

Estimación del flujo de emisión de SO₂ en un entorno industrial

Marco Coronato, Nicolás Casaballe, Matías Osorio, Roberto C. Barragán, Alejandro Agesta, Adriana Silva, Claudia Rivera, Selena Seidel, Lucía Velasco, Erna Frins

Instituto de Física, Facultad de Ingeniería, Universidad de la República, Montevideo, Uruguay
contacto: marco.coronato@fing.edu.uy



Introducción y motivación

En este trabajo cuantificamos las emisiones de SO₂ a la atmósfera por medio de la espectroscopía de absorción óptica diferencial (DOAS) aplicada a espectros de radiación difusa. Este método separa las estructuras espectrales de banda ancha (scattering de Rayleigh y Mie) y estrecha con el fin de aislar estas últimas.



Fig. 2: Ejemplo de dSCD de SO₂ obtenidas. Viento de velocidad 3.045 m/s, NNO.

Cálculo de flujo

El flujo de gas emitido desde una región se evalúa sobre una superficie vertical imaginaria que la encierra, perpendicular al suelo y atravesada por el viento reinante. Se integra la densidad $\rho(x,y,z)$ del gas junto con la velocidad del viento, lo que equivale a expresar el resultado en términos de la densidad de columna $S(x,y)$ y la componente normal del viento:

$$\Phi = \iint_A \rho(x, y, z) \vec{v} \cdot \hat{n} \, dl \, dz = \int_C S(x, y) (v_x \, dy - v_y \, dx)$$

Resultados y conclusiones

El flujo máximo de SO₂ obtenido fue de 129 kg/h, aproximadamente un factor diez veces inferior al medido en 2009-2010 [1] y al promedio de 352 kg/h reportado en 2017 [2]. Esta reducción está vinculada en parte a las mejoras de los procesos de la refinería.

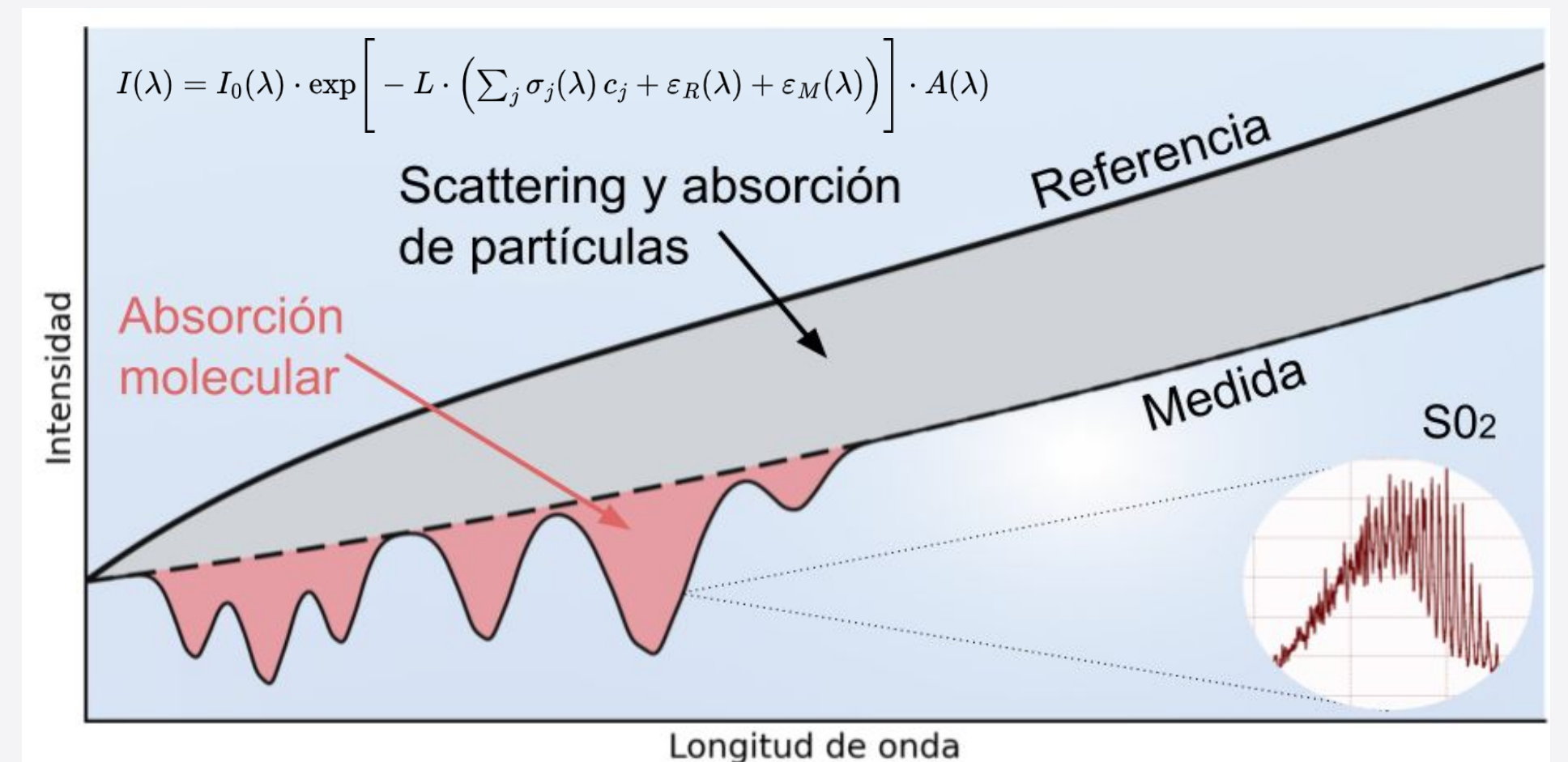


Fig. 1: La señal de referencia se atenúa por dispersión y absorción (gris), mientras que la absorción molecular (rojo) introduce estructuras espectrales estrechas, por ej. SO₂.

Contexto y mediciones

El espectrómetro (Ocean Optics I: 273-432 nm) se instaló en un vehículo y se realizaron observaciones cenitales durante un recorrido georreferenciado predeterminado. A través del método DOAS se obtiene, en cada punto del recorrido del vehículo, la densidad de la columna de SO₂ (dSCD), que representa la concentración del gas integrada a lo largo del camino de la luz en la atmósfera. En este trabajo las medidas se realizaron en marzo-abril 2025 en la refinería de petróleo de ANCAP ubicada al oeste de Montevideo.

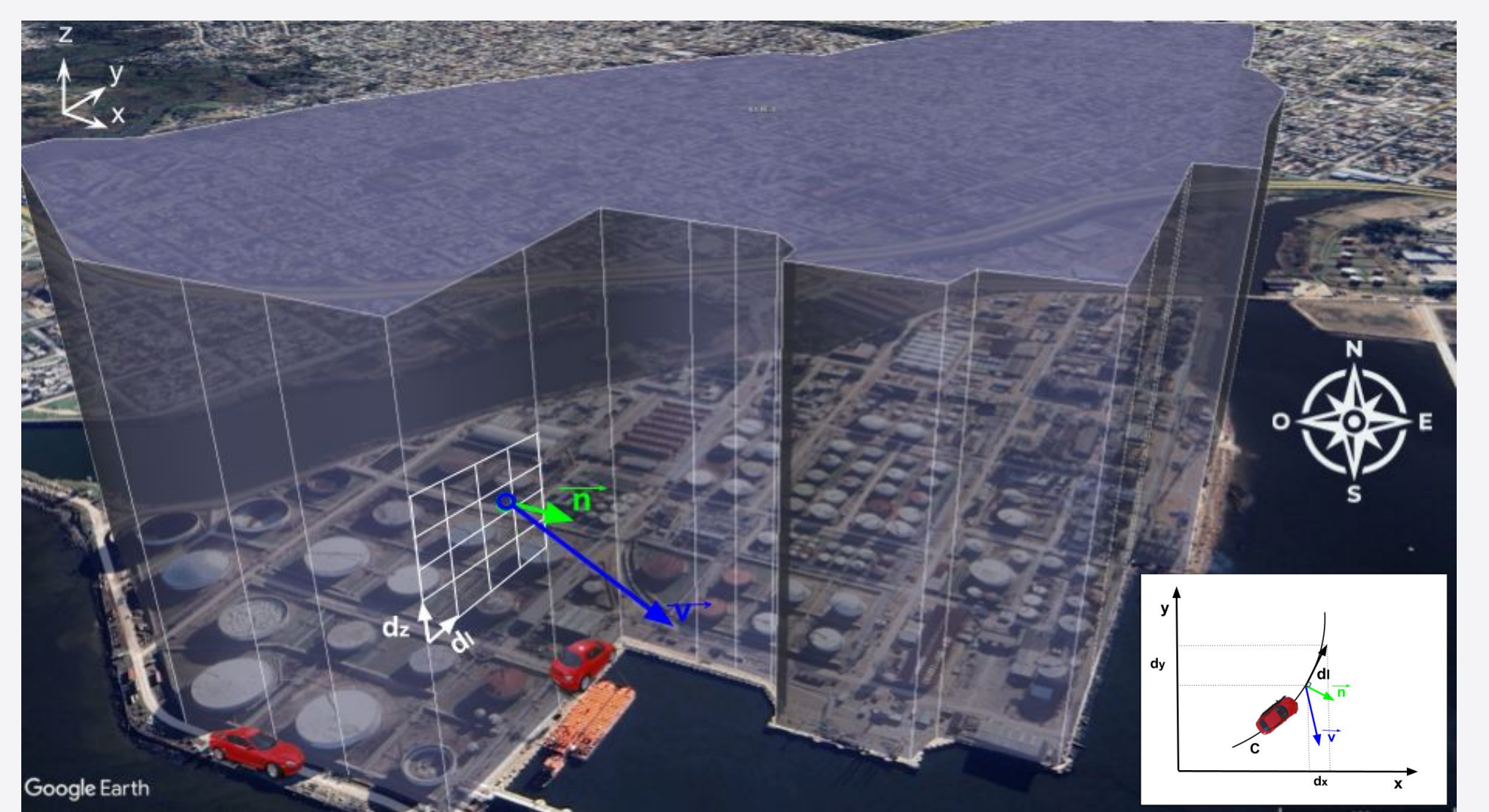


Fig. 3: Superficie para el cálculo de flujo. El volumen de control (gris) se discretiza en elementos diferenciales (dz, dl) cuya orientación define el vector normal $\mathbf{n}$. El cruce con el viento $\mathbf{v}$ determina el flujo en Kg/h a través de la superficie.

[1] Frins, E., Ibrahim, O., Casaballe, N., Osorio, M., Arismendi, F., Wagner, T., & Platt, U. (2011). Ground based measurements of SO₂ and NO₂ emissions from the oil refinery "la Teja" in Montevideo city. *Journal of Physics: Conference Series*, 274(1), 012083.

[2] Osorio, M., Casaballe, N., Belsterli, G., Barreto, M., Gómez, Á., Ferrari, J. A., & Frins, E. (2017). Plume segmentation from UV camera images for SO₂ emission rate quantification on cloud days. *Remote Sensing*, 9(6), 517. <https://doi.org/10.3390/rs9060517>