

Título del problema:

**Diseño y Mejora de Sistemas de Refrigeración de Centros de Procesamiento de Datos.**

Descripción del problema:

El esquema habitual de refrigeración de los equipos de un centro de procesamiento de datos se basa en la configuración denominada de pasillos fríos y calientes, donde los equipos se disponen en torno a unos pasillos (pasillos fríos) que reciben aire frío desde un falso suelo y, a través de los sistemas de ventilación instalados sobre las bandejas donde se encuentran los procesadores, se hace circular este aire sobre los procesadores para ser recogido desde la parte trasera en unos pasillos intermedios (pasillos calientes) desde donde se evacúa al techo (y después se recircula a los equipos de refrigeración). La figura 1 muestra un esquema de este sistema de refrigeración.

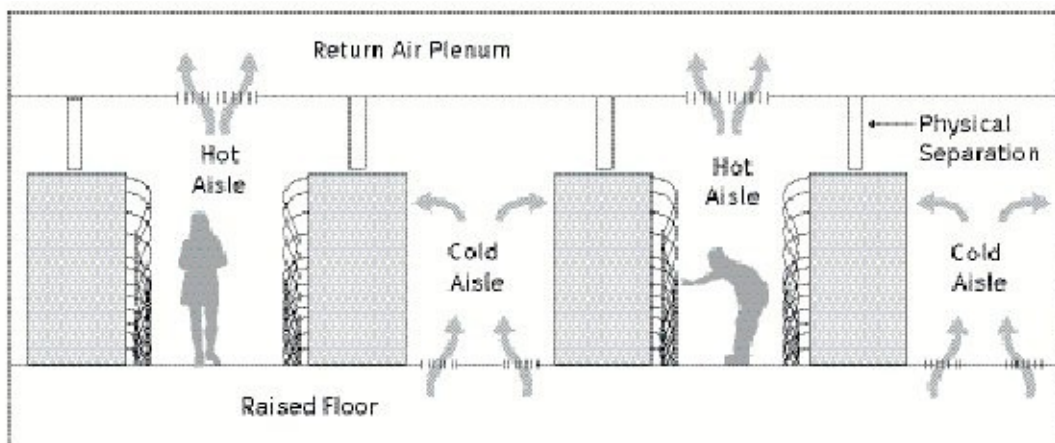


Figura 1. Configuración de pasillos fríos y calientes (tomado de referencia [1])

El control del aire frío que recibe cada pasillo se hace (una vez dimensionado el equipo de refrigeración) a través de la apertura de las losetas situadas en ellos. Así pueden emplearse losetas cerradas (o controlar la sección de paso en losetas regulables) para reducir el flujo de aire en ciertas zonas del centro de procesamiento de datos. Este control del flujo de aire debe hacerse no sólo porque las necesidades de refrigeración sean distintas en diferentes zonas del centro (por ejemplo, debido a la distribución de los equipos en la sala o a las características de éstos) sino porque además las presiones de aire son irregulares debajo de cada pasillo (debido a las caídas de presión en el falso suelo

causadas por los distintos obstáculos que el aire encuentra a su paso, como paquetes de cableado de datos o potencia, tuberías de los sistemas de refrigeración, elementos estructurales, posibles irregularidades del falso suelo, etc.) y exigen un grado de apertura distinto de las losetas para igualar las caídas de presión a través de éstas y, en consecuencia, el flujo de aire frío.

La figura 2 muestra una sala de procesamiento de datos donde se observan las losetas que alimentan el flujo de aire frío al pasillo. En la figura 3 se muestra un ejemplo de los obstáculos que el flujo de aire frío puede encontrar en el falso suelo.



Figura 2. Disposición de equipos en pasillos y losetas de alimentación de aire frío (tomado de referencia [4])



Figura 3. Ejemplo de obstáculos encontrados por el aire frío en el falso suelo (tomado de referencia [2])

Por otro lado, es preciso asegurar que el flujo de aire frío que atraviesa las losetas del pasillo es suficiente para obtener unas temperaturas de aire aspirado en todas las bandejas de las cabinas que cumplan las especificaciones del fabricante de los equipos (que limita tanto las temperaturas como los grados de humedad admisibles). Esto obliga a conocer los flujos de aire que se establecen en toda la sala de procesamiento de datos (incluyendo el flujo que atraviesa las propias bandejas, cuya parte trasera se muestra en la figura 4).



Figura 4. Imagen de parte trasera de bandeja de equipos (tomada de referencia [3]).

Aunque el problema del flujo de aire a través de todo el sistema está acoplado, en la práctica las presiones en la sala de procesamiento de datos son relativamente uniformes por lo que el reparto de flujos a la salida de las losetas puede ser calculado (de forma más o menos realista) a partir de los parámetros del equipo de refrigeración y la configuración del falso suelo (pero sin conocer el flujo de aire dentro de la propia sala). Los flujos de salida de las losetas serían después empleados para obtener la distribución de flujos (y sobre todo de temperaturas) en la sala.

En todo caso, la descripción de los flujos en la sala de procesamiento de datos es un problema de gran complejidad. Una de las razones de dicha complejidad está en la presencia de escalas geométricas muy distintas (de hecho, el flujo contendrá escalas aún menores), que van desde el propio tamaño de la sala (de unas decenas de metros) hasta el de los procesadores (de unos pocos centímetros). Por esta razón, es habitual el empleo de modelos más o menos simplificados para el flujo a través de las bandejas de equipos (racks).

#### Referencias

[1] *High Performance Data Centers. A Design Guidelines Sourcebook*. Pacific Gas and Electric Company, 2006.

[2] K.C. Karki, A. Radmhehr, S.V. Patankar; *Use of Computational Fluid Dynamics for Calculating Flow Rates Through Perforated Tiles in Raised-Floor Data Centers*. International Journal of Heating, Ventilation, Air-Conditioning, and Refrigeration Research, 9(2), 153-166 (2003).

[3] J. Rambo, Y. Joshi; *Modeling of data center airflow and heat transfer: State of the art and future trends*. Distrib. Parallel Databases, 21, 193-225 (2007).

[4] V. Bedekar; *Effect of CRAC location on a fixed rack layout of a data center*. M. Sc. thesis, University of Texas, 2006.

Objetivos demandados por la empresa:

El Centro de Supercomputación de Galicia se plantea tres objetivos generales relativos a la refrigeración de sus centros de procesamiento de datos (CPD) que se describen a continuación.

a) Elaboración de directrices de diseño para el futuro centro de procesamiento de datos

En particular, dentro de este objetivo general, se desea encontrar respuesta a preguntas como:

- ¿Qué altura mínima y máxima necesitamos para el falso suelo teniendo en cuenta que tenemos que meter cables en horizontal y vertical? ¿Dónde es conveniente que estén los cables: en el suelo o pegados lo más posible al falso suelo (si la altura es apreciable, nos genera problemas con las distancias máximas entre nodos)?
- ¿Podemos tener una solución óptima para la ventilación que pueda tener en cuenta las limitaciones en las distribuciones de las máquinas (por ejemplo, máxima distancia posible entre nodos)?
- ¿Tenemos que recircular el aire o sería mejor energéticamente extraerlo directamente?
- ¿Tenemos otro método de refrigeración más eficiente, compacto, etc más barato que el actual y que no requiera instalaciones complejas (por ejemplo, los microintercambiadores de calor)?
- ¿Cuál es la máxima densidad energética por metro cuadrado que podemos instalar en el nuevo CPD?
- Si no extraemos el aire, ¿Cuál es la altura recomendable del techo?
- ¿Hay otra disposición de las máquinas que no sea pasillos caliente/fríos más interesante energéticamente?

La respuesta a estas preguntas serviría para elaborar el conjunto de especificaciones de diseño del futuro centro de procesamiento de datos.

b) Desarrollo de herramientas de simulación numérica para la predicción de la refrigeración lograda en un CPD

Una vez construido el nuevo centro de procesamiento de datos se planteará el diseño del sistema de refrigeración para una cierta configuración de los equipos (que será variable a lo largo de la vida útil del CPD). A este efecto, se desea contar con herramientas de simulación numérica que permitan evaluar la refrigeración lograda con un cierto esquema de refrigeración (que incluye, por ejemplo, el número y la localización de las losetas abiertas).

En este sentido, se desea encontrar respuesta a preguntas como:

- ¿cuáles son los modelos adecuados (desde la perspectiva del gestor del centro de procesamiento de datos) para representar la refrigeración de los equipos?
- ¿qué información es precisa de los equipos y del sistema de refrigeración (teniendo en cuenta que alguna información, como la referida a los algoritmos de control térmico de los procesadores o de control de temperatura y humedad en los equipos de aire acondicionado, no suele ser suministrada por los fabricantes)?
- ¿existen herramientas de software libre que permitan la resolución de los modelos descritos previamente?
- ¿cuáles son los retos computacionales de la resolución de dichos modelos?

c) Mejora de la eficiencia energética de la actual configuración del sistema de refrigeración del CPD actual

El actual centro de procesamiento de datos del CESGA presenta numerosas limitaciones de diseño que hacen difícil su refrigeración. Entre ellas destaca la irregularidad del falso suelo (que además presenta una altura muy reducida en una parte de la sala) y la reducida altura de la salda (que hace difícil la evacuación de aire caliente desde los pasillos calientes de la sala).

Se plantean entonces dos cuestiones:

- Dada la actual configuración de la sala y los equipos (recientemente) instalados, ¿es posible obtener una reconfiguración del sistema de refrigeración (variando, por ejemplo, la localización de las losetas abiertas) que permita refrigerar la sala reduciendo el coste energético (en los equipos de aire acondicionado)?
- Cuando, en el futuro se añadan nuevos equipos a esta sala, ¿cuál sería la ubicación idónea de esos nuevos equipos desde el punto de vista de la refrigeración?

*Descripción de los métodos matemáticos, estadísticos y/o computacionales que previsiblemente estarán involucrados:*

Al margen de los métodos experimentales que serían necesarios en el proceso de validación de los modelos empleados, los métodos matemáticos previsiblemente involucrados están relacionados con el modelado, la computación y (aunque éstos en una etapa posterior) la optimización:

a) Modelado

Son necesarias herramientas de modelado de flujos con intercambio de calor, que incluyen modelado de flujos turbulentos, modelado de pérdidas de carga en elementos (como losetas y paquetes de cableado de datos o potencia) y elaboración de modelos de orden reducido para flujos en cabinas de equipos (racks).

## b) Computación

Puesto que el coste computacional de los modelos realistas es muy elevado, se hace preciso el empleo de métodos computacionales adecuados, programados en códigos eficientes y ejecutados sobre medios de computación de altas prestaciones. Esto hace intervenir métodos matemáticos e informáticos relacionados con los métodos numéricos, la programación y la supercomputación.

## c) Optimización

En una etapa posterior (una vez validados los modelos y la implementación de los códigos de cálculo en un entorno de computación de altas prestaciones), podrían emplearse técnicas de optimización que asistirían en el diseño de un centro de procesamiento de datos nuevo o en la instalación de nuevos equipos sobre uno dado.