Módulo 5_x000B_SISTEMAS AVANZADOS DE CALEFACCIÓN URBANA

Versión para el curso intensivo de formación profesional

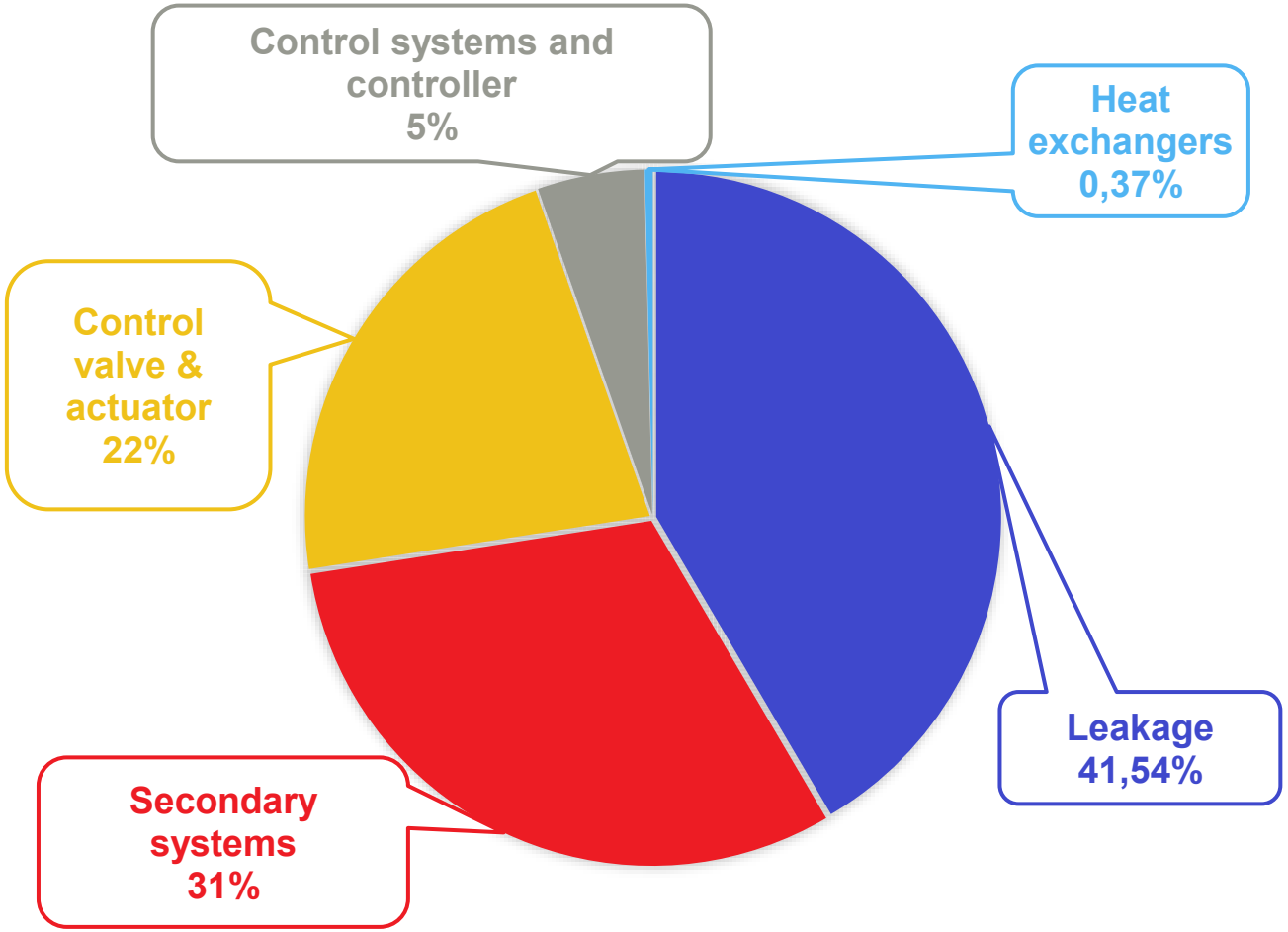
Detección de fallos

SHaKE – Sharing Heat and Knowledge on Energy Communities_x000B_Erasmus+ KA220-HED Asociaciones de cooperación en educación superior_x000B_Institución responsable: Mines Paris – PSL_x000B_Autor: Dr. Antoine Fabre_x000B_Fecha: julio de 2026_x000B_Versión 1.1

SHaKE
Sharing Knowledge on Energy Communities



Introducción



[Mansson & al, 2019]



Solo el 26 % de las subestaciones funcionan correctamente.

[Gadd et Werner, 2015]

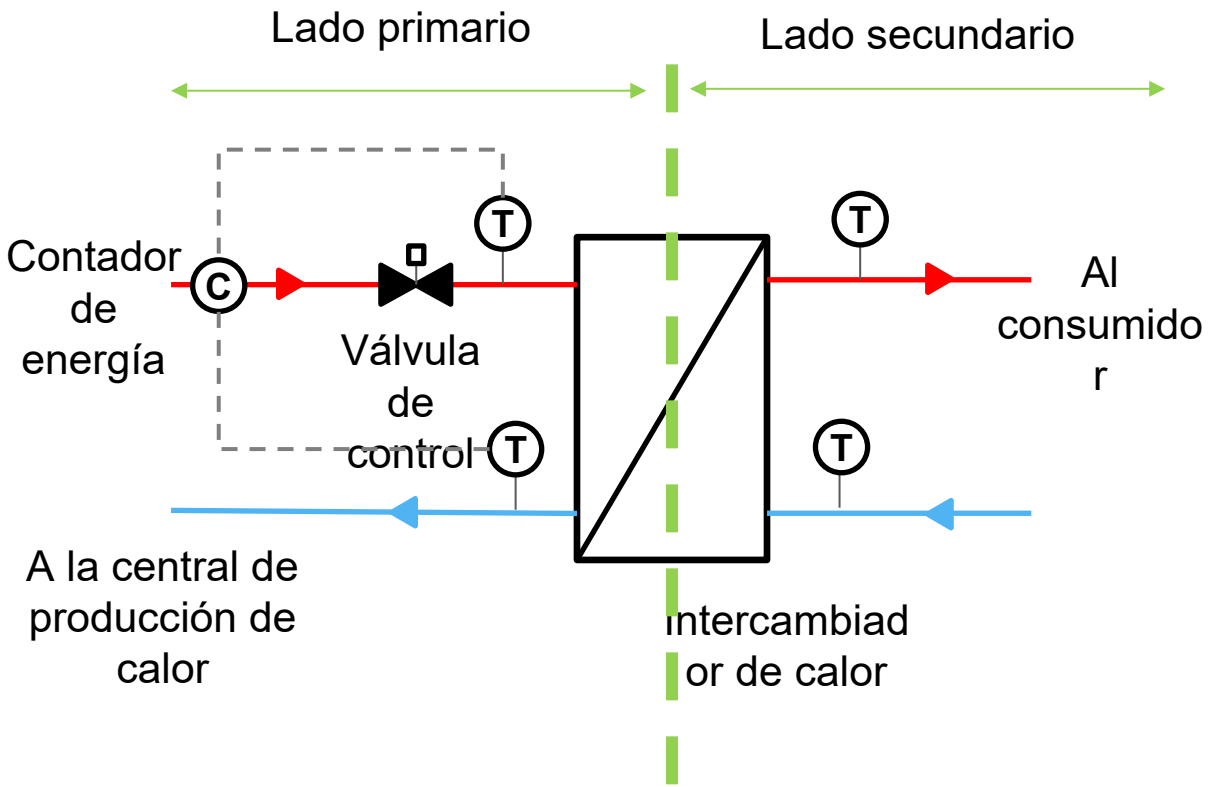


Los fallos de mayor impacto son:

- Válvulas de control defectuosas
- Sistemas secundarios inadecuados
- Sistema de suministro de ACS inadecuado

[Zinko et Al, 2005]

¿Qué es un fallo?



Datos disponibles:

Obligatorios:
- Temperaturas de impulsión y retorno primarias
- Temperatura de impulsión secundaria
- Caudal másico primario
- Potencia térmica intercambiada en la subestación

- Muy necesarios:
  - Temperatura de retorno secundaria
  - Caudal másico secundario

- Útiles:
  - Temperatura de retorno de cada emisor

¿Cómo detectar los fallos?

¿Qué es un fallo?

Detección de anomalías

Patrones en los datos que no se ajustan al comportamiento esperado o «normal» definido previamente

- Valores atípicos
- Desviaciones
- Comportamiento atípico
- Patrones anómalos

Detección de fallos

Cambio en un sistema que impide su funcionamiento satisfactorio y el cumplimiento de los requisitos del usuario

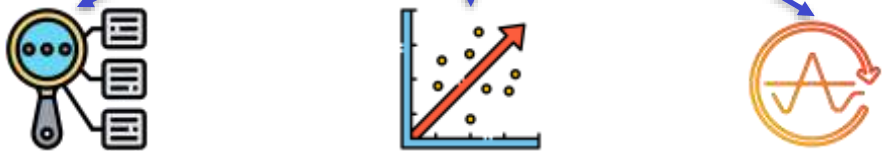
- Necesidad de acción correctiva
- Identificación de las causas



¿Fallos? ¿Uso ineficiente? ¿Cambios de comportamiento del usuario?

¿Qué es un fallo?

Detección de anomalías



Clasificación Regresión Umbrales

Detección de fallos



Visualización Agrupamiento

Estos métodos de detección de anomalías y fallos pueden utilizarse por separado o combinados.

Detección de anomalías

Todos estos métodos comparan los datos medidos con datos de referencia de funcionamiento normal para detectar desviaciones.

¿Qué calidad tienen los datos?

¿Qué es un comportamiento normal?

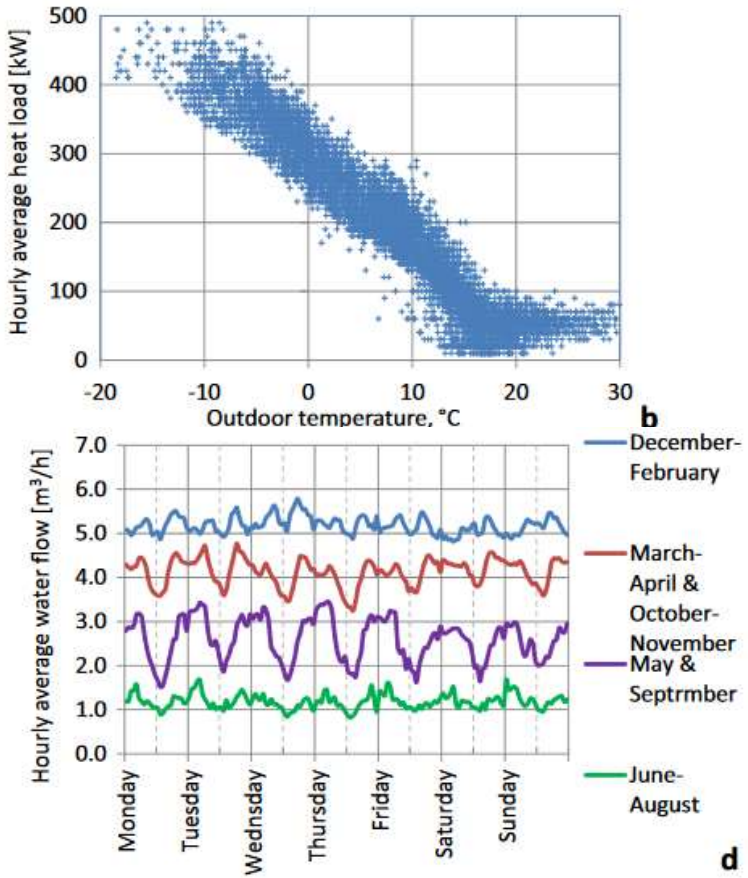


¿Cuáles son las causas del fallo?

¿Cuál es el umbral de detección?

Detección de anomalías

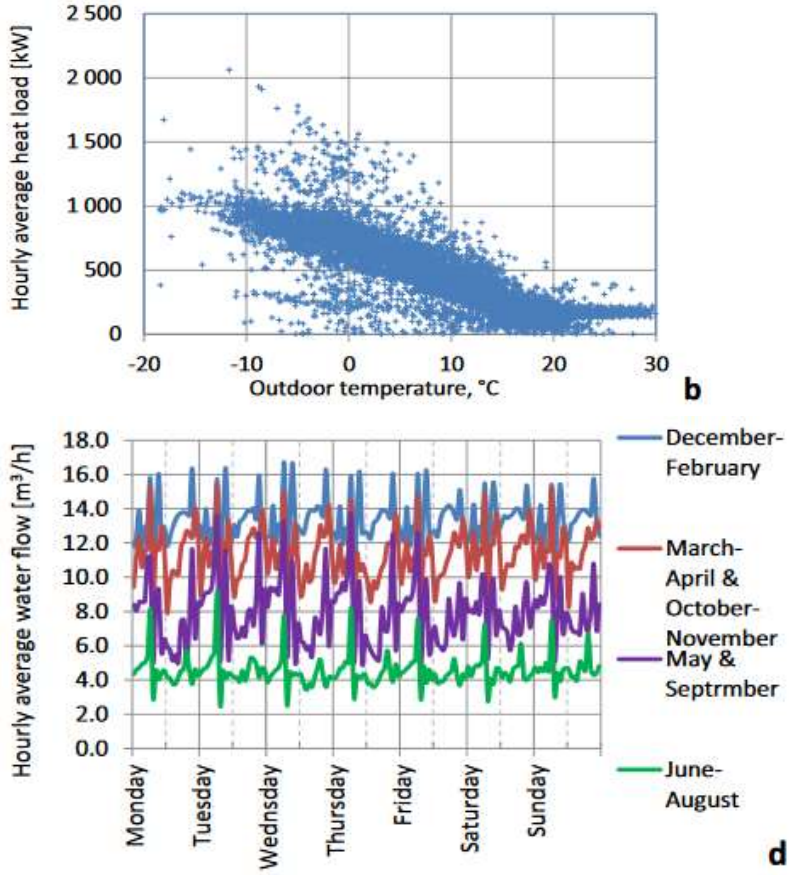
Funcionamiento correcto



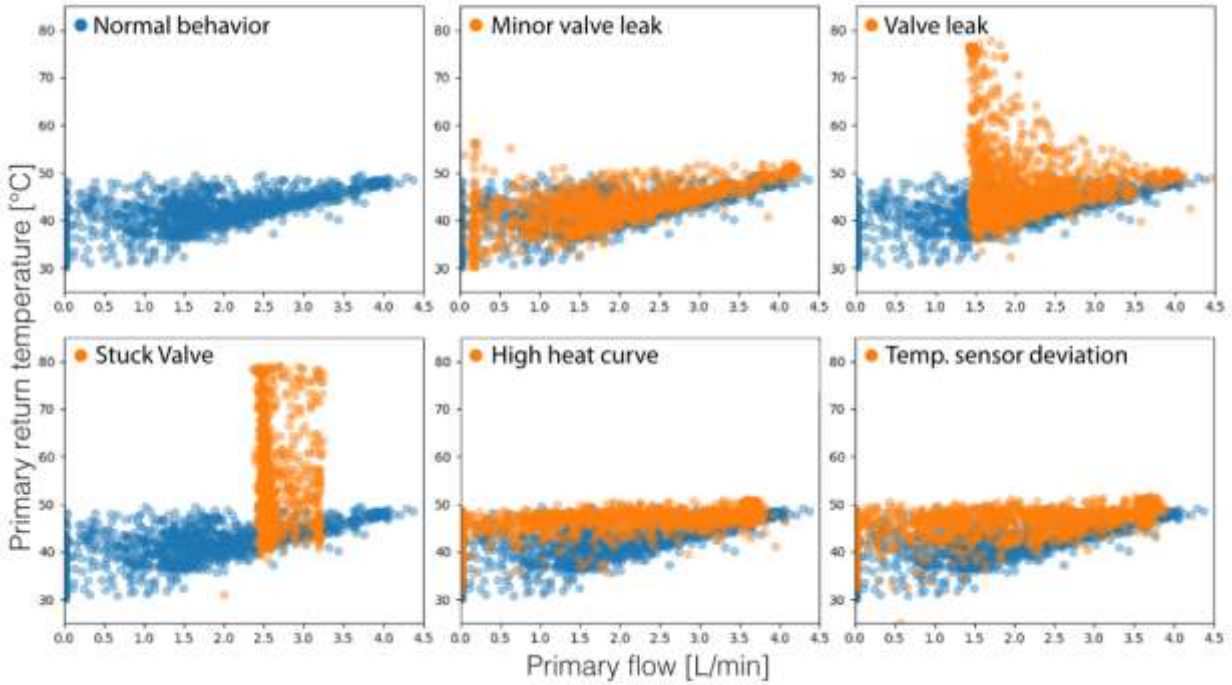
Diferentes comportamientos de la subestación respecto a una de referencia

[Gadd & Werner, 2015]

Funcionamiento incorrecto



Detección de fallos



Se utiliza un algoritmo de aprendizaje automático para:

- Aprender el comportamiento normal (datos experimentales de laboratorio)
- Aprender las firmas características de distintos fallos (patrones y valores estadísticos)

[Van Dreven & al, 2024]



Detección rápida de anomalías

Diagnóstico de la anomalía

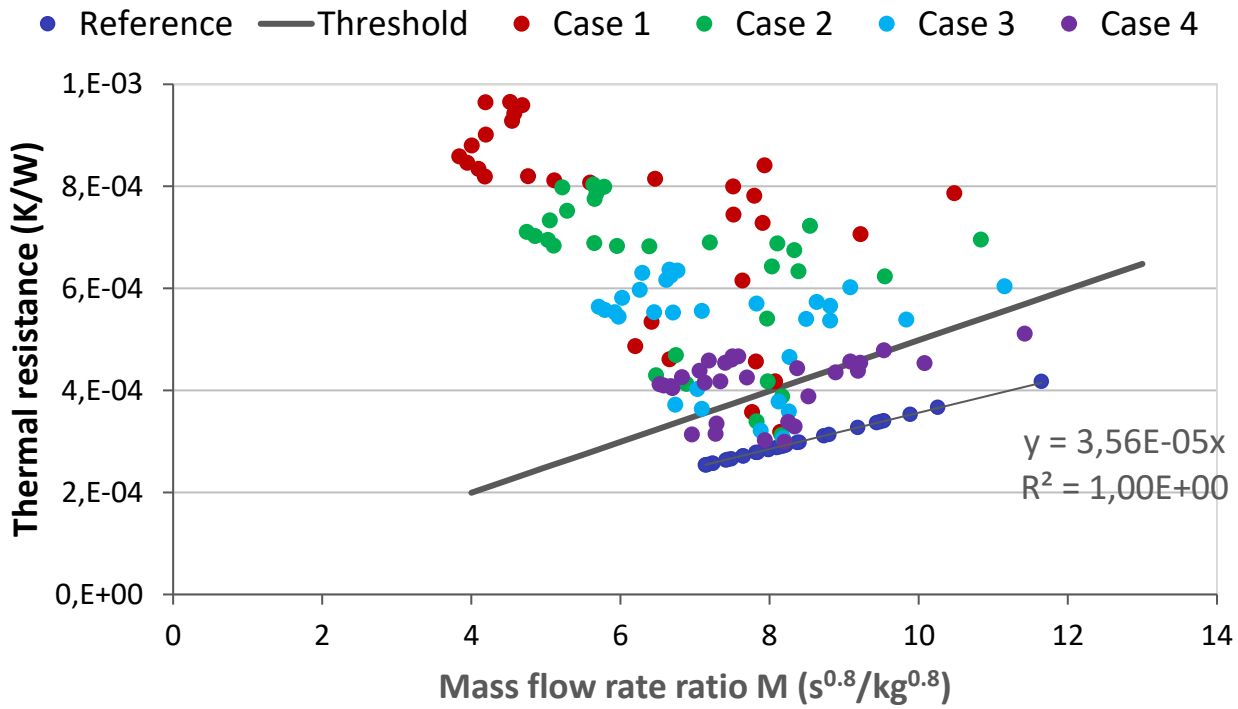


Se necesitan datos de calidad

Se necesitan datos etiquetados sobre fallos

Detección de fallos

Ensuciamiento del intercambiador de calor



Observación: aumento de la resistencia térmica según la relación de caudales másicos

Calculation of the thermal resistance after a cleaning:

$$R_{HEX,without\ fouling} = DTLM/\dot{Q}$$

$$R_{HEX,without\ fouling} = \mathrm{A}\,\dot{M} + \mathrm{B}$$

$$\dot{M} = \frac{\dot{m}_p^{0,8} + \dot{m}_s^{0,8}}{\dot{m}_p^{0,8}\dot{m}_s^{0,8}}$$

Criteria: for a given $\dot{M}$ if

$$R_{HEX} > 1{,}4\ R_{HEX,without\ fouling}$$

[Fabre, 2020]

Conclusión

1

Improve and fix the hydronic element of the secondary side

2

Improve and fix the hydronic element of the primary side

3

Optimize the DHC operation

¡Gracias! _x000B__x000B_Module 5 – ADVANCED DISTRICT HEATING SYSTEMS_x000B_SHaKE – Sharing Heat and Knowledge on Energy Communities_x000B__x000B_https://www.shakeproject-dhc.eu/_x000B__x000B_Developed by Mines Paris – PSL_x000B_Antoine Fabre | antoine.fabre@minesparis.psl.eu_x000B_Pascal Stabat | pascal.stabat@minesparis.psl.eu_x000B_



Co-funded by the European Union