

Proyecto de optimización de redes cerradas

Nombre del alumno: _____; Matrícula: _____; Calificación: _____;

Nombre del alumno: _____; Matrícula: _____;

Nombre del alumno: _____; Matrícula: _____;

Instrucciones: Resolver el problema en grupos de 3 estudiantes y presentar la solución el 08/12/2021.

La red hidráulica mostrada (ver Figura 1) tiene 26 nodos, 34 tuberías y nueve mallas. A través de esta fluye agua a una temperatura promedio de 25°C, proveniente de dos tanques en los nodos 1 y 2, con elevaciones de 100 y 95 m, respectivamente. Las longitudes de las tuberías se detallan en la Tabla 1. Igualmente, las demandas nodales y las cabezas mínimas requeridas se encuentran en la Tabla 2.

Se necesita seleccionar un conjunto de diámetros que mantenga las cabezas nodales por encima de los valores mínimos requeridos y que todas las velocidades se encuentren por debajo de 3.0 m/s. Como objetivo de optimización se busca minimizar la inversión total del sistema de tuberías, cumpliendo todas las restricciones de diseño y considerando que existen 14 diámetros disponibles (ver Tabla 3), donde todas las tuberías tienen un coeficiente de rugosidad $C = 130$ (Hazen-Williams).

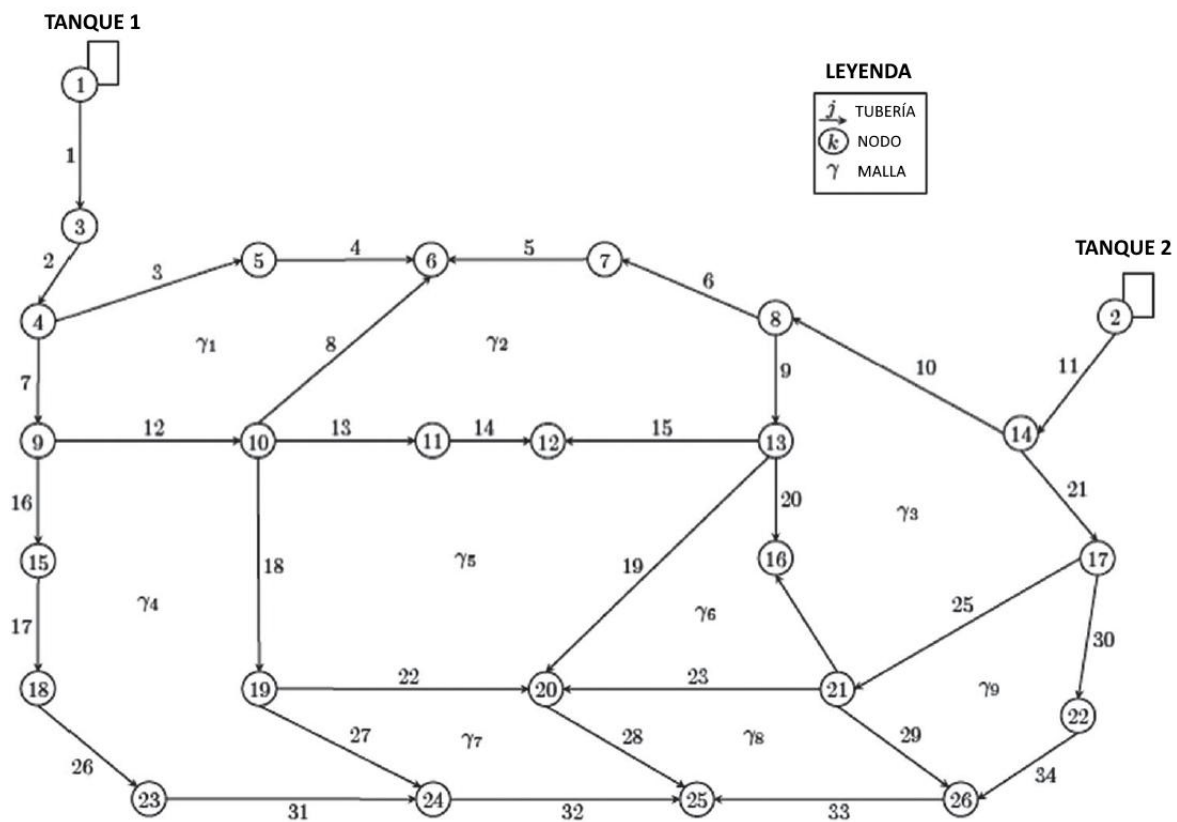


Figura 1: Topología de la red hidráulica.

Tabla 1: Longitudes de las tuberías.

| Tubería | Longitud (m) |
|---------|--------------|
| 1 | 300 |
| 2 | 820 |
| 3 | 940 |
| 4 | 730 |
| 5 | 1,620 |
| 6 | 600 |
| 7 | 800 |
| 8 | 1,400 |
| 9 | 1,175 |
| 10 | 750 |
| 11 | 210 |
| 12 | 700 |
| 13 | 310 |
| 14 | 500 |
| 15 | 1,960 |
| 16 | 900 |
| 17 | 850 |
| 18 | 650 |
| 19 | 760 |
| 20 | 1,100 |
| 21 | 660 |
| 22 | 1,170 |
| 23 | 980 |
| 24 | 670 |
| 25 | 1,080 |
| 26 | 750 |
| 27 | 900 |
| 28 | 650 |
| 29 | 1,540 |
| 30 | 730 |
| 31 | 1,170 |
| 32 | 1,650 |
| 33 | 1,320 |
| 34 | 3,250 |

Tabla 2: Demandas y cabezas nodales.

| Nodo | Demanda (m³/min) | Cabeza mínima (m) |
|------|------------------|-------------------|
| 1 | - | 100 |
| 2 | - | 95 |
| 3 | 18.40 | 85 |
| 4 | 4.50 | 85 |
| 5 | 6.50 | 85 |
| 6 | 4.20 | 85 |
| 7 | 3.10 | 82 |
| 8 | 6.20 | 82 |
| 9 | 8.50 | 85 |
| 10 | 11.50 | 85 |
| 11 | 8.20 | 85 |
| 12 | 13.60 | 85 |
| 13 | 14.80 | 82 |
| 14 | 10.60 | 82 |
| 15 | 10.50 | 85 |
| 16 | 9.00 | 82 |
| 17 | 6.80 | 82 |
| 18 | 3.40 | 85 |
| 19 | 4.60 | 82 |
| 20 | 10.60 | 82 |
| 21 | 12.60 | 82 |
| 22 | 5.40 | 80 |
| 23 | 2.00 | 82 |
| 24 | 4.50 | 80 |
| 25 | 3.50 | 80 |
| 26 | 2.20 | 80 |

Tabla 3: Diámetros disponibles y sus precios.

| Diámetro (m) | Costo unitario (USD/m) |
|--------------|------------------------|
| 0.15 | 14.50 |
| 0.20 | 20.80 |
| 0.25 | 28.00 |
| 0.30 | 36.14 |
| 0.35 | 45.18 |
| 0.40 | 55.32 |
| 0.45 | 67.24 |
| 0.50 | 79.20 |
| 0.60 | 106.46 |
| 0.70 | 138.71 |
| 0.75 | 154.36 |
| 0.80 | 172.39 |
| 0.90 | 209.96 |
| 1.00 | 252.14 |

Para resolver este problema, se plantean los siguientes pasos:

- i. Plantee todas las ecuaciones de continuidad (nodos) y conservación de la energía (mallas).
- ii. Elabore un conjunto de *scripts* en MATLAB que permitan calcular:
 - a. Los caudales en cada tubería, para los diámetros seleccionados.
 - b. La velocidad máxima y las cabezas nodales, para los diámetros seleccionados.
 - c. El costo total de las tuberías seleccionadas, en base a los diámetros y longitudes.
- iii. Obtenga un conjunto de diámetros comerciales que minimice el costo total de las tuberías cumpliendo las restricciones de cabeza hidráulica nodal y velocidad máxima. Se sugiere aprovechar los *scripts* desarrollados anteriormente y usar los complementos de optimización:
 - *Optimization Toolbox*: <https://www.mathworks.com/help/optim/>
 - *Global Optimization Toolbox*: <https://www.mathworks.com/help/gads/>

Luego de definir el conjunto de diámetros óptimos, deberá evaluar la siguiente situación:

Durante la temporada de sequías, los tanques disminuyen su nivel entre un 10% y un 30%, fluctuando temporalmente de forma arbitraria, pero con una trayectoria continua (ver *Figura 2*). Para solucionar el problema de abastecimiento de agua, deberá seleccionar adecuadamente una o más bombas (si lo desea, puede realizar extrapolaciones usando las leyes de afinidad) que puedan proveer los caudales nodales definidos, manteniendo las restricciones previamente definidas.

- Explique en cuál(es) tubería(s) conectaría la(s) bomba(s), cómo y por qué.
- Detalle el procedimiento de selección y las especificaciones de la(s) bomba(s).
- Estime el consumo eléctrico mensual, considerando las fluctuaciones de nivel.
- Establezca cuáles medidas adicionales tomaría para mitigar el efecto de las sequías.

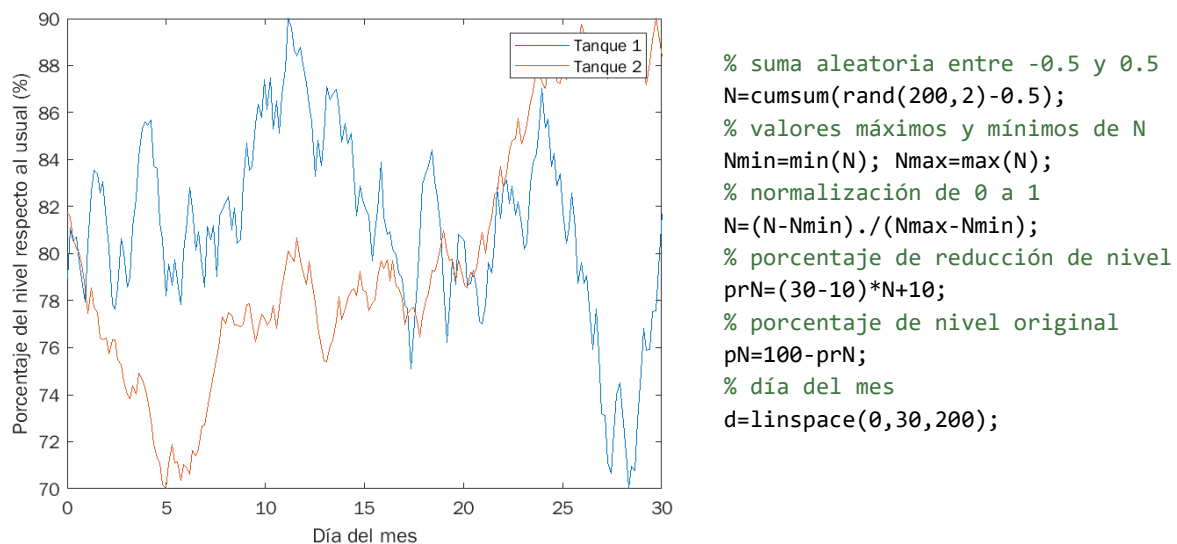


Figura 2: Ejemplo de trayectoria aleatoria con límites.

Cada grupo deberá subir en la PVA todos los documentos y archivos de MATLAB creados como parte de la solución, además de preparar una presentación breve (menos de 15 min) donde explique claramente la metodología y los resultados. Las presentaciones orales se llevarán a cabo en modalidad presencial y se evaluará cada estudiante individualmente en la sesión de fecha 08/12/21.