

# Fundamento teórico del método de cámara abierta

## GEIKO: medición de flujos de gases de efecto invernadero

Equipo GEIKO

WOLKE

Octubre 2025

**Resumen ejecutivo.** GEIKO es el instrumento de WALKE para estimar flujos de gases de efecto invernadero mediante cámaras de flujo abiertas. Este informe resume la evaluación inicial de distintas condiciones de caudal, ruido instrumental y ventanas de muestreo sobre la estimación de flujos superficiales. Esto con el objetivo de contar un modelo teórico que permita poder probar distintas configuraciones de la cámara.

## 1 Introducción

El instrumento GEIKO utiliza la configuración de cámara abierta para capturar los gases emitidos desde la superficie del agua. Basado en el modelo físico-matemático documentado en este proyecto, se simuló el comportamiento de una cámara cúbica de 100 L apoyada directamente en la lámina de agua, considerando diferentes flujo de gases y ruido similar al de sensores NDIR.

## 2 Objetivos

- Evaluar mediante modelo distintas configuraciones de la cámara Geiko.
- Cuantificar la evolución de la concentraciones del gas en la cámara de muestreo al variar los flujos de emisión.
- Estimar el impacto de estas variaciones sobre el tiempo característico ( $\theta = V_c/Q$ ) y la convergencia de la concentración a  $C_G$ .
- Evaluar cómo el muestreo cada 30 s y un ruido de 1 ppm afectan la estimación del flujo superficial mediante el ajuste exponencial.
- Comparar los flujos estimados frente al valor teórico para distintos escenarios de operación.

## 3 Metodología

Se partió de la configuración de parámetros iniciales descrita en la cuadro 1 (`default.yaml`). Para los escenarios de caudal se crearon archivos específicos (`flow_low`, `flow_mid`, `flow_high`) que varían los flujos de gas sobre un área de  $0.01 \text{ m}^2$  de muestreo. Se mantiene constante la geometría de la cámara. Cada simulación se agrega ruido gaussiano (1 ppm) con semillas independientes, simulando errores asociados al instrumento. No se considera variabilidad en los flujos. Se muestrea cada 30 s para replicar la latencia del sensor. Las curvas muestreadas se ajustan con el modelo y mediante una regresión no lineal de mínimos cuadrados en el archivo `scripts/fit_from_csv.py`. Con este calculo se obtiene los parámetros  $C_G$ ,  $\theta$  y el flujo superficial. Por último se compara el valor medido con el valor estimado.

Cuadro 1: Parámetros iniciales utilizados en las simulaciones GEIKO.

Parámetro	Valor	Unidad	Nota
$V_c$	0.1	$\text{m}^3$	Cámara cúbica GEIKO
$A_c = A_{in}$	0.01	$\text{m}^2$	Huella = sección de entrada
$A_{out}$	$1,27 \times 10^{-4}$	$\text{m}^2$	Tubo 1/2. <sup>equivalente</sup>
$C_A$	420	ppm	Fondo ambiental
$C_G$	470	ppm	Objetivo de simulación
Ruido	1	ppm	Desvío estándar (sensor NDIR)
Muestreo	30	s	Intervalo de captura
Caudal $Q$	0.001 / 0.002 / 0.004	$\text{m}^3/\text{s}$	Escenarios bajo/medio/alto

## 4 Resultados

### 4.1 Comparativa de curvas

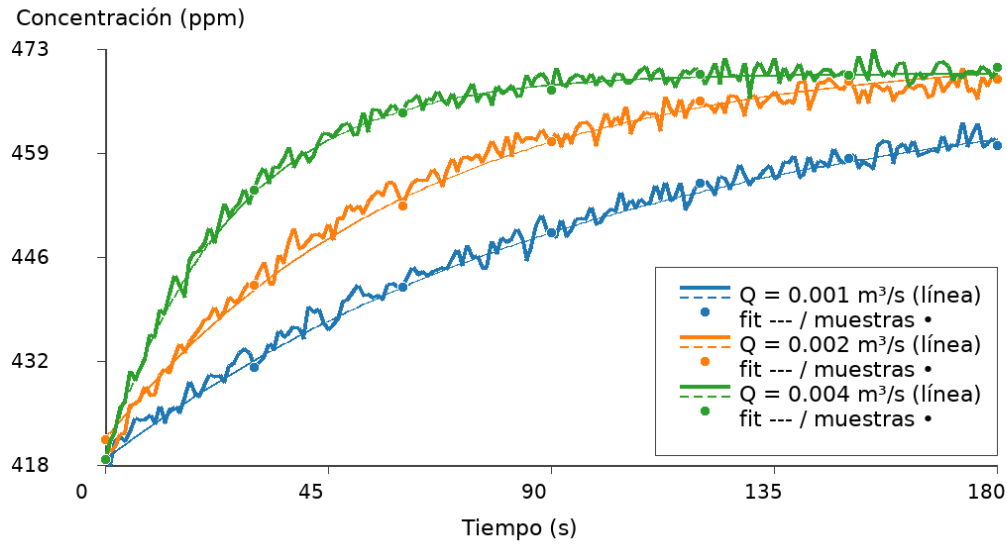


Figura 1: Curvas simuladas (línea sólida), muestreo cada 30 s (puntos) y ajuste exponencial (línea segmentada) para tres caudales.

### 4.2 Resumen numérico

Cuadro 2: Impacto del caudal sobre la convergencia a  $C_G = 470$  ppm.

Escenario	Caudal ( $\text{m}^3/\text{s}$ )	$\theta$ (s)	$C(180 \text{ s})$ [ppm]	$t_{95}$ (s)
Bajo	0.001	100	460.7	—
Medio	0.002	50	467.6	139
Alto	0.004	25	468.9	72

## 5 Conclusiones

- El incremento del caudal reduce el tiempo característico y permite alcanzar más del 95 % del salto de concentración dentro de los 180 s de campaña.

Cuadro 3: Comparación entre flujo teórico y estimado a partir del muestreo cada 30 s.

Escenario	Flujo real ( $\text{mg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$ )	Flujo estimado	Error
Bajo	5.0	4.93	-1,4 %
Medio	10.0	8.57	-14,3 %
Alto	20.0	19.42	-2,9 %

- Con un ruido instrumental de 1 ppm, el ajuste recupera flujos con errores inferiores a 3 % para caudales bajos y altos; el escenario medio requiere optimizar ventana o muestreo para reducir el sesgo.

## 6 Próximos pasos

1. Incorporar el ajuste exponencial en los notebooks interactivos para que los usuarios varíen caudales y ruido en tiempo real.
2. Extender las pruebas a caudales mayores y a distintas geometrías (p. ej. cámaras cilíndricas) ajustando 'Aout'.
3. Documentar campañas de validación en terreno y consolidar bibliografía en 'referencias/referencias.bib'.