

Problema del Agente Viajero

El problema del agente viajero es un problema de optimización combinatoria en la que una persona visita sólo en una ocasión cada una de las ciudades y se regresa al punto de partida; se deberá localizar la ruta que presente la distancia más corta y a ésta se la conoce como la ruta óptima (Moon, 2002). A medida que crece el número de ciudades a visitar por el agente viajero, no es factible resolverlo por programación entera debido a que el tiempo de solución computacional crece de forma exponencial de acuerdo con el número de ciudades visitadas; a este tipo de problemas se los conoce como no polinomiales (NP) (Maldonado, 2010).

Problema del Agente Viajero

A continuación se explica cómo se realizó la solución a través del Algoritmo Genético con la matriz de distancias del problema propuesto por Winston (2005), que se muestra a continuación, C1 es ciudad 1, C2 es Ciudad 2 y así sucesivamente. Este trabajo se muestra con mayor detalle en Anaya et. al (2016), también se puede revisar la solución a través de programación entera.

	C1	C2	C3	C4	C5
C1	M	132	217	164	58
C2	132	M	290	201	79
C3	217	290	M	113	303
C4	164	201	113	M	196
C5	58	79	303	196	M

Tabla 1: Matriz de distancias

Problema del Agente Viajero

Se genera una población inicial de un determinado número de individuos con rutas aleatorias, por ejemplo, en la Tabla 2 se muestran 10 individuos con 5 alelos (cada alelo es una ciudad) y su respectiva aptitud (fitness). Esta sería la Generación 0.

Individuo	Ruta	Costos	Aptitud
1	1-2-3-4-5	132+290+113+196+58	789
2	5-3-1-2-4	303+217+132+201+196	1049
3	3-4-5-2-1	113+196+79+132+217	737
4	2-4-5-1-3	201+196+58+217+290	962
5	3-1-4-2-5	217+164+201+79+303	964
6	5-2-3-1-4	79+210+217+164+196	946
7	2-1-5-3-4	132+58+303+113+201	807
8	3-2-1-5-4	290+132+58+196+113	789
9	1-2-5-4-3	132+79+196+113+217	737
10	5-4-1-3-2	196+164+217+290+79	946

Tabla 2: Rutas aleatorias

Problema del Agente Viajero

- Selección: Para realizar la selección por torneo se generan dos permutaciones aleatorias de tamaño igual al número de individuos; por ejemplo, la primera permutación $P1=6-3-7-8-5-1-2-4-9-10$, la segunda permutación $P2=2-4-9-10-6-3-7-8-5-1$, lo que significa que el individuo 6 competirá con el 2 , el 3 con el 4 y así sucesivamente, los vencedores son aquellos que presenten una menor aptitud (menor distancia en las rutas). El resultado puede apreciarse en la Tabla 3.

Problema del Agente Viajero

- Selección

Competidores	Vencedor	Ruta	Aptitud
6,2	6	5-2-3-1-4	946
3,4	3	3-4-5-2-1	737
7,9	9	1-2-5-4-3	737
8,10	8	3-2-1-5-4	789
5,6	6	5-2-3-1-4	946
1,3	3	3-4-5-2-1	737
2,7	7	2-1-5-3-4	807
4,8	8	3-2-1-5-4	789
9,5	9	1-2-5-4-3	737
10,1	1	1-2-3-4-5	789

Tabla 3: Torneo

Problema del Agente Viajero

- **Selección:** Se ordenan estos individuos de menor a mayor de acuerdo a su aptitud (ver Tabla 4).

Individuo	Ruta	Aptitud
1	1-2-5-4-3	737
2	1-2-5-4-3	737
3	3-4-5-2-1	737
4	3-4-5-2-1	737
5	3-2-1-5-4	789
6	3-2-1-5-4	789
7	1-2-3-4-5	789
8	2-1-5-3-4	807
9	5-2-3-1-4	946
10	5-2-3-1-4	946

Tabla 4: Población ordenada

Problema del Agente Viajero

- **Cruce:** Para el cruce se genera aleatoriamente un arreglo, los renglones son el número de individuos entre dos, las columnas siempre son 2. En el ejemplo son 5×2 . La columna 1 son los *Posibles Padres 1* y la columna 2 los *Posibles Padres 2*. Se genera una probabilidad de cruce, por ejemplo, 0.6 y se genera un aleatorio para cada posibilidad, si este aleatorio es menor al valor predeterminado (0.6) se realiza el cruce entre la pareja formada por el primer renglón de la columna *Posibles Padres 1* y el primer elemento de la segunda columna los *Posibles Padres 2*; en otro caso no. Para realizar el ejemplo específico, se supone un aleatorio es de 0.5 y los elementos guardados en las columnas son el 9 y 1.

Problema del Agente Viajero

- **Cruce:** Una vez seleccionados, se generan dos puntos de corte para dividir a ambos padres en tres segmentos, por ejemplo, la posición dos y cuatro. En donde el *Hijo 1* se forma con el primer segmento del *Padre 1* y segundo segmento del *Padre 2*. Finalmente el tercer segmento del *Hijo 1* se forma con el tercer segmento del *Padre 1*. El *Hijo 2* es formado con los segmentos restantes como se muestra en la Figura 1.

Padre 1=	5	2	3	1	4
Padre 2=	1	2	5	4	3
Hijo 1=	5	2	5	4	4
Hijo 2=	1	2	3	1	3

Figura 1: Cruce

Problema del Agente Viajero

- **Cruce:** Para terminar con el cruce, se identifica la existencia de valores faltantes en cada individuo debido a que esta condición genera rutas infactibles. El *Hijo 1* tiene los elementos faltantes 1-3 y el *Hijo 2* los elementos 5-4. Esto se corrige al colocar los valores faltantes en las posiciones en las que se encuentran los valores repetidos, obteniéndose el cruce final.

Hijo 1=	5	2	3	1	4	=Individuo 9
Hijo 2=	1	2	5	4	3	=Individuo 1

Figura 2: Corrección de rutas

Problema del Agente Viajero

- **Cruce:** El proceso se repite para cada una de las parejas del mismo renglón guardadas en las columnas *Posibles Padres 1* y *Posibles Padres 2*, generándose la siguiente población.

Individuo	Ruta	Aptitud
1	1-2-5-4-3	737
2	4-2-1-5-3	807
3	3-4-5-2-1	737
4	3-4-5-2-1	737
5	3-2-1-5-4	789
6	3-5-2-1-4	791
7	1-2-3-4-5	789
8	2-1-5-3-4	807
9	5-2-3-1-4	946
10	5-2-3-1-4	946

Tabla 5: Población después del cruce

Problema del Agente Viajero

- **Mutación:** El último operador es la mutación, la cual se realiza seleccionando una probabilidad de mutación, en este caso de 0.1, y generando aleatorios para cada individuo. Después de generar aleatorios el único que resultó ser menor a 0.1 fue el individuo 2. Para este individuo en particular, se genera puntos de corte por ejemplo la posición 2 y 5 que se intercambian.

Individuo2=	4	2	1	5	3
Mutación=	4	3	1	5	2

Figura 3: Mutación

Problema del Agente Viajero

- **Mutación:** Este elemento se inserta en la población resultante del cruce. Esto se le conoce como Generación 1.

Individuo	Ruta	Aptitud
1	1-2-5-4-3	737
2	4-3-1-5-2	668
3	3-4-5-2-1	737
4	3-4-5-2-1	737
5	3-2-1-5-4	789
6	3-5-2-1-4	791
7	1-2-3-4-5	789
8	2-1-5-3-4	807
9	5-2-3-1-4	946
10	5-2-3-1-4	946

Tabla 6: Población después de la Mutación

Problema del Agente Viajero

Esto se realiza por un número predeterminado de generaciones o hasta alcanzar un criterio de paro, como que la mejor solución ya no cambie. En el ejemplo presentado como son pocas ciudades, se alcanza la solución encontrada por programación entera en una sola generación y corresponde al individuo 2 mostrado en la Tabla 6 *4-3-1-5-2* con 668 de aptitud.

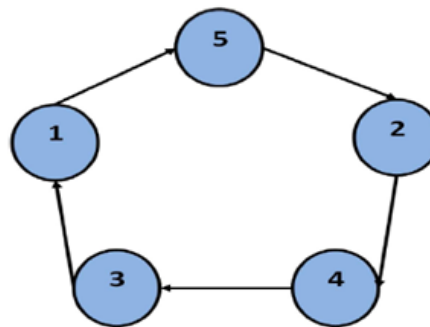


Figura 4: Población después de la Mutación