

MONITORIZACIÓN AMBIENTAL CON DRONES

María Deseada Esclapez Vicente
Plataforma Tecnológica Española del Agua

Comité Técnico CT-30 sobre Teledetección y Sensores
#CONAMA2022



CONAMA2022

21
NOV

24
NOV

PALACIO MUNICIPAL
DE IFEMA, MADRID

CONAMA2022.ORG

Índice

01 Contexto

02 Proyecto SNIFFDRONE

03 Principales resultados y conclusiones



01 CONTEXTO

Contexto



OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

EDAR, ETAP, desaladoras, tratamientos terciarios...

<https://www.dam-aguas.es/operacion-y-mantenimiento/>



VALORIZACIÓN DE RESIDUOS

Aplicación directa, compostaje y codigestión

<https://www.dam-aguas.es/valorizacion-de-residuos/>



CONSTRUCCIÓN

Instalaciones de saneamiento y depuración, obra hidráulica en general

<https://www.dam-aguas.es/construccion/>



INNOVACIÓN

4 proyectos europeos
7 proyectos nacionales
+15 líneas de investigación y estudios específicos en EDARs

<https://www.dam-aguas.es/innovacion/>

Contexto: Proyectos sobre monitorización ambiental con drones en DAM



Drone-based environmental odour
monitoring
May 2019 – October 2020



Consorcio ampliado:



This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No 777222



Este Proyecto ha recibido financiación del Programa de Investigación e Innovación Horizonte 2020 de la Unión Europea según el Acuerdo de Subvención Nº 101004462.

Contexto: Necesidad de la investigación



02

PROYECTO SNIFFDRONE

Proyecto SNIFFDRONE: Prototipo desarrollado



⇒ Se diseñó, construyó y testeó una nariz electrónica para determinar la concentración de olor (uo_E/m^3) en EDARs a partir de concentraciones de gases

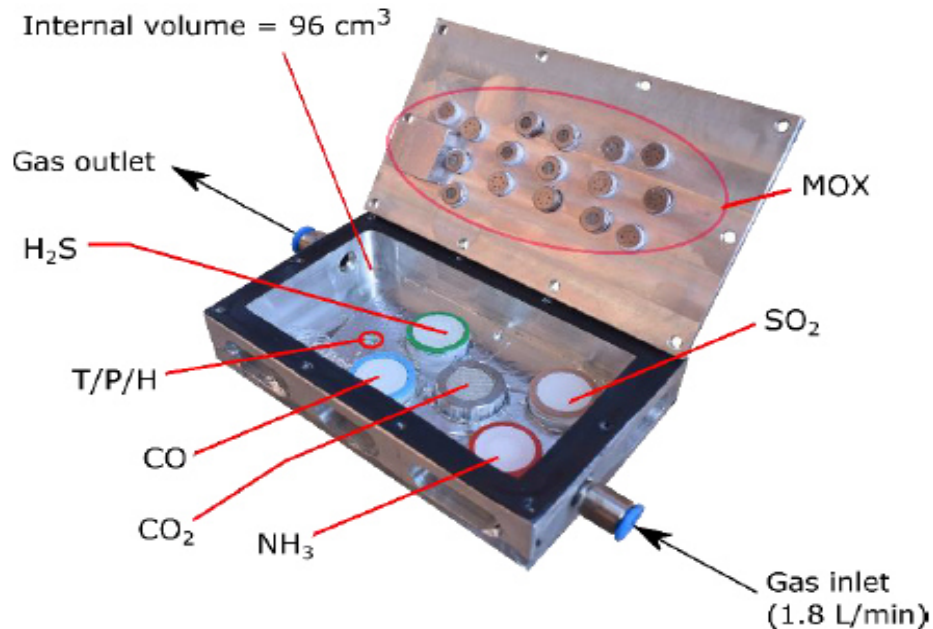
⇒ El prototipo integra la nariz electrónica desarrollada y un sistema de recogida de muestras en un dron

⇒ El prototipo ha sido testado y calibrado en una EDAR real con resultados preliminares satisfactorios para la el mapeo de olores instantáneo de las instalaciones

Ambición del proyecto

Proporcionar medidas de concentración de olor en tiempo real y localizar los focos de emisión, en entornos industriales complejos con varios focos de emisión

Proyecto SNIFFDRONE: Diseño y construcción de la nariz electrónica (e-nose)

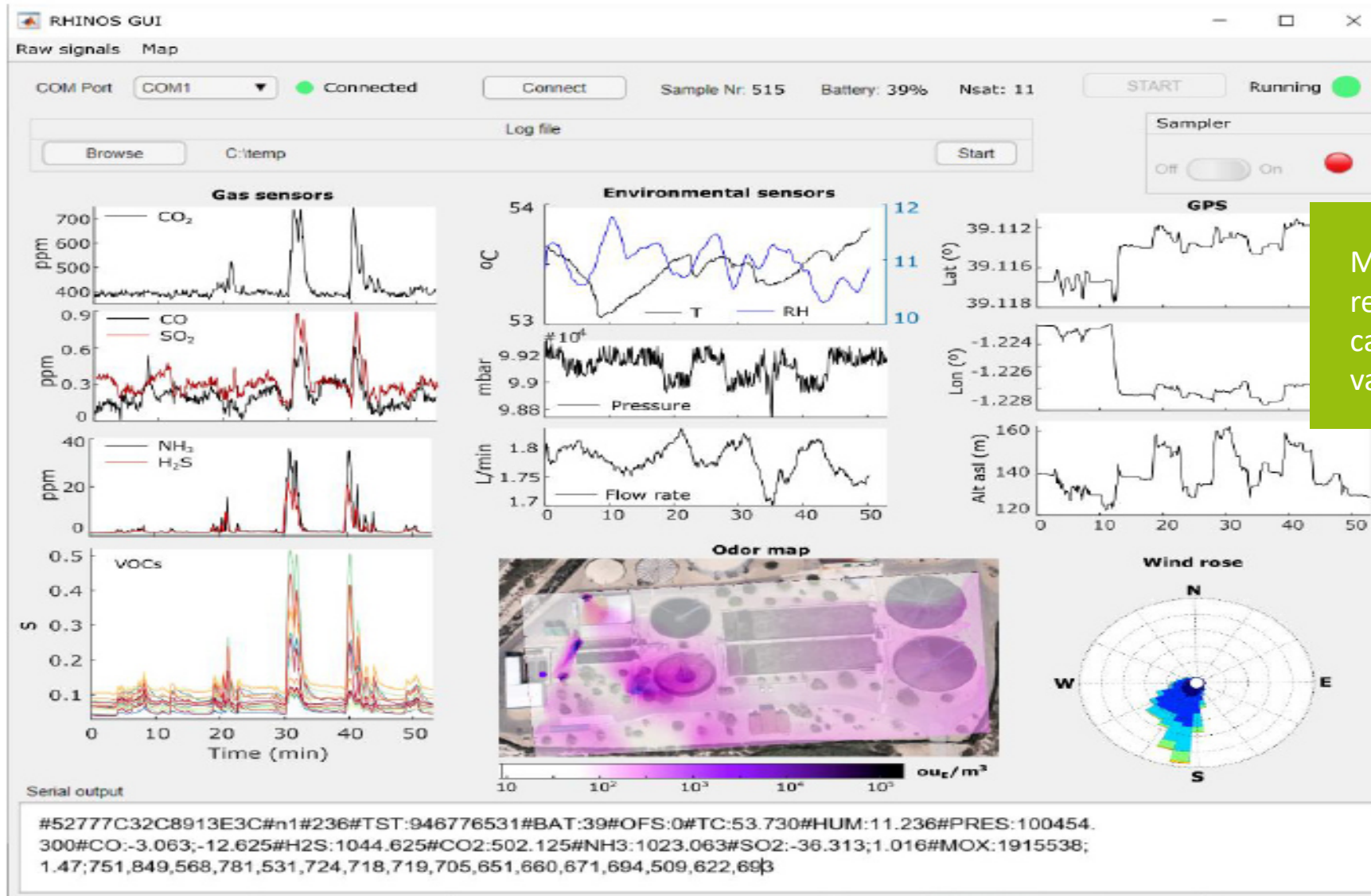


Parameter	Value
Gas sensors	4 x Electrochemical cells (EC) for NH ₃ , H ₂ S, SO ₂ , CO 1 x Nondispersive infrared (NDIR) for CO ₂ 16 x Metal oxide semiconductor (MOX)
Other sensors	Temperature, humidity, pressure, flow rate
Output signals	Raw data + calibrated output (ou _E · m ⁻³)
Odour range	50 – 10 ⁵ ou _E · m ⁻³
Prediction accuracy ¹	50% - 200% of reference value
Sampling frequency	1 Hz (GPS disabled); 0.2 Hz (GPS enabled)
Flow rate	1.8 L/min
GPS accuracy	±3 m
Radio link	ZigBee 868 MHz (point-to-point)
Radio range	2 km
Power consumption	1 W
Main (external) battery	LiPo 3S 11.1V 5100 mAh
Internal battery	LiPo 2S 3.7V 500 mAh
Autonomy	5 h of continuous measurements
Dimensions	15 x 25 x 10 cm ³
Weight	1325 g (incl. battery)

	Technology	Range	Accuracy	Response time (T ₉₀)
Temperature	Integrated	-40 to +85 °C	± 1 °C	< 2 s
Humidity	Integrated	0 to 100% RH	± 3% RH	< 2 s
Pressure	Integrated	30 to 110 kPa	± 0.1 kPa	< 2 s
Flow rate	Ultrasonic	-33 to +33 L/min	± 3% m.v.	< 1 s
CO ₂	NDIR	0 to 5000 ppm	± 100 ppm	< 60 s
CO	Electrochemical	0 to 100 ppm	± 0.5 ppm	< 20 s
H ₂ S	Electrochemical	0 to 20 ppm	± 0.1 ppm	< 20 s
NH ₃	Electrochemical	0 to 100 ppm	+ 0.5 ppm	< 90 s
SO ₂	Electrochemical	0 to 20 ppm	± 0.1 ppm	< 45 s

Principales especificaciones de la e-nose construida

Proyecto SNIFFDRONE: panel de control del dispositivo



Muestreador remoto para calibración y validación

Proyecto SNIFFDRONE: acoplamiento de la e-nose con el dron

- ⇒ Integración con un dron DJI Matrice 600
- ⇒ Carga total 1,8 kg



Proyecto SNIFFDRONE: campañas de muestreo en entorno real

⇒ **Campañas de muestreo** para la calibración y validación en la EDAR de Molina del Segura, Murcia (España)

⇒ Toma de muestras con **sistema Olfasense** montado en el dron + medidas en paralelos con la e-nose

⇒ Diversas alturas, condiciones meteorológicas condiciones operativas y fuentes de olor

Fecha	Fuentes						
	BLK	MHL	PRE	BIO	SET	SLT	CHI
28/01/20	2	1	0	1	1	1	0
25/06/20	2	0	3	3	3	0	3
15/07/20	2	0	3	3	3	0	3
TOTAL	6	1	6	7	7	1	6



Proyecto SNIFFDRONE: calibrado de la e-nose en el laboratorio

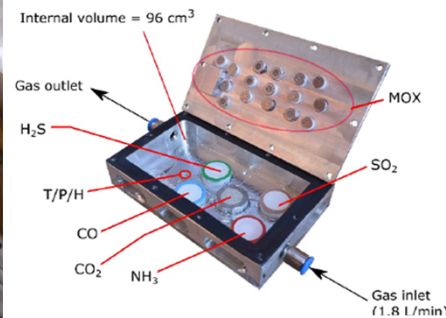
⇒ Dilución de las muestras a 1/10; 1/100 and 1/1000

⇒ Análisis por olfatometría dinámica de las muestras conforme a la norma **EN13725** por duplicado (Odournet, Barcelona)

⇒ Paso de todas las muestras gaseosas (originales y diluidas) por la e-nose y medida con los 21 sensores

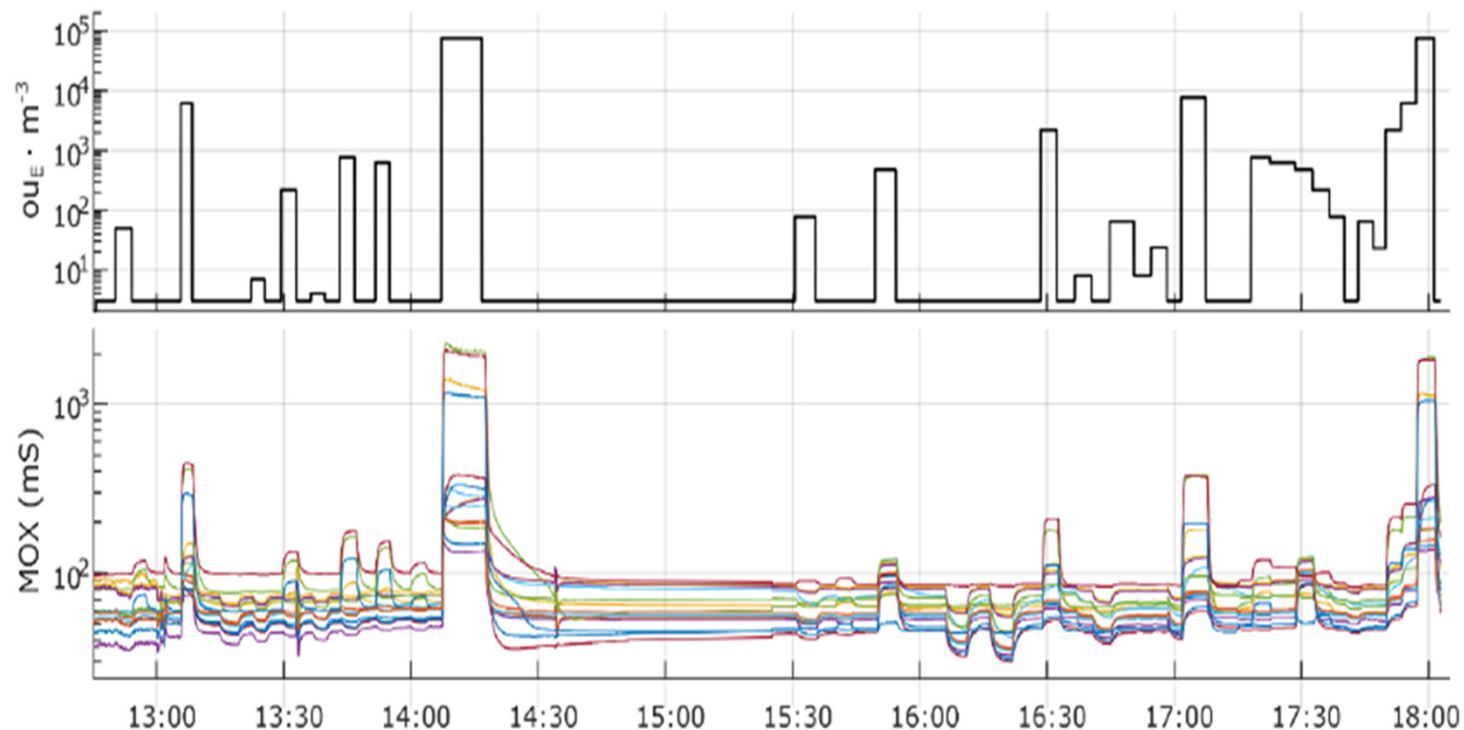
⇒ Construcción de los **modelos de calibrado**

Bag ID	Date	Source	Distance	Odour concentration (ou _E · m ⁻³)			
				Original	1/10	1/100	1/1000
1-1	28/01/20	Bioreactor	0.5m	76,111	7,611	761	76
1-2	28/01/20	Sludge thickener	0.5m	6,222	622	62	6
1-3	28/01/20	Settler	0.5m	2,165	216	21	2
1-4	28/01/20	Influent manhole	0.5m	477	47	4.7	0.47
2-1	25/06/20	Settler	0.5m	9,742	974	97	-
2-2	25/06/20	Settler	2m	3,069	-	-	-
2-3	25/06/20	Settler	5m	304	-	-	-
2-4	25/06/20	Bioreactor	0.5m	96,653	9,665	966	-
2-5	25/06/20	Bioreactor	2m	2,896	289	-	-
2-6	25/06/20	Bioreactor	5m	483	-	-	-
2-7	25/06/20	Pretreat	0.5m	3,444	344	-	-
2-8	25/06/20	Pretreat	2m	323	-	-	-
2-9	25/06/20	Pretreat	5m	256	-	-	-
2-10	25/06/20	Chimney	0.5m	91,952	9,195	919	91
2-11	25/06/20	Chimney	2m	3,649	365	-	-
2-12	25/06/20	Chimney	5m	40	-	-	-
3-1	15/07/20	Settler	0.5m	609	61	-	-
3-2	15/07/20	Settler	2m	76	-	-	-
3-3	15/07/20	Settler	5m	91*	-	-	-
3-4	15/07/20	Bioreactor	0.5m	1,722	172	-	-
3-5	15/07/20	Bioreactor	2m	72*	-	-	-
3-6	15/07/20	Bioreactor	5m	912	-	-	-
3-7	15/07/20	Chimney	0.5m	1,290	-	-	-
3-8	15/07/20	Chimney	2m	32,254	3,225	322	-
3-9	15/07/20	Chimney	5m	3,069 ⁺	-	-	-
3-10	15/07/20	Pretreat	0.5m	362	-	-	-
3-11	15/07/20	Pretreat	2m	2,048	205	-	-
3-12	15/07/20	Pretreat	5m	1,085	108	-	-



Proyecto SNIFFDRONE: calibrado de la e-nose en el laboratorio

- ⇒ Calibrado basado en **regresión por mínimos cuadrados parciales**
- ⇒ Dos campañas para la construcción del modelo y la tercera para su validación
- ⇒ Los modelos se optimizaron a través de la evaluación del error cuadrático medio en la validación cruzada (RMSE)

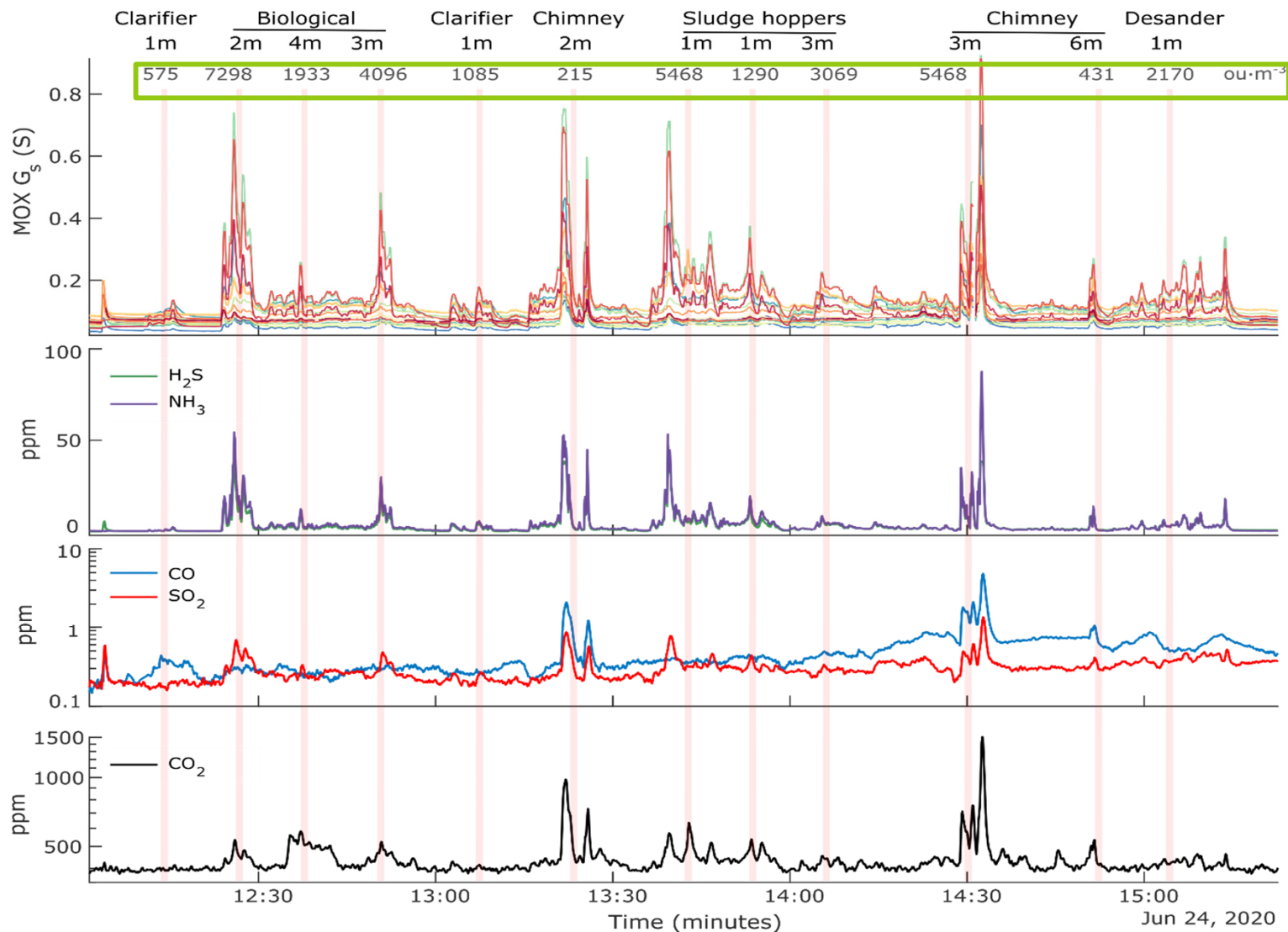


$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}$$

Pueden encontrar la descripción y discusión de los modelos empleados en: *Burgués, J.; Esclapez, M.D; Doñate, S.; Marco, S. RHINOS: A lightweight portable electronic nose for real-time odour quantification in wastewater treatment plants, iSCIENCE, 2021, Volume 24, Issue 12, 17 December 2021, 103371*

*Señales de los sensores MOX durante la 1ª campaña de calibración
(Condiciones de laboratorio, muestras reales de EDAR)*

Proyecto SNIFFDRONE: calibrado de la e-nose con medidas de campo

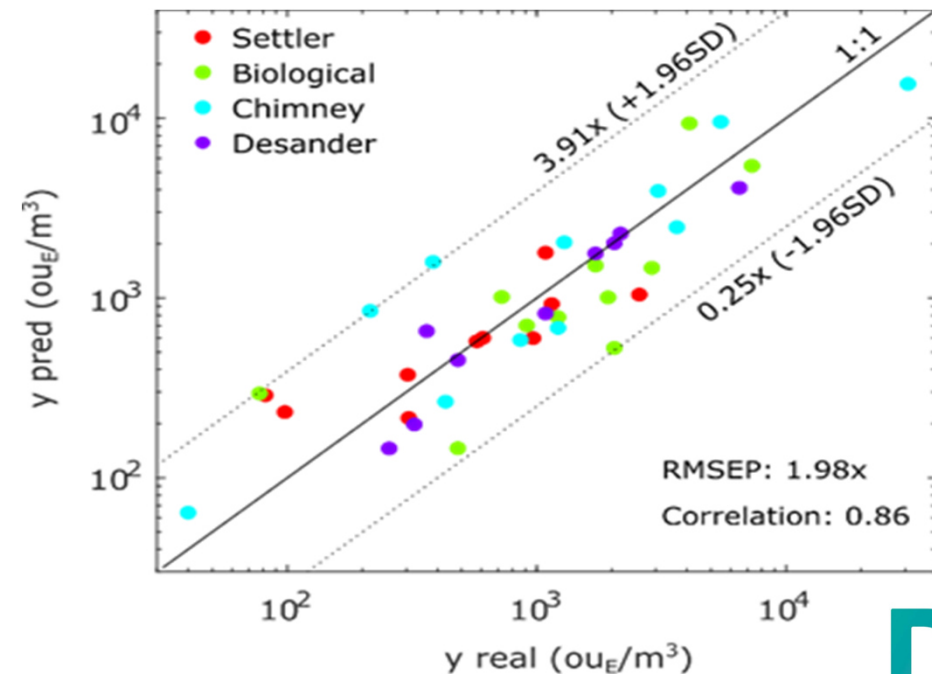
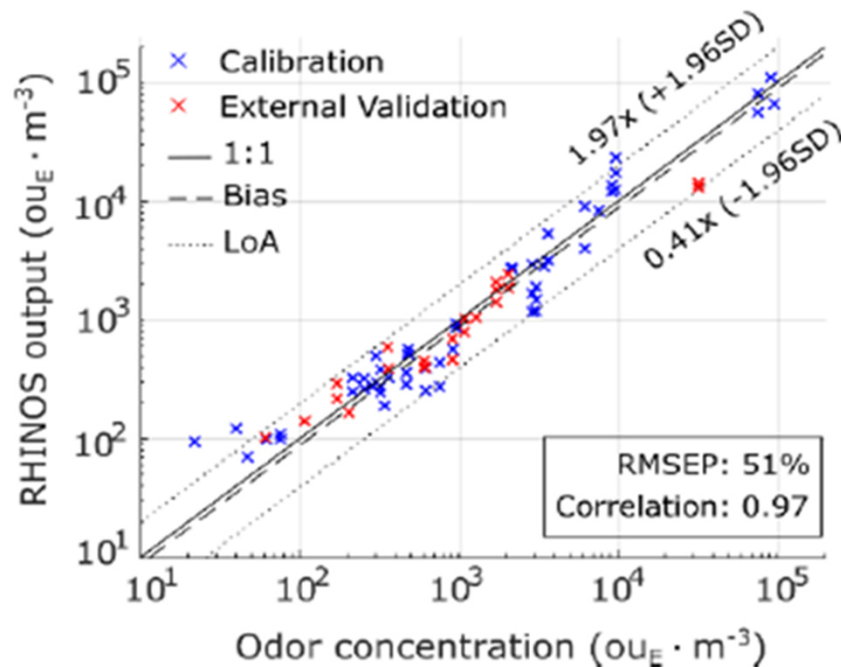


Señales de los sensores MOX registradas durante la 1ª campaña de calibración durante el vuelo sobre la EDAR

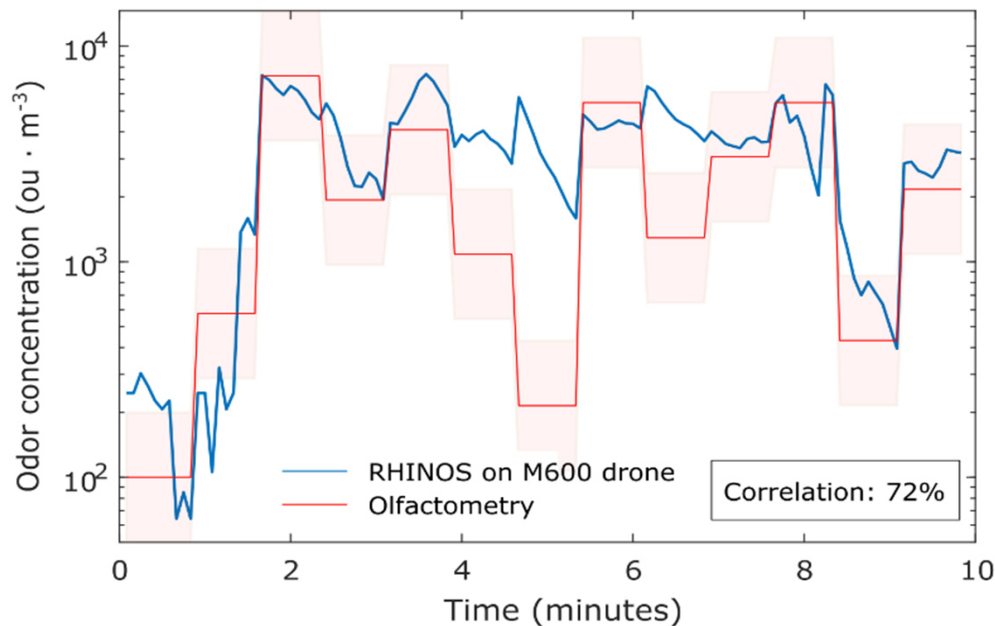
Proyecto SNIFFDRONE: validación de las medidas de la e-nose

⇒ La relación entre los valores obtenidos con el modelo y las medidas de laboratorio es lineal en el intervalo $50-10^5 \text{ ou}_E \cdot \text{m}^{-3}$, con una correlación del 97% y RMSEP del 51%

⇒ El modelo empleando medidas de los sensores obtenidas en condiciones de operación tiene un mayor error, aunque simplifica en gran medida la operativa, mejorando en gran medida la **resolución temporal y espacial**, así como los **costes** asociados

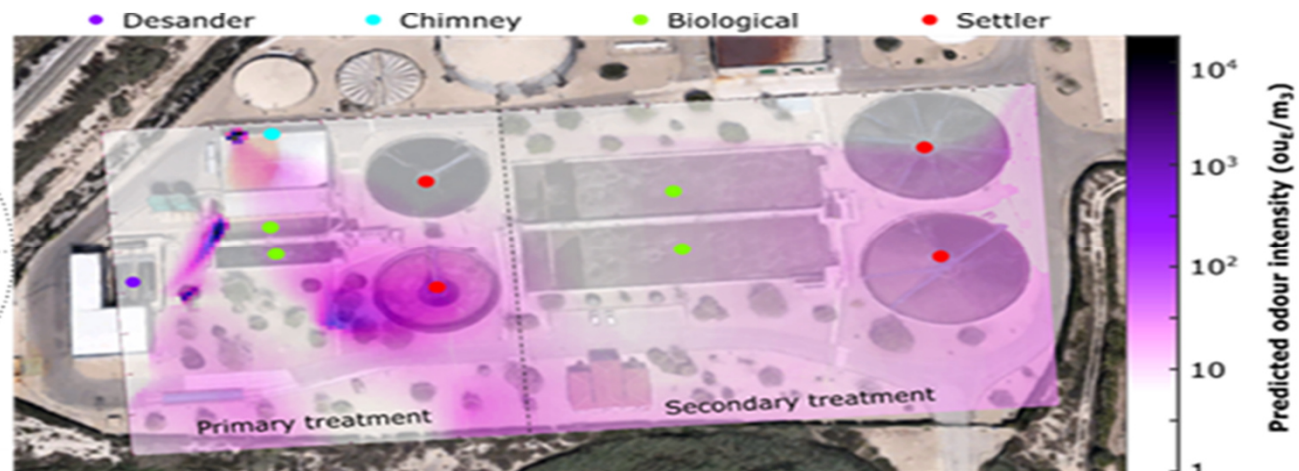
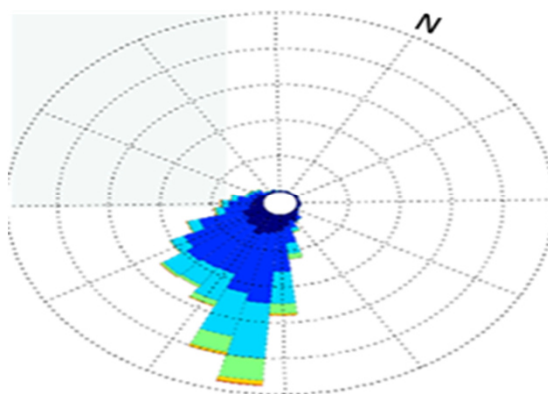


Proyecto SNIFFDRONE: medidas del prototipo en condiciones de trabajo reales



⇒ Medidas con el prototipo Sniffdrone **en vuelo en tiempo real** vs valores obtenidos en laboratorio con un panel humano

⇒ **Plano interpolado de concentración de olor obtenido** en vuelo a 1m/s y un valor de concentración de olor cada 5s (Natural neighbour interpolator)





03 PRINCIPALES RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Principales resultados y conclusiones

Es factible el mapeo basado en drones de la concentración de olores en tiempo real en las EDAR con una precisión ligeramente peor que el método de referencia

- ❑ *Burgués, J.; Esclapez, M.D.; Doñate, S.; Pastor, L.; Marco, S. Aerial Mapping of Odorous Gases in a Wastewater Treatment Plant Using a Small Drone. Remote Sens. 2021, 13, 1757*
- ❑ *Burgués, J.; Esclapez, M.D; Doñate, S.; Marco. S. RHINOS: A lightweight portable electronic nose for real-time odour quantification in wastewater treatment plants, iSCIENCE, 2021, 24, 12*
- ❑ *Burgués, J.; Esclapez, M.D; Doñate, S.; Saúco L; Marco S. Characterization of odour emissions in a wastewater treatment plant using a drone-based chemical sensor system, STOTEN, 846, 24, 12, 2022*
- ❑ *European Patent Presented: EP21382389.1*

SNIFFIRDRONE

- ❑ Mejoras en el tiempo de respuesta
- ❑ Especificaciones y requisitos de recalibración
- ❑ Versatilidad del prototipo para diversas instalaciones
- ❑ Ampliación a monitorización de GHGs



¡Gracias!

María Deseada Esclapez Vicente
desi.esclapez@dam-aguas.es

