

VALIDACIÓN DE FUGAS CONFORME A ISO 10648-2

- 1) Respecto a los sumideros de la LLC para O₂ y N₂, se ha supuesto que el SGS purifica el 95%, por lo que el sumidero sería el 100% del caudal que aparece en el DDD del SGS - el 5% de ese caudal (que es lo que se devuelve a la LLC). De esta forma, se elimina el 95% y siempre queda algo de aire. Para el sumidero y la fuente de Ar, se ha supuesto que se devuelve el 99% del Ar.
- 2) Los sumideros/fuentes se han codificado aplicando el formato 1 de MELCOR. Así conseguimos que las fuentes de energía mantengan la temperatura en la LLC (290K aprox.) y lo mismo para la fuente de energía en el Colector C3 (293K). En el colector de C3 también se añadieron las fuentes de O₂ y N₂, y la de Ar suponiendo que se pierde ese 1% (por lo que sería una fuente con un caudal (kg/s) un 1% del sumidero de Ar en la LLC).

Para ver si los FLs que hemos definido para las fugas cumplen con la ISO, hacemos un minimodelo en el que solo tengamos **el CV del pasillo, la LLC (atmósfera completa de Ar) y el FL que conecta ambos (nuestra fuga)**. La idea es que tendremos dos casos: LLC a depresión respecto el pasillo y LLC a sobrepresión respecto pasillo.

Para la LLC a una presión más baja entrará aire desde el pasillo. Corremos una simulación de un tiempo determinado (hasta ver que las presiones se estabilizan y ya no entra más aire a la LLC), y con los resultados podemos ver la concentración final de O₂ que hay en la LLC (la concentración inicial es 0). Una vez obtenida la simulación, primero tendremos que verificar el área de paso: para ello tendremos que comprobar que se cumplen los requisitos que se indican en la ISO: la variación de temp. interna debe ser menor a 3°C, la variación de presión atmosférica debe ser menos a 1000 Pa (que en estos casos directamente ya lo damos por válido porque no hay variación de presión atmosférica) y la variación de presión interna (en la LLC) debe ser menor a 50 Pa.

- Asumiendo un período de simulación fijo $t = 1.0e+05$:

| | Temperatura LLC (K) | Temperatura LLC (°C) | Presión LLC (Pa) | ΔT < 3°C ? | ΔP < 50 Pa ? |
|--|------------------------|-------------------------|---------------------|-----------------------|-------------------------|
| Valores iniciales LLC | 290,95 | 17,8 | 101195 | - | - |
| Fuga 1cm2 (1.0e-04) DH = 0,0112838 | 291,0195 | 17,86950 | 101254,91 | 0,06950 | 59,91 |

| | | | | | |
|--|-----------|----------|-----------|---------|--------|
| Fuga 0.1cm2 (1.0e-05) DH = 0,003568 | 291,01639 | 17,86639 | 101252,3 | 0,06639 | 57,3 |
| Fuga 1mm2 (1.0e-06) DH = 0,001129 | 290,95203 | 17,80203 | 101196,84 | 0,00203 | 1,8399 |

Una vez verificada el área de paso, tendremos que **pasar la masa final de O2 de kg a vpm** (volumen por millón). De forma similar a este ejemplo:

Para pasar la masa de O₂ de kg a vpm (volumen por millón) hemos usado las siguientes fórmulas:

$$vpm = \left[\frac{\text{Volumen Molar } (V_M)}{\text{Peso Molecular } (PM)} \right] \times \frac{mg}{m^3},$$

$$PV = nRT.$$

Sabiendo que el peso molecular del O₂ es de 32 g, obtenemos 6 x 10⁻³ moles de O₂, y sustituyendo en la segunda fórmula (R = 8.314472 $\frac{m^3 Pa}{K mol}$; P = 100364.23 Pa; T = 292.98 K) resulta un volumen molar de 1.45 x 10⁻⁴ m³. Si pasamos los kg de O₂ a mg, y lo dividimos entre el volumen de la LLC, obtenemos una concentración de 129.91 mg/m³; finalmente, sustituyendo en la primera fórmula obtenemos 5.88 x 10⁻⁴ vpm. Llevamos este resultado a la fórmula general proporcionado por la ISO, y como resultado se obtiene un flujo de 5.88 x 10⁻⁹ h⁻¹, que es bastante inferior al requisito para una C4 (5 x 10⁻⁴ h⁻¹), y por lo tanto, se da como válida una fuga con un área máximo de 1.39 x 10⁻³ m².

Por un lado, la **masa de O2 en kg primero la pasamos a moles**

Masa de O2 = 0.008821 Kg = 8.821 g en timestep final

1 mol de O2 = 32 g

n = 8.821 / 32 = 0.275656 moles

y luego con ello calculamos el volumen molar;

R = 8.314472

P = 100364.23

T = 292.98

n = 0.275656

V = (n * R * T) / P = 0.0066905 m3

por otro lado, esa misma **masa de kg de O2 la pasamos a mg y la dividimos entre el volumen de la LLC**, obteniendo mg/m3.

Masa de O2 = 0.008821 Kg = 8821 mg

Siendo el vol. de la LLC = 2856.885 m3, tenemos:

$$8821 / 2856.885 = 3.0876 \text{ mg/m}^3$$

Finalmente, **dividimos el volumen molar entre el peso molecular del O2 (32g) y esto lo multiplicamos por los mg/m3 obtenidos anteriormente**, y así conseguimos vpm de O2.

$$\text{vpm} = (0.0066905 / 32) * 3.0876 = 0.0006455$$

Con los **vpm de O2** y el **tiempo de simulación** (segundos), vamos a la ISO (10648-2) y mediante el **Oxygen Method** (que se aplica para salas en depresión), utilizando la fórmula que aparece ahí calculamos **Tf (hourly lake rate)**, fijándonos bien en poner las unidades correctas).

$$\text{O2f (vpm)} = 0.0006455$$

$$\text{O2i (vpm)} = 0$$

$$t = 1e+05 \text{ s} / 60 = 1666.67 \text{ min}$$

$$\text{Tf} = 300 * (0.0006455 - 0) / (1666.67 * 1e+06) = 1.16189e-10$$

Una vez obtenido Tf, lo comparamos con el Tf máximo permitido para un C3 (Tabla 1 de la ISO), que es $<2.5E-3$, y si es menor entonces cumple con la ISO; si por el contrario es mayor, tendremos que modificar el área.

$$1.16189e-10 < 2.5e-03 \text{ CUMPLE CON LA ISO}$$

En teoría, haciendo este proceso, podríamos incluso ajustar hasta el área máxima permitida para una C3, pero igualmente con 1 mm² (si cumple) va bien.

Cálculo inverso:

Con esto la fuga ya se puede dar por buena, pero para verificar y demostrar que está validada con la ISO habrá que hacer el caso contrario: tendremos que **aumentar la presión de la LLC y ponerla por encima del Corridor C2 (la misma diferencia de presión que en el primer caso, pero por encima)**;

- Presión LLC original = 101195 Pa
- Presión Pasillo original = 101235 Pa
- Diferencia de presiones = 40 Pa
- Nueva presión LLC = $101195 + (40 * 2) = 101275$ Pa (+40 Pa vs. pasillo)

lanzamos la simulación hasta que se estabilice la presión (igual que en el primer caso) y en este caso el cálculo es el siguiente: en la tabla tienes el Tf máximo para una C3 ($2.5E-3$), que **si lo multiplicamos por el volumen de la LLC tendremos el caudal máximo permitido en m3/h**.

- TF máximo C3 = $2.5e-3$
- Volumen LLC = 2856.885 m³
- Caudal máximo permitido = $2856.885 * 2.5e-3 = 7.1422125$ m3/h

Para pasar estos m³/h a kg/s, tendremos que **multiplicar por la densidad del Ar** (porque en estos casos solo tenemos Ar en la LLC, en el modelo del main building le damos una fracción inicial de aire mínima para que no falle la simulación) **y dividir por 3600s**.

- Densidad del Ar = 1.784 kg/m³
- (7.1422125 m³/h * 1.784 kg/m³) / 3600 s = 0.00353936 Kg/s

Una vez que hemos obtenido el caudal máximo permitido en kg/s, **lo comparamos con el caudal que obtuvimos en la simulación, y si este es menor, entonces tendremos la fuga validada**. Lo mismo, con esto se podría llegar a ajustar el área máxima permitida.

- Caudal obtenido en la simulación (MFLOW) = 4.1391683e-08 Kg/s
- Caudal máximo permitido = 0.00353936 Kg/s
- 4.1391683e-08 < 0.00353936 **FUGA VALIDADA**

Esto habrá que hacerlo también con el airlock, porque la validación dependerá del volumen de la sala, y cada vez que queramos añadir una fuga habrá que hacer esto. Lo bueno es que una vez se hace el proceso por primera el resto de veces es muy rápido (e incluso se podría automatizar para modificar los mínimos datos de geometría y de FL y que ya MELCOR calculase el resto de datos y los sacase convertidos a las unidades necesarias).