

## 11.1 Introducción al problema

## 11.2 Modelos de entorno

## 11.3 Planificación de rutas

- Necesidad de anticipar los posibles choques
- Problema de detección de colisiones
- Si dos objetos chocan: pueden rebotar, romperse en varios trozos o deformarse
- Aplicaciones a: planificación de rutas, simulación de movimiento de objetos, robótica, realidad virtual, simuladores quirúrgicos, etc.

**Planificación de caminos.** Diseño de algoritmos que permita obtener trayectorias libres de obstáculos. Por lo general, van a optimizar alguna función.

**Detección de colisiones.** Se trata de prever si dos objetos pueden colisionar. Se realiza mediante sensores de proximidad. Se crean mapas de entorno y determinar las posibles colisiones. Pueden definirse distintos tipos de mapas, que se elegirán en función de los sensores, el tiempo de procesado, etc.

**Evitación de colisiones.** Evitan las colisiones que se hayan detectado. Estas acciones pueden ser detención del móvil, cambio en la velocidad o planificación de rutas alternativas. Estas acciones tienen niveles de complejidad distintos.

## Ocupación de celdas

Se hace un mallado y se asigna a cada celda el valor 0 o 1

## Ventajas:

Es posible modelar cualquier tipo de terreno

Su implementación es muy sencilla

Realiza una descripción del entorno muy sencilla

## Desventajas:

Se requiere un mallado sea fino

Consume muchos recursos

Es poco eficiente

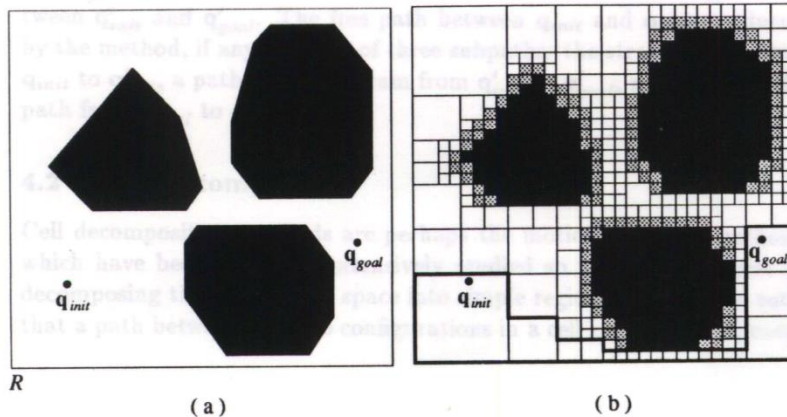
0	0	0	0	0	0	0	0	1	G
0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
S	0	1	0	0	0	0	0	1	0
0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

*Fuente: <http://tai.czasopisma.pan.pl/>*

## Estructuras jerárquicas

Las celdas de distinto tamaño. Algoritmo de descomposición de celdas:

- Cada celda debe pertenecer por completo o bien al espacio libre o bien a un obstáculo
- Se subdivide hasta alcanzar un nivel de resolución establecido



Fuente: <https://cs.stanford.edu>

**Ventajas:** descripción sencilla y eficiente

**Desventaja:** cálculo de rutas más complicado

## Primitivas de sólidos

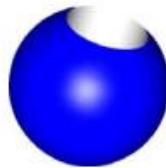
Se modelan los obstáculos a partir de objetos geométricos sencillos (primitivas).

Objetos más complejos: formados por varias primitivas. Se definen las operación de unión, intersección, etc. como operaciones booleanas

Ojo: hay que definir las operaciones con sentido real



$A \cup B$



$A - B$



$A \cap B$

*Fuente: <ftp://ftp.inf.ethz.ch/>*

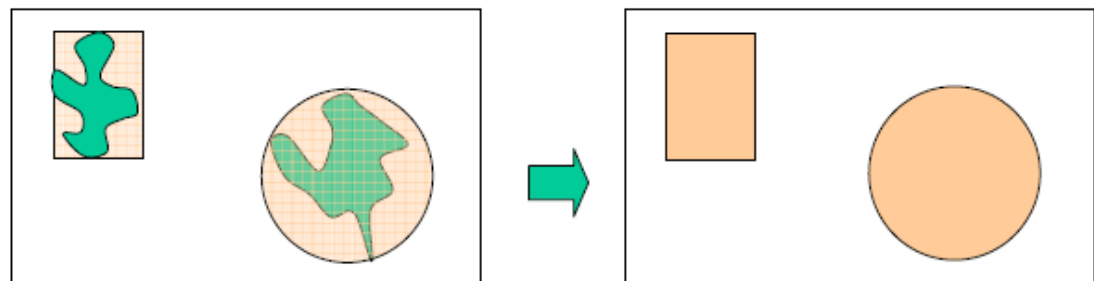


## Ventajas:

- Descripción eficiente y sencilla
- Descripción ocupa poca memoria

## Desventajas:

- A veces no se ajusta bien a un modelo de primitivas: descripción conservadora
- Distintos entornos pueden modelarse con las mismas primitivas
- Es difícil modelar con primitivas a partir de datos obtenidos de sensores

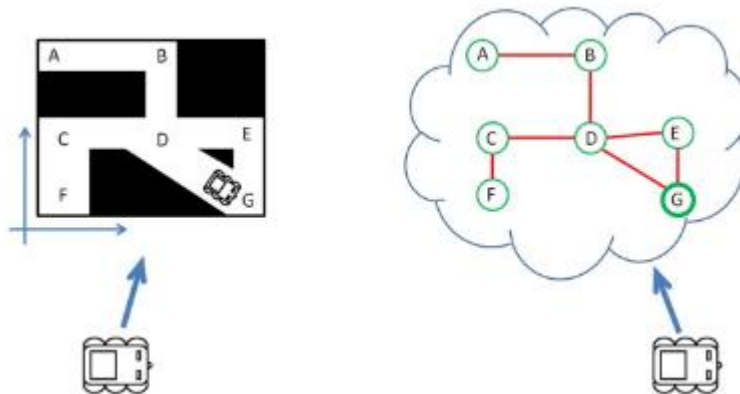


## Modelado topológico

Descripción cualitativa del entorno: tiene en cuenta la relación entre los distintos obstáculos

Ejemplo: plano de metro

Un mapa topológico es un grafo en el que los obstáculos son los nodos y las relaciones entre ellos son los arcos



*Fuente: <http://www.ini.uzh.ch/>*

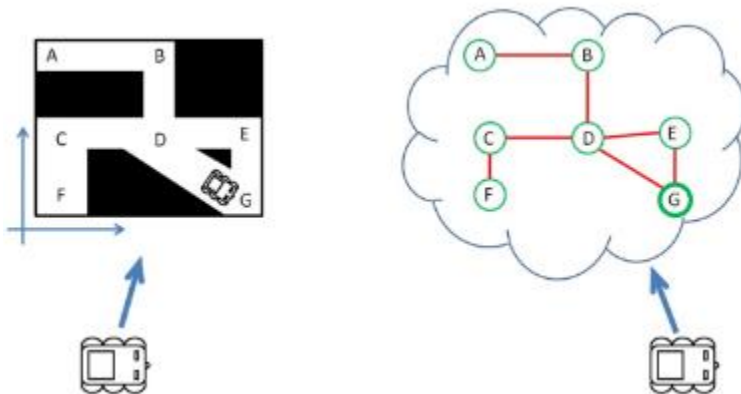


## Modelado topológico

Descripción cualitativa del entorno: tiene en cuenta la relación entre los distintos obstáculos

Ejemplo: plano de metro

Un mapa topológico es un grafo en el que los obstáculos son los nodos y las relaciones entre ellos son los arcos



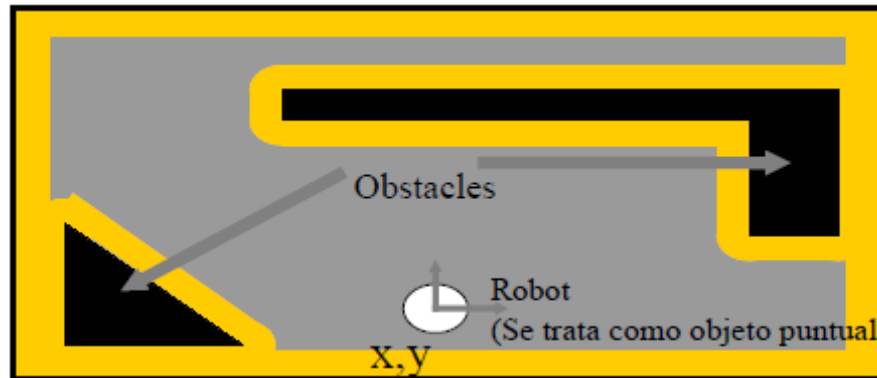
Fuente: <http://www.ini.uzh.ch/>

## Expansión de obstáculos

Se representan en un mapa los obstáculos sobredimensionados.

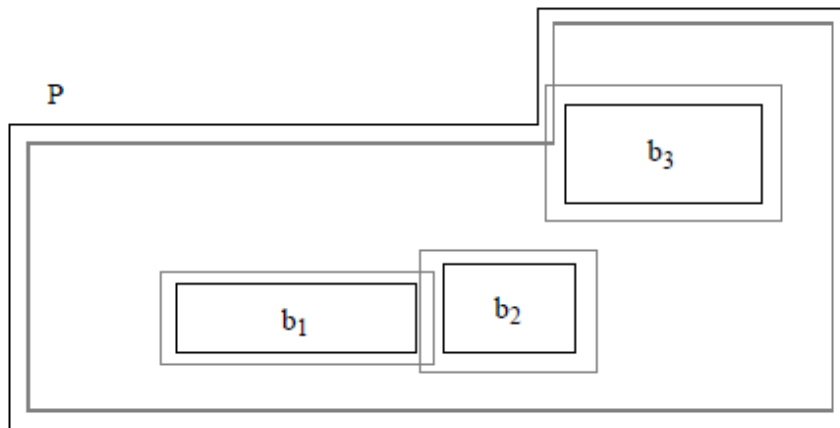
El espacio libre resultante está libre de obstáculo.

Es muy habitual aproximar el móvil por una circunferencia y tratarlo como un objeto puntual.



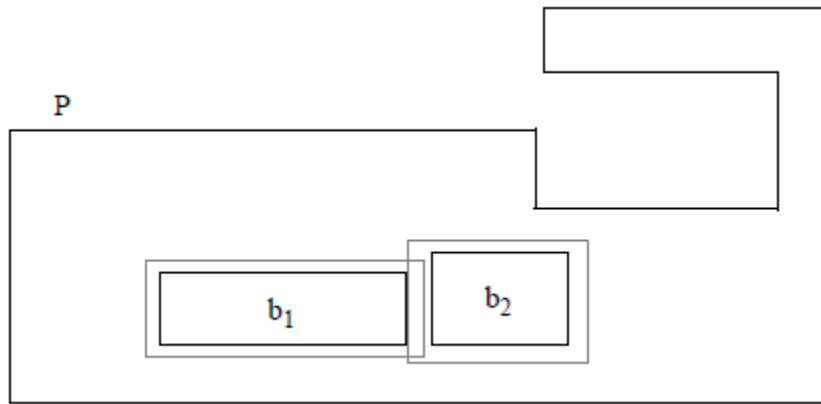
*Fuente: <http://www.esi2.us.es/>*

**Paso 1:** se expanden los obstáculos y se contrae el polígono límite



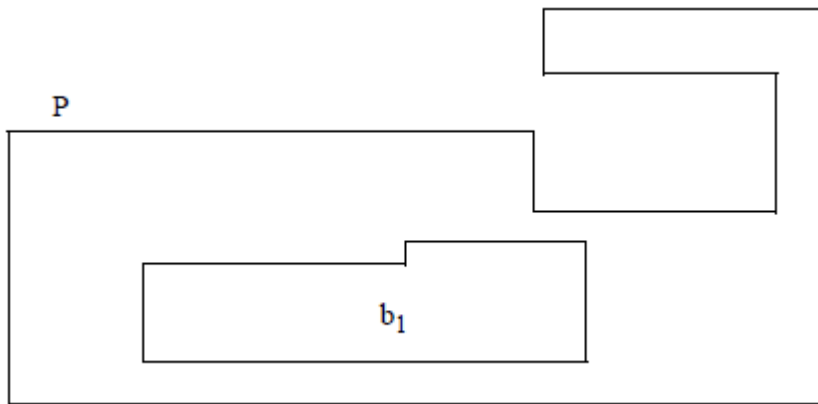
*Fuente: <http://webpersonal.uma.es/>*

**Paso 2:** calcular el polígono límite resultante



*Fuente: <http://webpersonal.uma.es/>*

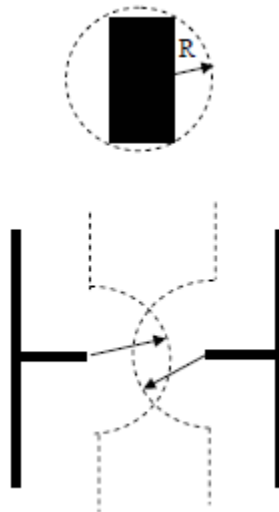
**Paso 3:** calcular el nuevo conjunto de obstáculos



*Fuente: <http://webpersonal.uma.es/>*

**Ventajas:** es muy sencilla computacionalmente

**Inconvenientes:** modelo excesivamente conservador



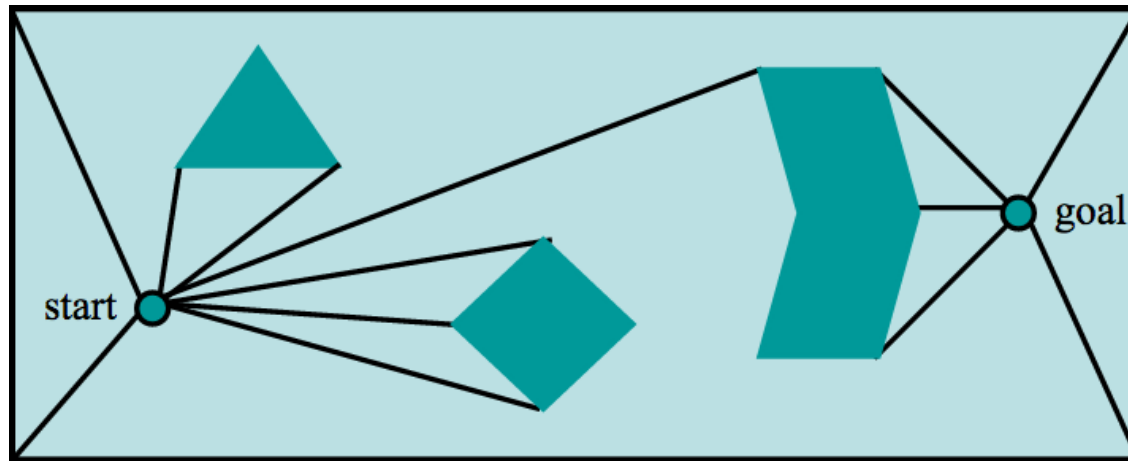
*Fuente: <http://www.esi2.us.es/>*

## Grafos de visibilidad

- Se dice que un punto es visible desde otro si el segmento que une ambos puntos no atraviesa ningún obstáculo.
- Que sea tangente a él no se considera atravesarlo.
- Se construye un grafo, en el que todas sus aristas se corresponden con tramos que se recorren en el espacio libre de obstáculos.
- El problema de encontrar una ruta libre de obstáculos queda reducido a un problema de optimización sobre el grafo.

# Planificación de rutas

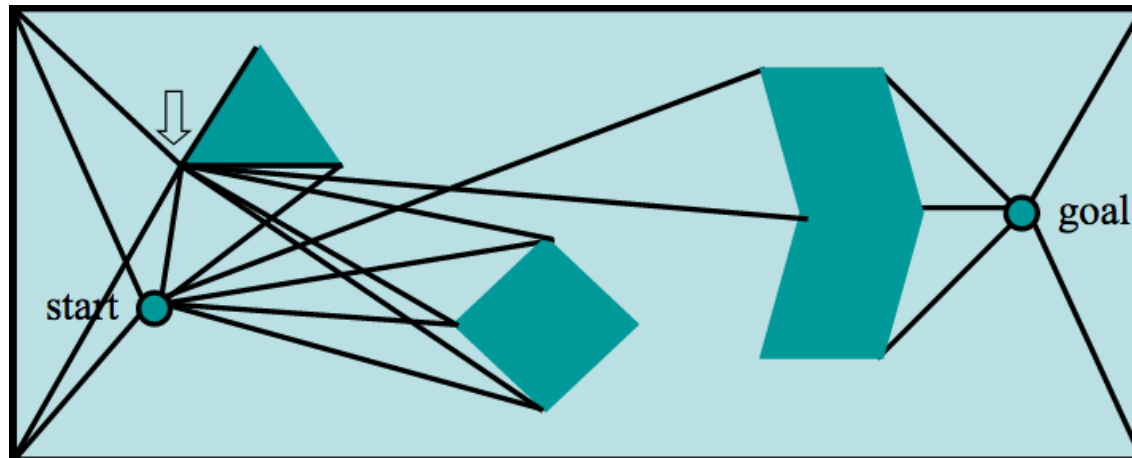
Se consideran todos los segmentos entre el punto de origen y todos los vértices de los objetos que sean visibles desde él



*Fuente: <http://slideplayer.com/>*



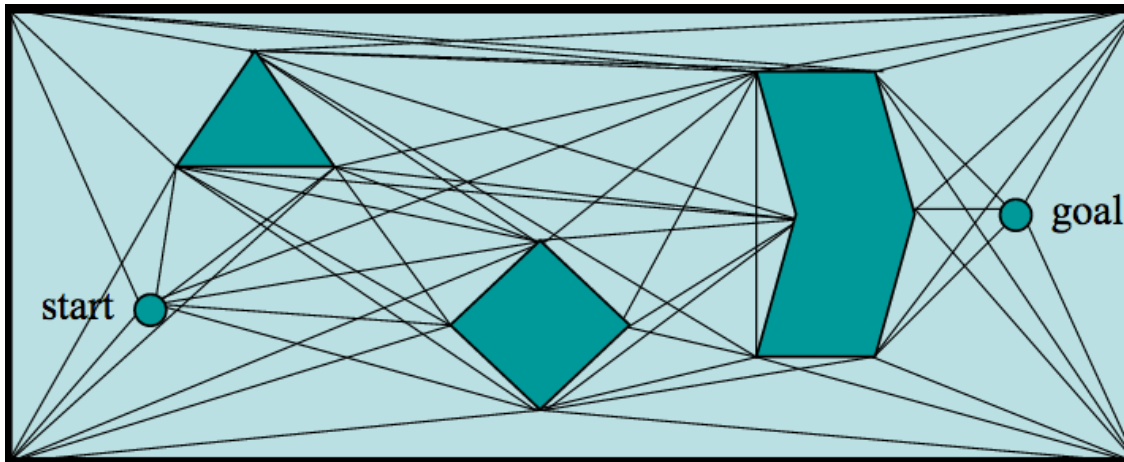
A continuación, se van considerando todos los segmentos entre todos los vértices de los obstáculos, siempre que sean visibles entre sí



*Fuente: <http://slideplayer.com/>*

# Planificación de rutas

Hasta que terminar



*Fuente: <http://slideplayer.com/>*

**Ventaja:** bajo coste computacional

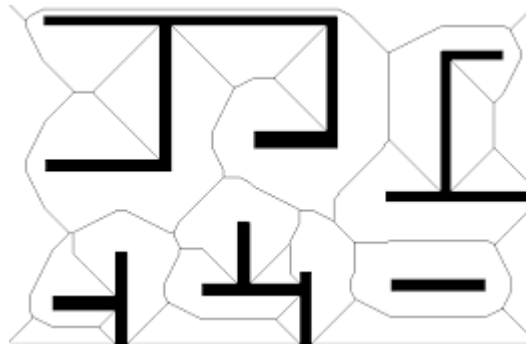
**Inconveniente:** deben hacerse cálculos adicionales para alejar al móvil de los obstáculos

**Ruta semilibre de obstáculos**

## Diagramas de Voronoi

Buscan la ruta que maximice la distancia a todos los obstáculos.

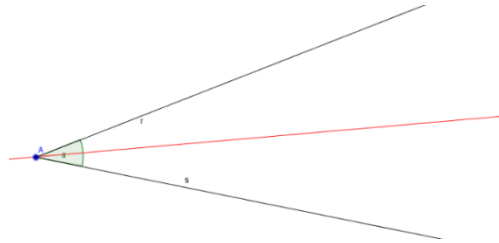
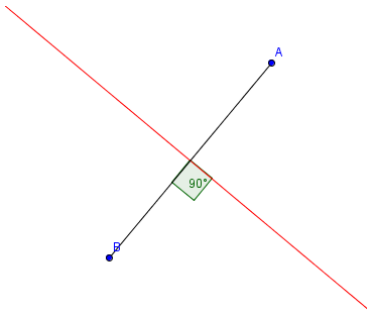
Se realiza una teselación del plano de forma que las líneas sean equidistantes a los obstáculos más próximos a ellas.



*Fuente: <http://utuconstruccion.blogspot.com.es/>*

# Planificación de rutas

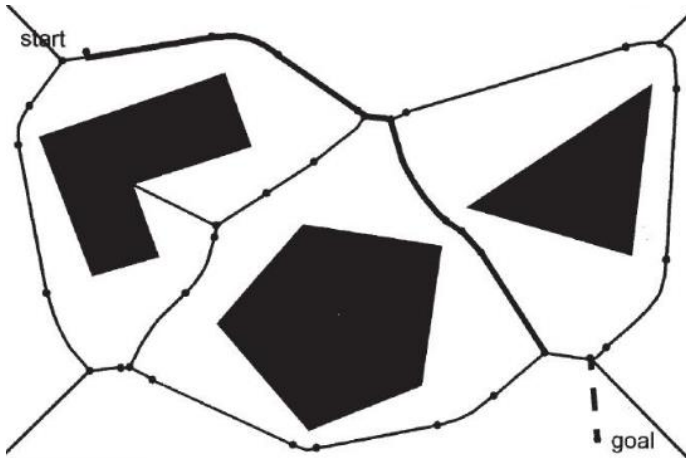
En función de la geometría de los obstáculos, estos pueden aproximarse por un punto o una poligonal.



*Fuente: <http://utuconstruccion.blogspot.com.es/>*

*Fuente: <http://geometriaparabolaepoem97.blogspot.com.es/>*

Los diagramas de Voronoi generalmente están compuestos por segmentos de recta y de parábola



*Fuente: <https://ayorho.wordpress.com/>*

También se pueden calcular diagramas de Voronoi para obstáculos curvos. En este caso el cálculo será más costoso y no se sabe a priori cuál será el lugar geométrico resultante.

**Observación:** aproximación de móvil por un punto.

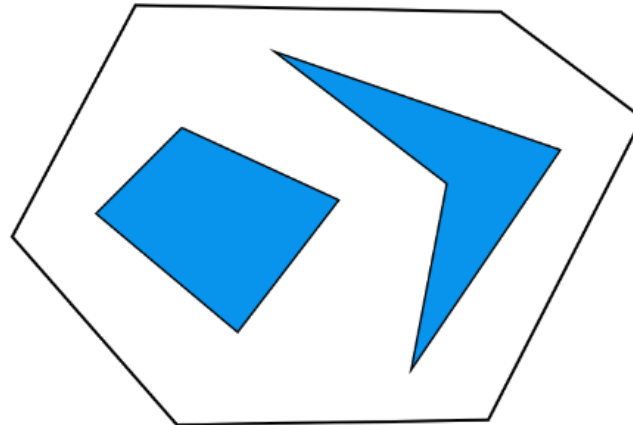
**Ventajas:** rutas muy adecuadas en entornos con pasos estrechos.

**Inconvenientes:** Si, por el contrario, hubiera mucho espacio libre, puede dar lugar a rutas muy poco eficientes que den grandes rodeos.

## Descomposición trapezoidal

- Se aproximan los obstáculos por poligonales.
- Se consideran las líneas verticales desde los vértices de los obstáculos.
- Se definen segmentos verticales desde cada vértice que darán lugar a unas celdas que tendrán forma trapezoidal o triangular. Cada celda está contenida en el espacio libre.
- Por último, se determina un camino libre de obstáculos.
- 
- Este método pertenece a la familia de los métodos de descomposición exacta, ya que la unión de las celdas es igual al espacio libre de obstáculos.

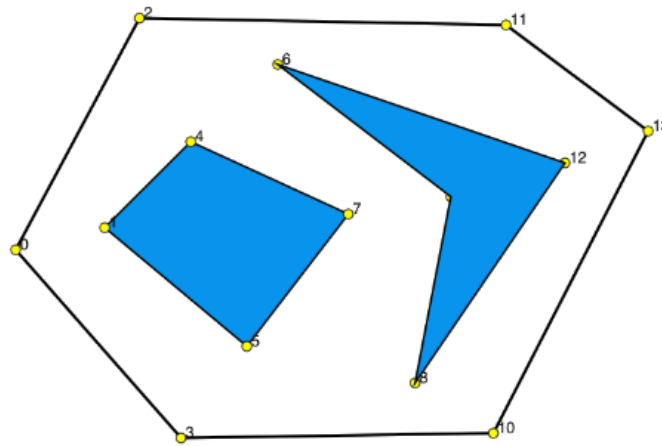
**Paso 1:** Aproximación de los obstáculos por poligonales



*Fuente: <http://user.ceng.metu.edu.tr/>*

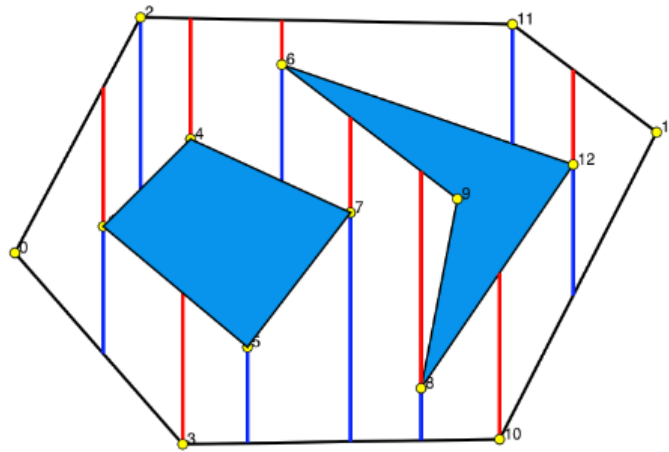


## Paso 2: Determinación de los vértices de los obstáculos



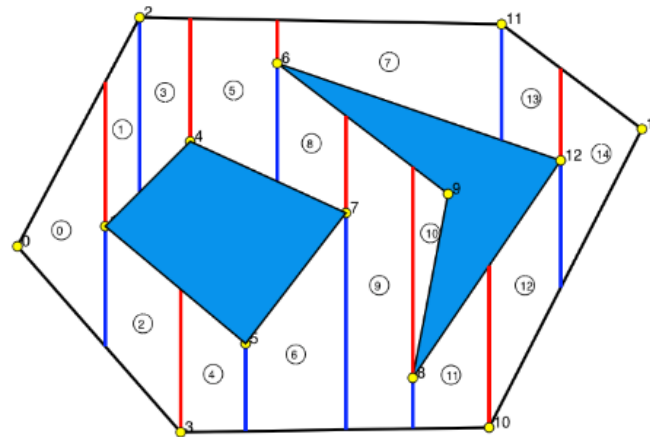
Fuente: <http://user.ceng.metu.edu.tr/>

## Paso 3: Creación de las celdas



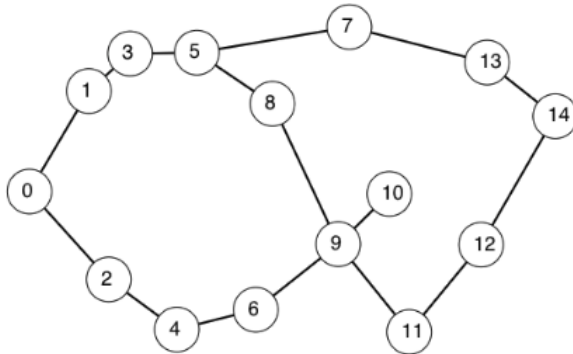
Fuente: <http://user.ceng.metu.edu.tr/>

**Paso 4:** Determinación del camino (método 1). Centroide.



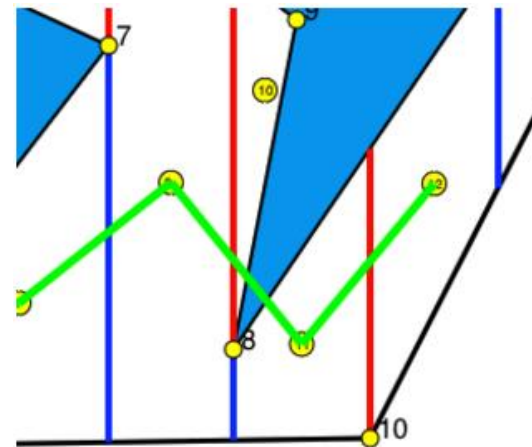
*Fuente: <http://user.ceng.metu.edu.tr/>*

## Paso 5: Elaboración del grafo y búsqueda de un camino óptimo

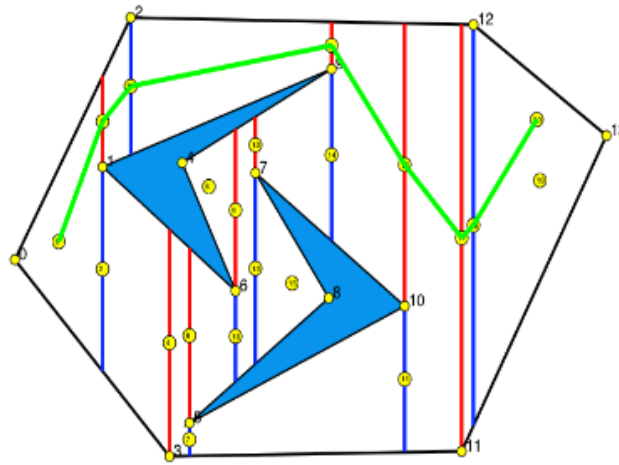


*Fuente: <http://user.ceng.metu.edu.tr/>*

**Problema:** la ruta puede no estar libre de obstáculos

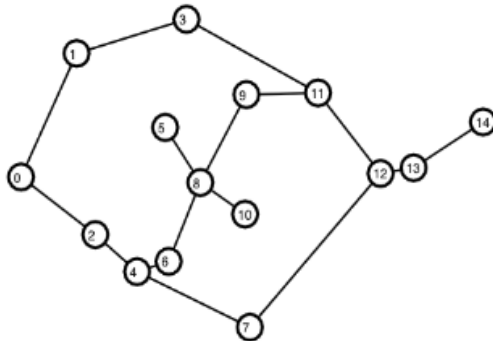


**Paso 6:** Determinación del camino (método 2). Punto medio.



*Fuente: <http://user.ceng.metu.edu.tr/>*

## Paso 7: Elaboración del grafo y búsqueda de un camino óptimo



Fuente: <http://user.ceng.metu.edu.tr/>

Este método elimina las colisiones

