.push_back(pos_actual);
27         }
28     }
29 }
```

**NOTA:** Este es el algoritmo principal.



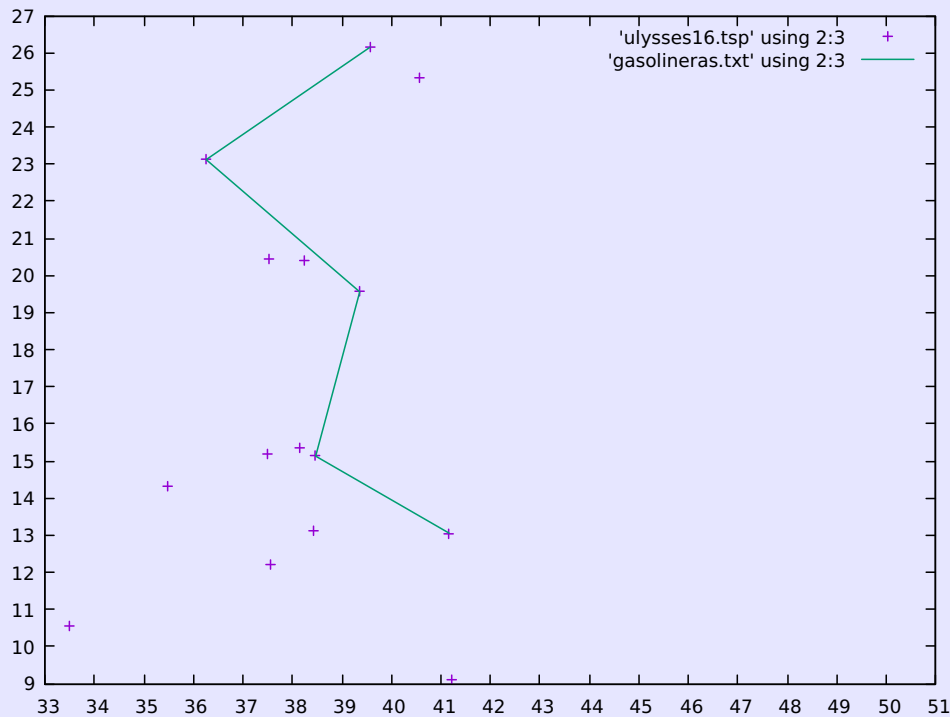
```
28         cout << "No podemos llegar a ninguna otra
           ↳gasolinera" << endl;
29         fin = true;
30     }
31 }
32 }
33
34 for (int i = 0; i<solucion.size(); ++i){
35     cout << solucion[i]+1 << " --> ";
36 }
37 cout << "FIN" << endl;
```

### 2.1.2. Pseudocódigo

```
1  Mientras no se llegue al destino o a un punto sin salida:
2      Encontrar ciudades posibles con la autonomia;
3      Si podemos ir a gasolineras o a la ciudad objetivo:
4          Si podemos ir a la ciudad objetivo:
5              FIN;
6          Si podemos ir a una o varias gasolineras:
7              Elegir la mas cercana a la ciudad objetivo;
8              Anadir al vector solucion;
9              Posicionarnos en la nueva gasolinera;
10     Si no podemir a ningun lado:
11         FIN;
```

**NOTA:** Con *ciudades* también se puede entender a las gasolineras.

## 2.1.3. Visualización



## 2.1.4. Eficiencia teórica

La eficiencia teórica  $O(n)$  depende del número de ciudades que hay. Tomamos, por tanto,  $TAM = num\_ciudades = n$ .

La eficiencia del algoritmo, en el peor de los casos, es

$$T(n) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=i}^n$$

$$T(n) = n * (n - i)$$

$$T(n) \in O(n^2)$$

Para hallar esto nos debemos de fijar en el bucle que comienza en la línea 112 y analizarlo. Nos damos cuenta que, en el peor de los casos, el algoritmo revisa todas las ciudades y escoge la última, y luego vuelve a revisarlas todas y escoger la última, y así consecutivamente.