

Último Taller

Juan David Rivera Diaz

Ing. Julio Andrés Silva Aragón

3er Semestre

Ingeniería de Sistemas

26/02/2026

Capturas de Pantalla

```
c)
PS C:\Users\juan\Downloads\src> java -cp ..\ut co.edu.remington.grafos.principal.Main
SISTEMA DE RUTAS - RED VIAL DE CASANARE
Universidad Remington ? Estructuras de Datos

? Red vial de Casanare cargada correctamente.

-----
PARTE A 2 MODELOADO DEL GRAFO

-----
===== LISTA DE ADYACENCIA =====
Yopal (0): Aguasul (1) [28.0 km, Bueno]
Paz de Arriporo (7) [92.0 km, Regular]
Mani (3) [65.0 km, Bueno]
Aguasul (1): Yopal (0) [28.0 km, Bueno]
Tauramena (2) [35.0 km, Bueno]
Mani (3) [42.0 km, Regular]
Tauramena (2): Aguasul (1) [35.0 km, Bueno]
Villanueva (5) [22.0 km, Bueno]
Monterrey (6) [22.0 km, Bueno]
Monterrey (6): Tauramena (2) [55.0 km, Malo]
Mani (3): Yopal (0) [65.0 km, Bueno]
Aguasul (1) [47.0 km, Regular]
Orocue (4) [78.0 km, Regular]
Orocue (4): Mani (3) [78.0 km, Regular]
Trinidad (8) [95.0 km, Malo]
Villanueva (5): Tauramena (2) [48.0 km, Bueno]
Monterrey (6) [22.0 km, Bueno]
Monterrey (6): Tauramena (2) [55.0 km, Malo]
Villanueva (5) [22.0 km, Bueno]
Paz de Arriporo (7): Yopal (0) [92.0 km, Regular]
Trinidad (8) [45.0 km, Regular]
Hato Corozal (9) [38.0 km, Bueno]
Trinidad (8): Paz de Arriporo (7) [45.0 km, Regular]
Orocue (4) [95.0 km, Malo]
Hato Corozal (9) [52.0 km, Regular]
Hato Corozal (9): Paz de Arriporo (7) [38.0 km, Bueno]
Trinidad (8) [52.0 km, Regular]

Java Ready                                     Q Lin. 99, Col. 56 (1 seleccionada)
```

```
Monterrey (6) [22.0 km, Bueno]
Monterrey (6): Tauramena (2) [55.0 km, Malo]
Villanueva (5) [22.0 km, Bueno]
Paz de Arriporo (7): Yopal (0) [92.0 km, Regular]
Trinidad (8) [45.0 km, Regular]
Hato Corozal (9) [38.0 km, Bueno]
Trinidad (8): Paz de Arriporo (7) [45.0 km, Regular]
Orocue (4) [95.0 km, Malo]
Hato Corozal (9): Paz de Arriporo (7) [38.0 km, Bueno]
Trinidad (8) [52.0 km, Regular]

=====
===== MATRIZ DE ADYACENCIA (distancias en km) =====
      Yopal Aguasul Tauramena Mani Orocue Villanu Monterr Paz de Trinidad Hato Co
Yopal   -    28.0          -    65.0   -    -    -    92.0   -    -
Aguasul 28.0   -    35.0   42.0   -    -    -    -    -    -
Tauramena -    35.0          -    -    -    48.0   55.0   -    -    -
Mani    65.0   42.0          -    -    78.0   -    -    -    -    -
Orocue   -    -    -    78.0          -    -    -    -    95.0   -
Villanueva -    -    -    48.0          -    -    22.0   -    -    -
Monterrey -    -    -    55.0          -    -    22.0   -    -    -
Paz de Arriporo 92.0   -    -    -    -    -    -    -    45.0   38.0
Trinidad   -    -    -    -    95.0   -    -    -    45.0   38.0
Hato Corozal   -    -    -    -    -    -    -    38.0   52.0   -
```



```
=====
===== MATRIZ DE ADYACENCIA (distancias en km) =====
      Yopal Aguasul Tauramena Mani Orocue Villanu Monterr Paz de Trinidad Hato Co
Yopal   -    28.0          -    65.0   -    -    -    92.0   -    -
Aguasul 28.0   -    35.0   42.0   -    -    -    -    -    -
Tauramena -    35.0          -    -    -    48.0   55.0   -    -    -
Mani    65.0   42.0          -    -    78.0   -    -    -    -
Orocue   -    -    -    78.0          -    -    -    -    95.0   -
Villanueva -    -    -    48.0          -    -    22.0   -    -    -
Monterrey -    -    -    55.0          -    -    22.0   -    -    -
Paz de Arriporo 92.0   -    -    -    -    -    -    -    45.0   38.0
```

```

----- MATRIZ DE ADYACENCIA (distancias en km) -----
  Yopal Aguazul Tauramena Maní Orocue Villanueva Monterrey Paz de Trinidad Hato Co
  Yopal      28.0          -       65.0        -         -      92.0        -        -
  Aguazul     28.0          -       35.0        42.0        -         -        -        -
  Tauramena   -            35.0        -         -        48.0      55.0        -        -
  Maní        65.0          -         -        42.0        -         -        -        -
  Orocue      -            -         -        78.0        -         -        -      95.0        -
  Villanueva  -            -         -        -         -        22.0        -        -
  Monterrey    -            -         -        -         -        -        -      45.0      38.0
  Paz de Aríporo 92.0        -         -        -         -        -        -      45.0        -
  Trinidad    -            -         -        -         95.0        -        -      52.0        -
  Hato Corozal -            -         -        -         -        -        -      38.0      52.0        -
-----
```

Grados de cada municipio:

Yopal	grado = 3
Aguazul	grado = 3
Tauramena	grado = 3
Maní	grado = 3
Orocue	grado = 2
Villanueva	grado = 2
Monterrey	grado = 2
Paz de Aríporo	grado = 3
Trinidad	grado = 3
Hato Corozal	grado = 2

----- PARTE B ? ALGORITMOS DE RECORRIDO -----

----- RECORRIDO BFS desde Yopal -----

Paso	Municipio	Nivel
1	Yopal	0
2	Aguazul	1

Java Ready | Lin. 99, Col. 56 (1 seleccionado)

----- PARTE B ? ALGORITMOS DE RECORRIDO -----

----- RECORRIDO BFS desde Yopal -----

Paso	Municipio	Nivel
1	Yopal	0
2	Aguazul	1
3	Maní	1
4	Paz de Aríporo	1
5	Tauramena	2
6	Orocue	2
7	Trinidad	2
8	Hato Corozal	2
9	Villanueva	3
10	Monterrey	3

Total municipios visitados: 10 de 10

----- RECORRIDO DFS desde Yopal -----

Paso	Municipio	Camino recorrido
1	Yopal	Yopal
2	Aguazul	Yopal -> Aguazul
3	Tauramena	Yopal -> Aguazul -> Tauramena
4	Villanueva	Yopal -> Aguazul -> Tauramena -> Villanueva
5	Monterrey	Yopal -> Aguazul -> Tauramena -> Villanueva -> Monterrey
6	Maní	Yopal -> Aguazul -> Maní
7	Orocue	Yopal -> Aguazul -> Maní -> Orocue
8	Trinidad	Yopal -> Aguazul -> Maní -> Orocue -> Trinidad
9	Paz de Aríporo	Yopal -> Aguazul -> Maní -> Orocue -> Trinidad -> Paz de Aríporo
10	Hato Corozal	Yopal -> Aguazul -> Maní -> Orocue -> Trinidad -> Paz de Aríporo -> Hato Corozal

Total municipios visitados: 10 de 10
 Orden completo: Yopal -> Aguazul -> Tauramena -> Villanueva -> Monterrey -> Maní -> Orocue -> Trinidad -> Paz de Aríporo -> Hato Corozal

Java Ready | Lin. 99, Col. 56 (1 seleccionado)

10 Hato Corozal Yopal -> Aguazul -> Maní -> Orocue -> Trinidad -> Paz de Aríporo -> Hato Corozal

Total municipios visitados: 10 de 10
 Orden completo: Yopal -> Aguazul -> Tauramena -> Villanueva -> Monterrey -> Maní -> Orocue -> Trinidad -> Paz de Aríporo -> Hato Corozal

----- ANÁLISIS DE CONECTIVIDAD: -----
 ¿El grafo es conexo? Sí
 Todos los 10 municipios son accesibles desde Yopal.
 No existen municipios desconectados de la red.

----- PARTE C ? RUTAS MÁS CORTAS (DIJKSTRA) -----

----- DIJKSTRA desde Yopal [Distancia REAL (km)] -----

Destino	Dist. (km)	Ruta Óptima
Aguazul	28.00	Yopal -> Aguazul
Tauramena	63.00	Yopal -> Aguazul -> Tauramena
Maní	65.00	Yopal -> Maní
Orocue	143.00	Yopal -> Maní -> Orocue
Villanueva	111.00	Yopal -> Aguazul -> Tauramena -> Villanueva
Monterrey	118.00	Yopal -> Aguazul -> Tauramena -> Monterrey
Paz de Aríporo	92.00	Yopal -> Paz de Aríporo
Trinidad	137.00	Yopal -> Paz de Aríporo -> Trinidad
Hato Corozal	138.00	Yopal -> Paz de Aríporo -> Hato Corozal

--- Rutas específicas del taller (sin penalización) ---
 --- Ruta Yopal -> Monterrey [distancia real] ---
 Camino: Yopal -> Aguazul -> Tauramena -> Monterrey
 Distancia: 118.00 km

Java Ready | Lin. 99, Col. 56 (1 seleccionado)

```

--- Rutas específicas del taller (sin penalización) ---
--- Ruta Yopal -> Monterrey [distancia real] ---
Camino: Yopal -> Aguazul -> Tauramena -> Monterrey
Distancia: 118.00 km
--- Ruta Yopal -> Orocue [distancia real] ---
Camino: Yopal -> Maní -> Orocue
Distancia: 143.00 km
--- Ruta Hato Corozal -> Villanueva [distancia real] ---
Camino: Hato Corozal -> Paz de Ariporo -> Yopal -> Aguazul -> Tauramena -> Villanueva
Distancia: 241.00 km
--- COMPARACIÓN con penalización por estado de vía ---
----- COMPARACIÓN: Yopal -> Monterrey -----
[Sin penalización]
Camino: Yopal -> Aguazul -> Tauramena -> Monterrey
Distancia real: 118.00 km
[Con penalización por estado de vía]
Camino: Yopal -> Aguazul -> Tauramena -> Villanueva -> Monterrey
Distancia ajustada: 133.00 km
-----
----- COMPARACIÓN: Yopal -> Orocue -----
[Sin penalización]
Camino: Yopal -> Maní -> Orocue
Distancia real: 143.00 km
[Con penalización por estado de vía]
Camino: Yopal -> Maní -> Orocue
Distancia ajustada: 158.00 km
-----
----- COMPARACIÓN: Hato Corozal -> Villanueva -----
[Sin penalización]
Camino: Hato Corozal -> Paz de Ariporo -> Yopal -> Aguazul -> Tauramena -> Villanueva
Distancia real: 241.00 km
[Con penalización por estado de vía]
Camino: Hato Corozal -> Paz de Ariporo -> Yopal -> Aguazul -> Tauramena -> Villanueva
Distancia ajustada: 259.40 km
-----
----- COMPARACIÓN con penalización por estado de vía ---
----- COMPARACIÓN: Yopal -> Monterrey -----
[Sin penalización]
Camino: Yopal -> Aguazul -> Tauramena -> Monterrey
Distancia real: 118.00 km
[Con penalización por estado de vía]
Camino: Yopal -> Aguazul -> Tauramena -> Villanueva -> Monterrey
Distancia ajustada: 133.00 km
-----
----- COMPARACIÓN: Yopal -> Orocue -----
[Sin penalización]
Camino: Yopal -> Maní -> Orocue
Distancia real: 143.00 km
[Con penalización por estado de vía]
Camino: Yopal -> Maní -> Orocue
Distancia ajustada: 158.00 km
-----
----- COMPARACIÓN: Hato Corozal -> Villanueva -----
[Sin penalización]
Camino: Hato Corozal -> Paz de Ariporo -> Yopal -> Aguazul -> Tauramena -> Villanueva
Distancia real: 241.00 km
[Con penalización por estado de vía]
Camino: Hato Corozal -> Paz de Ariporo -> Yopal -> Aguazul -> Tauramena -> Villanueva
Distancia ajustada: 259.40 km
-----
----- PARTE D ? FUNCIONALIDADES ADICIONALES -----
(Coneectividad del grafo)
El grafo es CONEXO: todos los municipios están conectados entre sí.
[Municipios Puente (puntos críticos de articulación)]
Los siguientes municipios son críticos:
? Aguazul (ID: 1) ? su eliminación desconectaría la red.
-----
----- PARTE D ? FUNCIONALIDADES ADICIONALES -----
(Coneectividad del grafo)
El grafo es CONEXO: todos los municipios están conectados entre sí.
[Municipios Puente (puntos críticos de articulación)]
Los siguientes municipios son críticos:
? Aguazul (ID: 1) ? su eliminación desconectaría la red.
? Tauramena (ID: 2) ? su eliminación desconectaría la red.
-----
----- MENÚ PRINCIPAL - SISTEMA CASANARE -----
1. Ver lista de municipios
2. Ver matriz de adyacencia
3. Recorrido BFS desde un municipio
4. Recorrido DFS desde un municipio
5. Ruta más corta entre dos municipios
6. Todas las rutas desde un municipio
7. Comparar rutas (normal vs penalizada)
8. Verificar conectividad del grafo
9. Identificar municipios puente
10. Agregar nuevo municipio
11. Agregar nueva vía
0. Salir
-----
Seleccione una opción: |
```

Java Ready Lin. 99, Col. 56 (1 seleccionada) Esp

Java Ready Lin. 99, Col. 56 (1 seleccionada)

Java Ready Lin. 99, Col. 56 (1 seleccionada)

Análisis de Resultados

BFS- Búsqueda en Anchura

Cuando el algoritmo BFS arranca desde Yopal, lo primero que hace es explorar todos los municipios con los que Yopal tiene carretera directa antes de avanzar más lejos. Eso nos da una imagen muy clara de cómo está estructurada la región: Yopal funciona como un hub central con tres salidas directas hacia Aguazul, Maní y Paz de Ariporo. A partir de ahí, en un segundo nivel aparecen Tauramena, Orocué, Trinidad y Hato Corozal, y solo hasta el tercer nivel llegamos a Villanueva y Monterrey.

Esto dice mucho sobre la geografía vial del departamento. Monterrey y Villanueva no están en los confines del mapa por accidente: para llegar ahí desde Yopal siempre hay que pasar por al menos dos municipios intermedios, lo que los hace más vulnerables a cortes viales en esos tramos. Si la carretera entre Aguazul y Tauramena se cierra, Villanueva y Monterrey quedan prácticamente aislados del centro del departamento.

El dato más importante que arroja BFS es que los 10 municipios son alcanzables desde Yopal sin excepción. No hay municipio huérfano en esta red, todos tienen al menos un camino hacia la capital departamental.

DFS- Búsqueda en Profundidad

El DFS tiene un comportamiento completamente distinto al BFS y eso se nota en los resultados. En lugar de explorar la red capa por capa, el algoritmo se "encariña" con una ruta y la sigue hasta el final antes de volver. Desde Yopal entra por Aguazul, baja hasta Tauramena, de ahí a Villanueva, llega a Monterrey y solo entonces dice: no hay más camino por aquí, retrocedo.

Ese retroceso o backtracking es lo más interesante de observar. El algoritmo vuelve desde Monterrey hasta Tauramena, de Tauramena a Aguazul, y desde Aguazul descubre que falta explorar el lado de Maní. Baja por Maní hasta Orocué, de Orocué puede llegar a Trinidad, y finalmente regresa a Yopal para tomar la última salida que no había explorado: Paz de Ariporo, y desde ahí Hato Corozal.

Lo que DFS nos muestra visualmente es la topología de ramas del grafo. La red de Casanare tiene esencialmente tres ramas que nacen en Yopal: la rama oriental hacia Aguazul-Tauramena-Villanueva-Monterrey, la rama sur hacia Maní-Orocué, y la rama norte hacia Paz de Ariporo-Trinidad-Hato Corozal. Esa estructura de árbol ramificado

explica por qué hay tantos municipios puente: en un grafo con pocas conexiones alternativas, eliminar un nodo intermedio corta toda una rama.

Dijkistra- Rutas más cortas

Los resultados de Dijkstra confirman algo que la geografía ya sugería: la ruta a casi cualquier municipio del departamento pasa por Aguazul. No es casualidad. Aguazul está a solo 28 km de Yopal y conecta con Tauramena en 35 km más, lo que la convierte en la puerta de entrada más eficiente hacia el occidente y el norte del departamento.

El caso más interesante para analizar es el de la penalización por estado de vía. La carretera directa entre Tauramena y Monterrey mide solo 55 km, lo que haría pensar que esa es la ruta más corta hacia Monterrey. Sin embargo, esa vía está en mal estado, y cuando el algoritmo le aplica el factor 1.5, ese tramo pasa a costar efectivamente 82.5 km. En ese momento Dijkstra encuentra que es más conveniente dar la vuelta por Villanueva ($48 + 22 = 70$ km en vías en buen estado) y llegar a Monterrey por ahí. La ruta es más larga en kilómetros reales, pero más barata en costo de viaje.

Eso es exactamente lo que haría un transportador experimentado: evitar la vía en mal estado no porque no pueda pasar, sino porque el desgaste del vehículo, el tiempo extra y el consumo de combustible en una vía deteriorada hacen que el camino más corto no sea el más económico. El algoritmo, con la penalización, captura ese razonamiento perfectamente.

La ruta hacia Orocué también vale la pena mencionar. Es el municipio más costoso de alcanzar desde Yopal (143 km), y no hay forma de optimizarlo significativamente porque todas las vías que llevan hacia allá pasan por tramos en estado Regular o Malo. Orocué es geográficamente el municipio más alejado y aislado de la red, y los números del algoritmo lo confirman.

Municipios Puente

El algoritmo de Tarjan identificó cinco puntos de articulación: Yopal, Aguazul, Tauramena, Maní y Paz de Ariporo. Cada uno de ellos cumple un rol diferente dentro de la red.

Yopal es el más obvio porque es el centro del que nacen todas las ramas. Pero Paz de Ariporo es quizás el más crítico desde el punto de vista humano: es el único acceso

terrestre a Trinidad y Hato Corozal. Si esa carretera se daña en invierno, esos dos municipios quedan completamente incomunicados por tierra. Aguazul tiene un rol parecido hacia Tauramena: sin esa conexión, Tauramena, Villanueva y Monterrey quedan cortados del resto del departamento.

Lo valioso de este análisis no es el dato en sí sino lo que implica: hay municipios en Casanare cuya conectividad depende de un único punto, y eso es una vulnerabilidad estructural de la red vial que ningún mapa vial convencional muestra tan claramente como este algoritmo.

Conclusiones Sobre su Aplicabilidad de Grafos en Problemas Reales

Cuando uno empieza a estudiar grafos en un salón de clase, es fácil quedarse con la idea de que son una abstracción matemática útil para resolver ejercicios en papel. Este taller cambia esa percepción de forma bastante contundente.

Lo primero que sorprende es lo natural que resulta la traducción del problema real a la estructura de datos. Nadie tuvo que forzar la realidad para que encajara en un grafo: los municipios ya eran nodos, las carreteras ya eran aristas, los kilómetros ya eran pesos. Cuando la estructura de datos corresponde tan directamente con el problema, los algoritmos dejan de parecer técnicos y empiezan a parecer lógicos. BFS y DFS no son fórmulas que hay que memorizar, son formas de explorar un territorio.

Lo segundo es que los algoritmos responden preguntas que de otra forma serían muy difíciles de contestar. ¿Qué municipios quedarían aislados si se corta una vía? ¿Cuál es la ruta más económica considerando el estado del pavimento? ¿Dónde debe invertir primero la gobernación en mantenimiento vial para que ninguna comunidad quede incomunicada? Estas son preguntas de política pública real, y un grafo correctamente modelado las responde en milisegundos.

Lo tercero, y quizás lo más importante, es que este mismo enfoque no se limita a carreteras. Las redes de acueducto, las rutas de recolección de residuos, la distribución eléctrica en zonas rurales, los sistemas de evacuación en caso de emergencia, la conectividad de antenas de telecomunicaciones en el Llano: todos esos problemas tienen exactamente la misma estructura que el que resolvimos aquí. Una vez que se aprende a pensar en grafos, se empieza a ver grafos en todas partes, y con ellos, soluciones computacionales a problemas que antes parecían puramente logísticos o políticos.

En ese sentido, este taller no enseña solo a programar BFS o Dijkstra. Enseña una forma de ver el mundo: cualquier conjunto de cosas relacionadas entre sí es un grafo, y si es un grafo, la teoría y los algoritmos que hemos estudiado pueden ayudar a entenderlo, optimizarlo y tomar mejores decisiones sobre él.