



*Programas de Actividades de I + D  
entre grupos de investigación  
de la Comunidad de Madrid  
en Tecnologías 2018*

# **AIRTEC-CM**

## **EVALUACIÓN INTEGRAL DE LA CALIDAD DEL AIRE URBANO Y CAMBIO CLIMÁTICO**

Avances en las técnicas de medición de la calidad del aire

### **WORKSHOP FINAL**

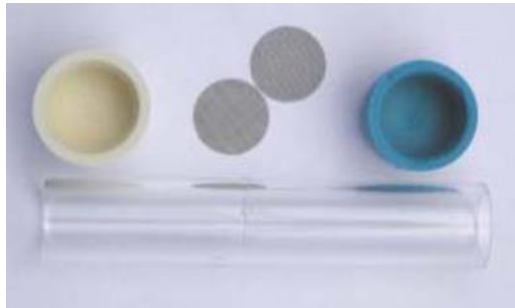
12 Mayo 2023, ETSII, Madrid / zoom

# Avance en las técnicas de medición de la calidad del aire

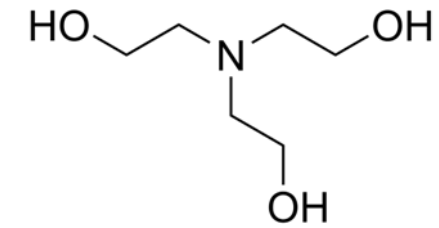
- 1. Tubos de pasivos para la medida de la calidad del aire**
- 2. Analizadores basados en sensores de bajo coste**
- 3. Uso de drones para la medida de la calidad del aire**

## 1. Tubos de pasivos para la medida de la calidad del aire

- Preparación de los tubos

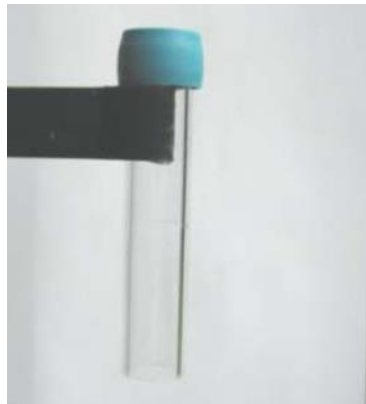


Absorbente:  
20% TEA/80% H<sub>2</sub>O

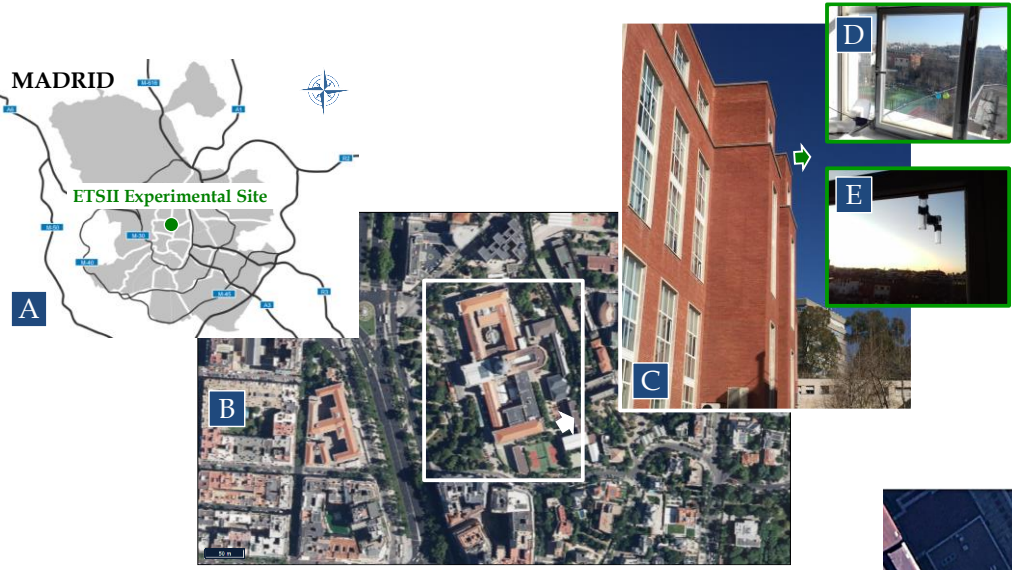


Trietanolamina (TEA)

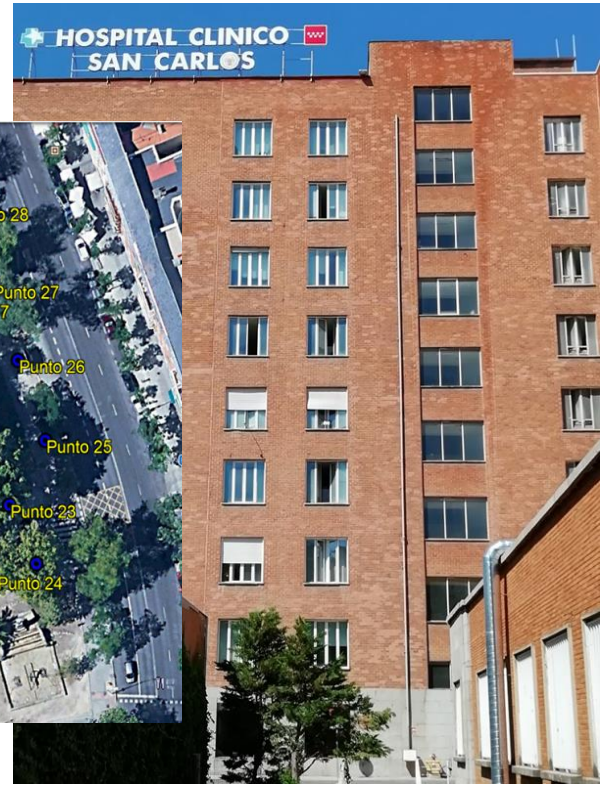
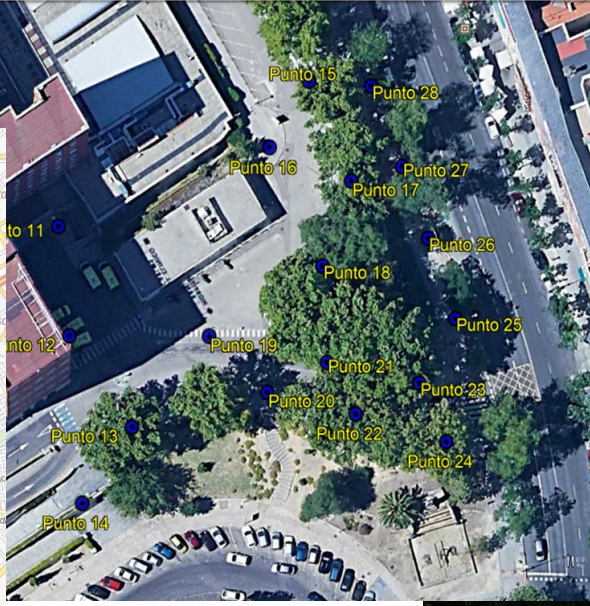
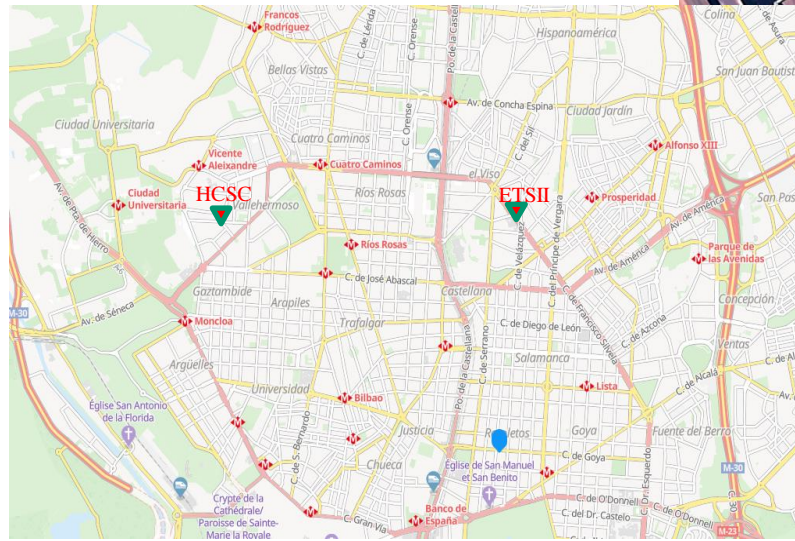
- Exposición de los tubos a la atmósfera



# 1. Tubos de pasivos para la medida de la calidad del aire

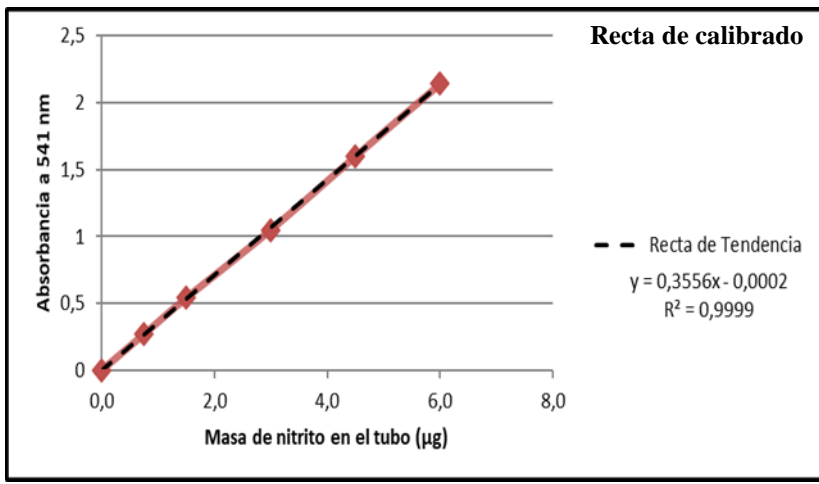
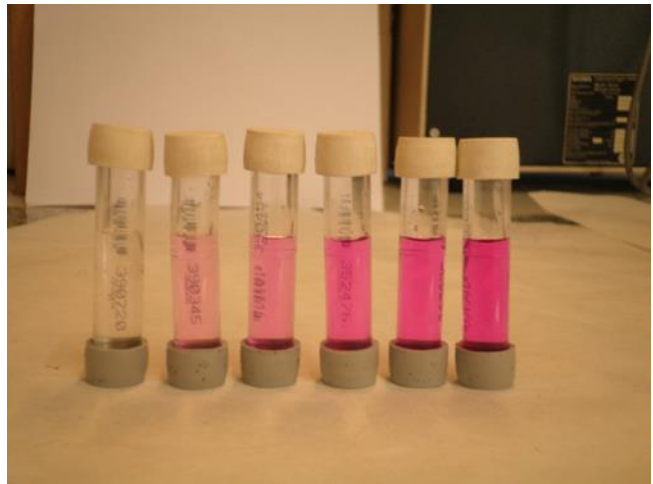
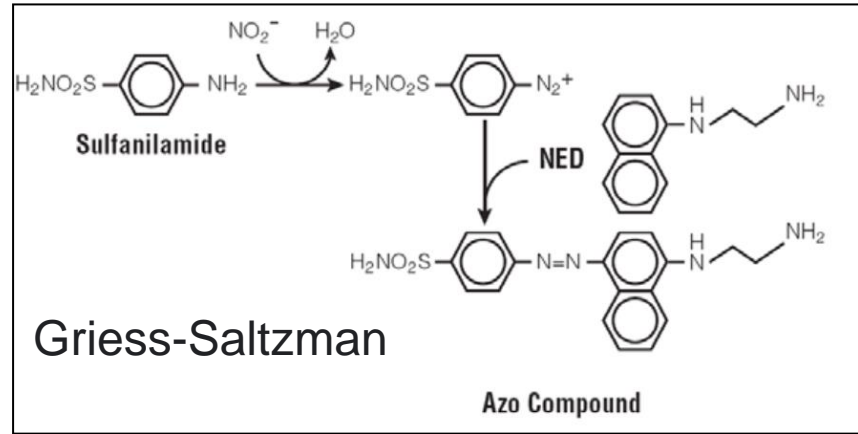


Campañas	Fechas
Campaña Invierno ETSII	10-17 y 17-26/02/2020
Campaña Verano HCSC	22/06-01/07 y 01-09/07/2020
Campaña Invierno HCSC	08/02 al 01/03/2021
Campaña Verano ETSII	12-21/06; 21-28/06 y 28/06-06/07/2021



# 1. Tubos de pasivos para la medida de la calidad del aire

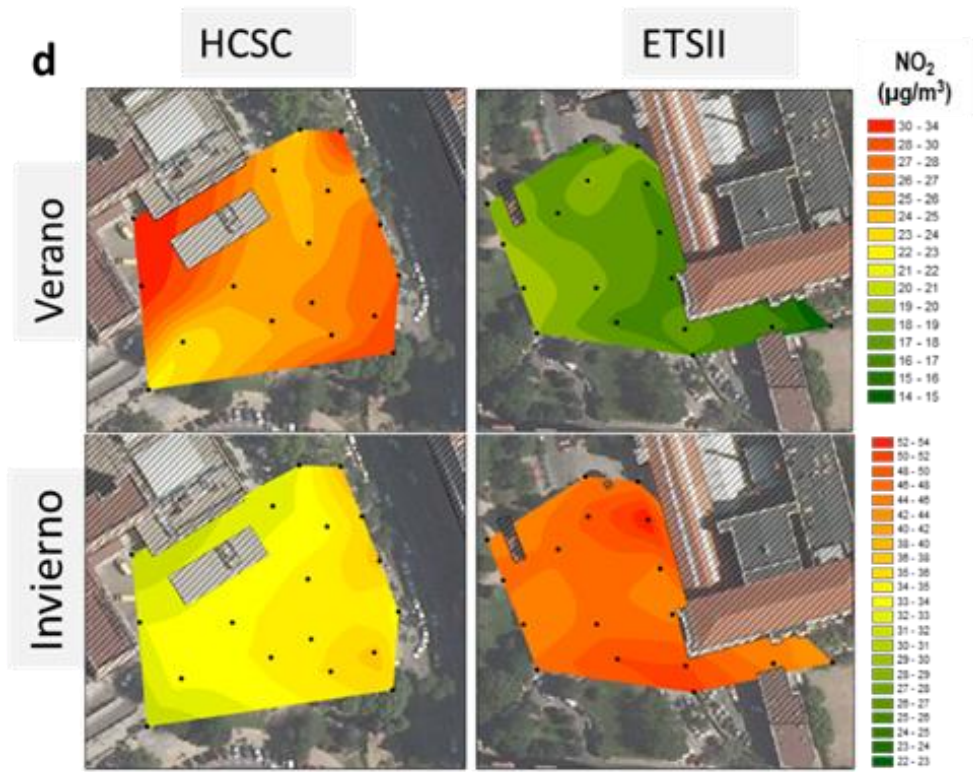
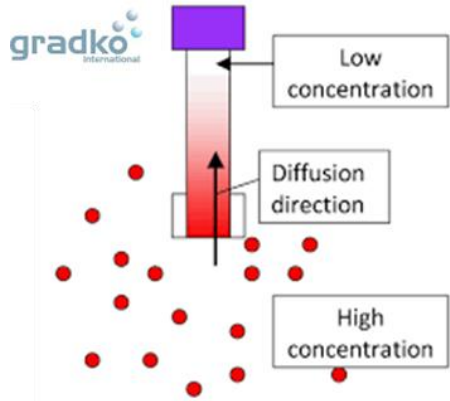
- Análisis de los tubos por espectrofotometría visible



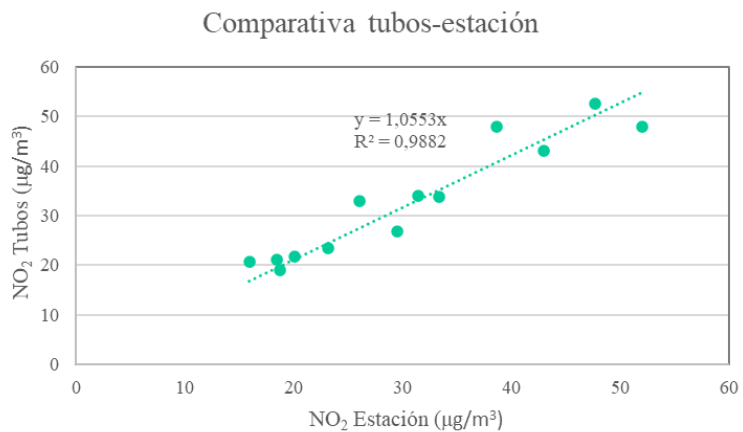
Diffusion Tubes for Ambient NO<sub>2</sub> Monitoring: Practical Guidance for Laboratories and Users Report to Defra and the Devolved Administrations ED48673043 Issue 1a. (2008).

# 1. Tubos de pasivos para la medida de la calidad del aire

- Cálculo de las concentraciones de NO<sub>2</sub> en el aire



$$C \left( \frac{\mu\text{g}}{\text{m}^3} \right) = \frac{m \cdot l}{D_{12} \cdot A \cdot t}$$

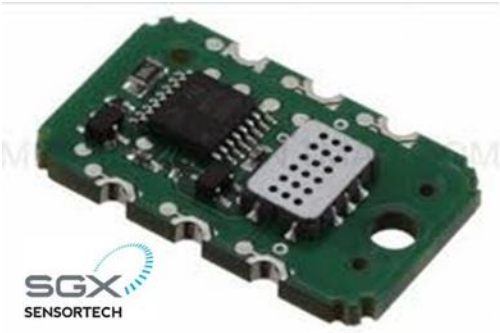
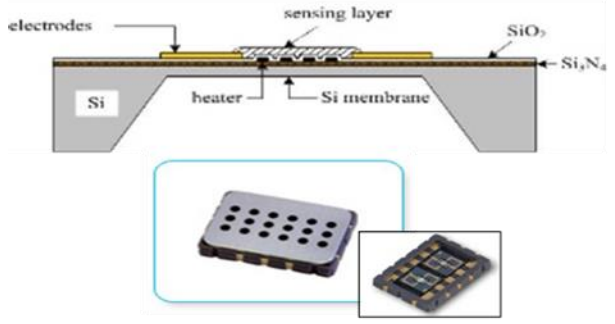


## 1. Tubos de pasivos para la medida de la calidad del aire

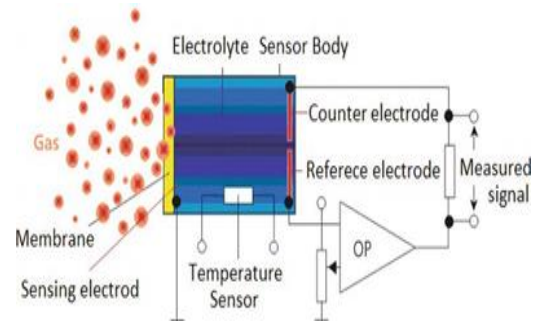
- Conclusiones del uso de tubos pasivos tipo Palmes
- Es un método económico que permite el despliegue de un gran número de captadores para conocer la distribución de contaminantes en zonas amplias.
- Permiten establecer gradientes de concentración en las zonas de estudio y detectar puntos calientes
- Proporcionan medidas fiables aun reduciendo los tiempos de exposición a una semana
- Los tubos pasivos pueden emplearse como método indicativo para la medida de la calidad del aire pues proporcionan resultados dentro del  $\pm 25\%$  que indica la Directiva.
- Dan valores de concentración promedio durante el tiempo que han estado expuestos a la atmósfera por ello son útiles para estudiar la exposición crónica de la población.
- Se han empleado para establecer *Ratios outdoor/indoor* complementarios a los obtenidos con instrumentos de referencia

## 2. Analizadores de bajo coste

- Sensores de estado sólido



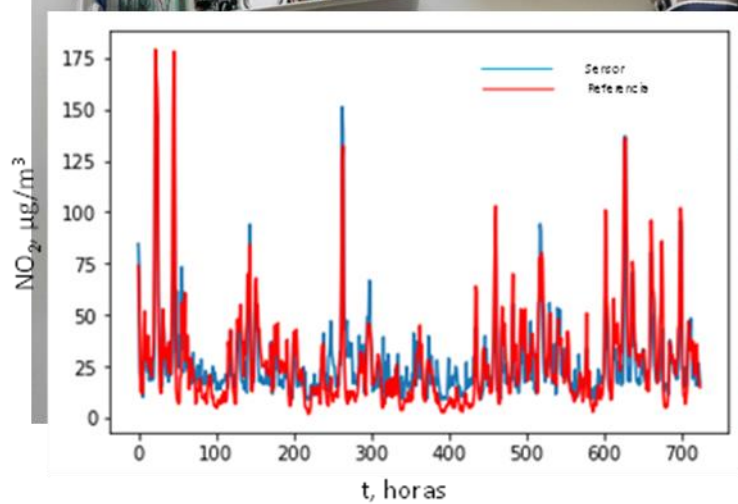
- Sensores electroquímicos





## 2. Analizadores de bajo coste

- Equipos empleados en el proyecto



**kunak**<sup>®</sup>  
SENSING ANYWHERE

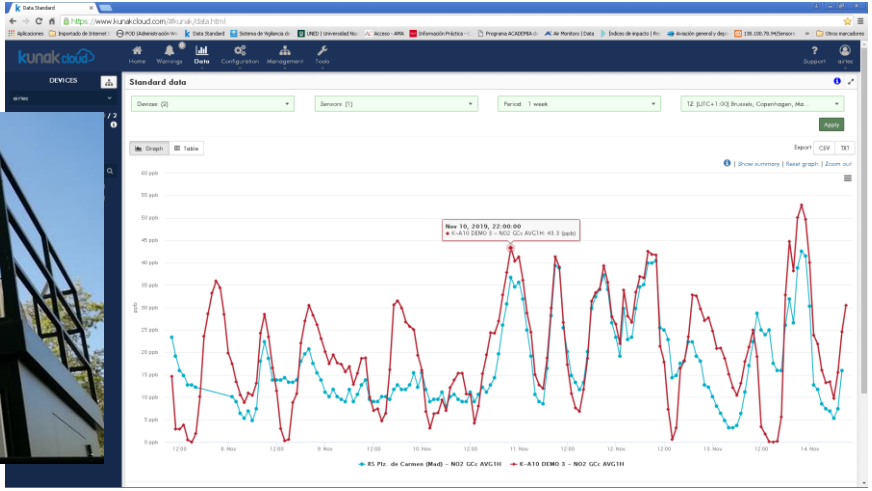


KUNAK AIR KA10

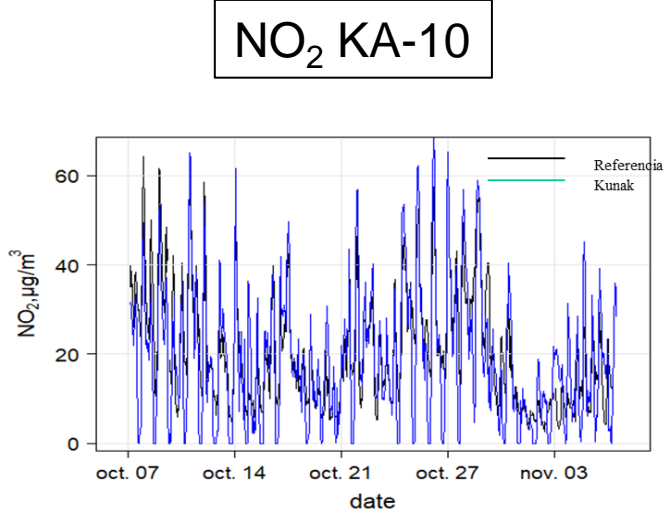
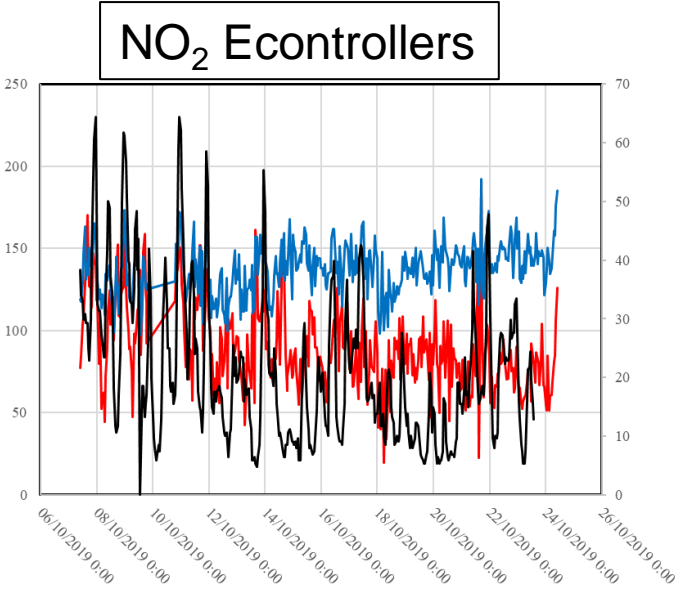


## 2. Analizadores de bajo coste

- Colocación en la Estación de Calidad del Aire de Plaza del Carmen

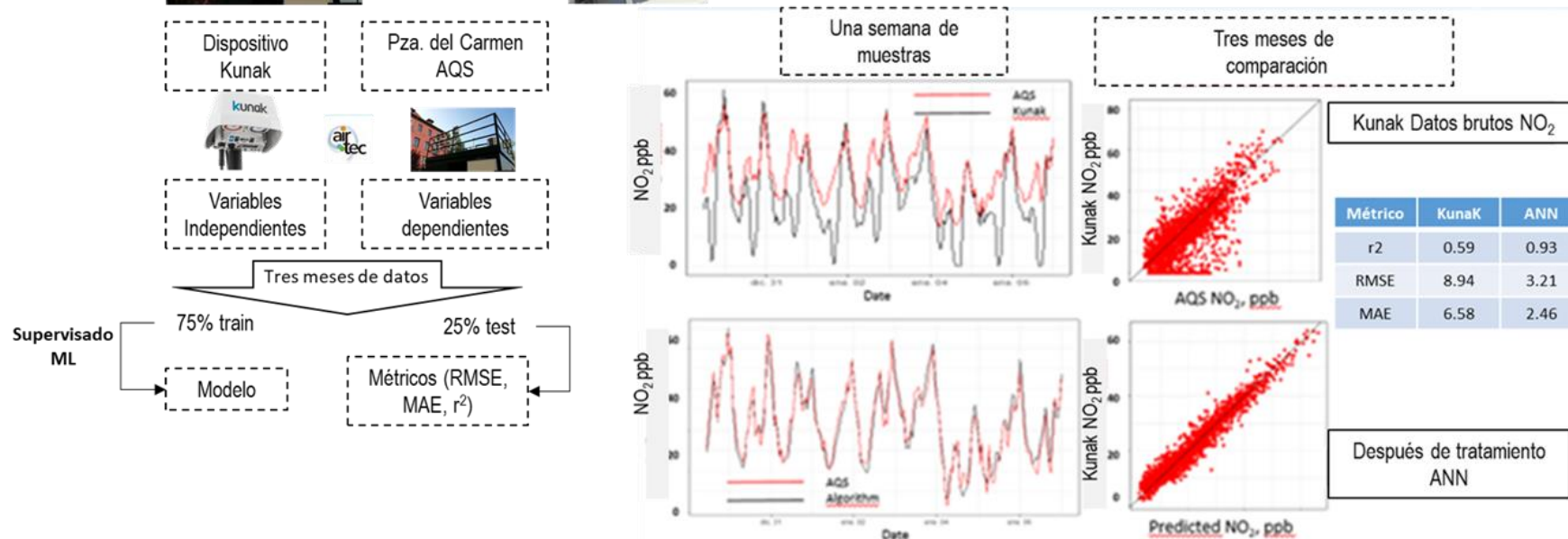
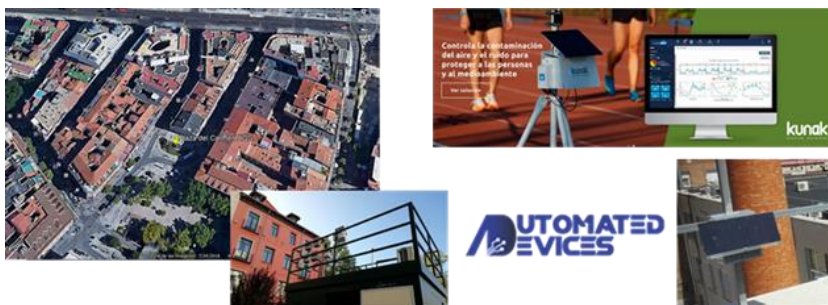


Device ID	Time	Temperature	Humidity	Atm Pressure	O3	NO2	MICS	PM
3	2023-03-21 05:26:03	38	6	93876	84	12	10023	0
4	2023-03-21 05:20:50	18	32	93894	24	42	70399	0
1	2023-03-21 05:13:06	21	28	93914	104	103	36767	0
5	2023-03-21 05:05:19	18	28	93789	334	39	48825	0
3	2023-03-21 04:55:56	36	8	93896	79	15	10542	0
4	2023-03-21 04:50:42	18	32	93901	42	43	70589	0
1	2023-03-21 04:42:57	21	27	93910	85	95	35492	0
5	2023-03-21 04:35:10	18	30	93817	3375	25	49104	0
3	2023-03-21 04:25:48	32	10	93875	79	18	90471	0
4	2023-03-21 04:20:35	17	32	93876	33	29	72335	0
1	2023-03-21 04:12:50	21	27	93883	89	107	36959	0
5	2023-03-21 04:05:05	17	31	93790	3335	32	50653	0
3	2023-03-21 03:55:42	26	14	93857	88	18	68725	0
4	2023-03-21 03:50:29	17	33	93856	6	42	69461	0
1	2023-03-21 03:42:41	23	25	93874	91	83	36843	0
5	2023-03-21 03:34:55	17	31	93823	3313	21	48327	0
3	2023-03-21 03:25:33	20	20	93879	52	12	54868	0
4	2023-03-21 03:20:22	17	33	93872	12	30	72731	0
1	2023-03-21 03:12:28	22	28	93902	97	91	37036	0
5	2023-03-21 03:04:47	17	31	93800	3365	28	49500	0
3	2023-03-21 02:55:26	17	23	93893	69	11	51006	0
4	2023-03-21 02:50:14	17	33	93870	32	16	72632	0
1	2023-03-21 02:42:19	19	32	93871	83	107	34026	0
5	2023-03-21 02:34:39	17	31	93810	3337	26	46981	0
3	2023-03-21 02:25:21	12	32	93869	58	16	42488	0
4	2023-03-21 02:20:08	17	33	93852	36	32	69461	0
1	2023-03-21 02:12:10	17	36	93861	88	90	32666	0
5	2023-03-21 02:04:31	16	31	93769	3348	27	48769	0
3	2023-03-21 01:55:13	17	38	93861	73	15	35935	0
4	2023-03-21 01:50:00	17	32	93824	26	38	70305	0
1	2023-03-21 01:42:00	16	37	93842	103	116	32140	0



## 2. Analizadores de bajo coste

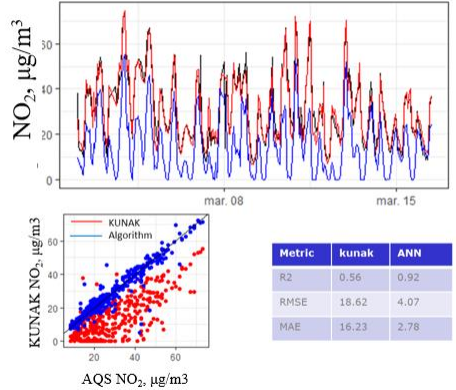
- Algoritmos de Aprendizaje Automático para la calibración de los analizadores



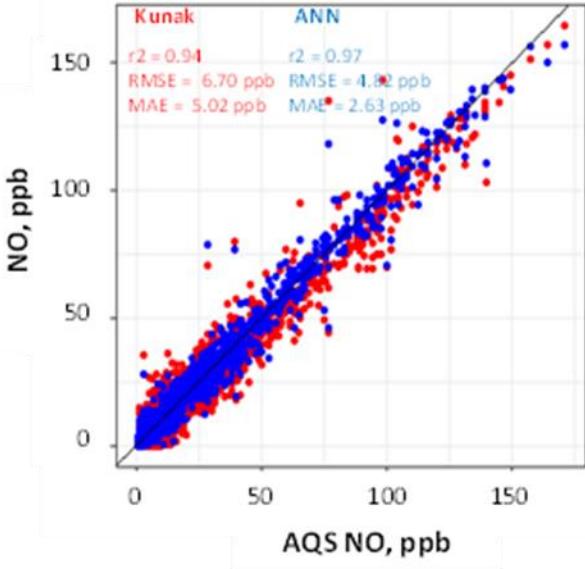
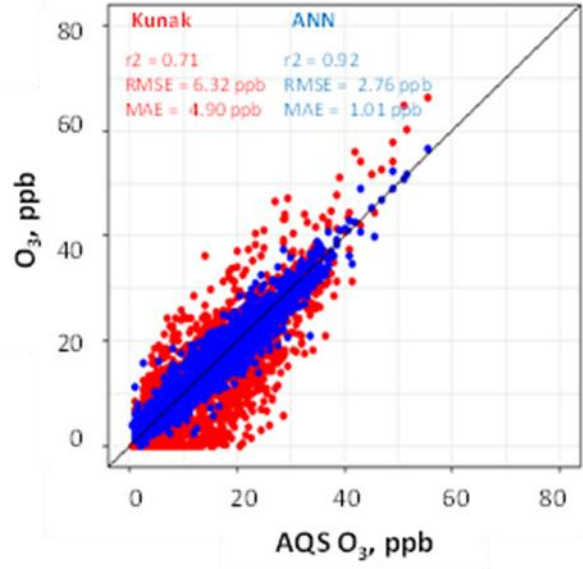
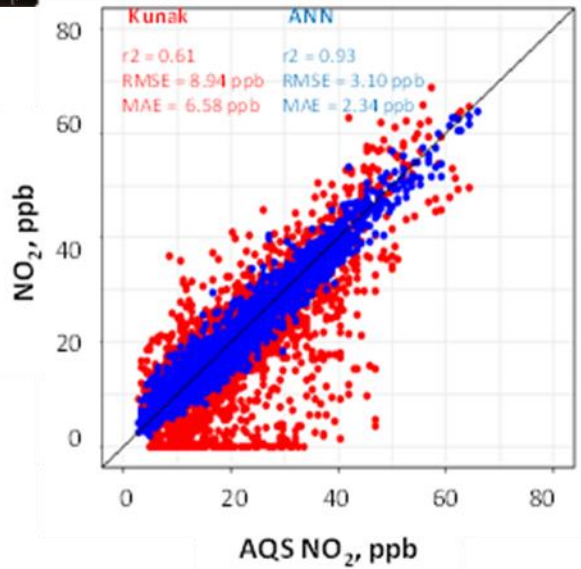
## 2. Analizadores de bajo coste

- Algoritmos de Aprendizaje Automático para la calibración de los analizadores

Del 1 al 16 de marzo de 2021

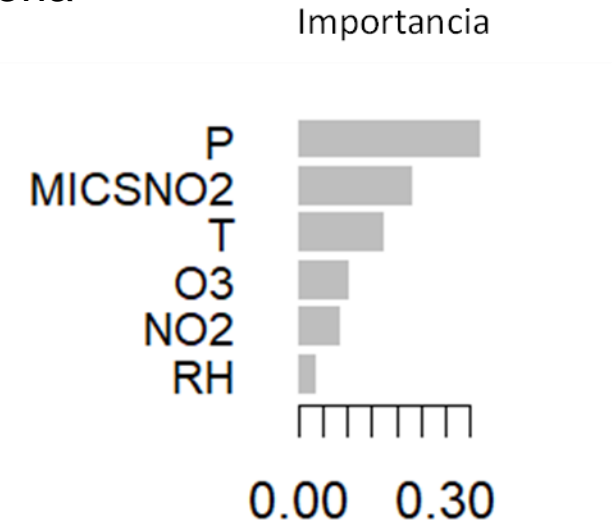
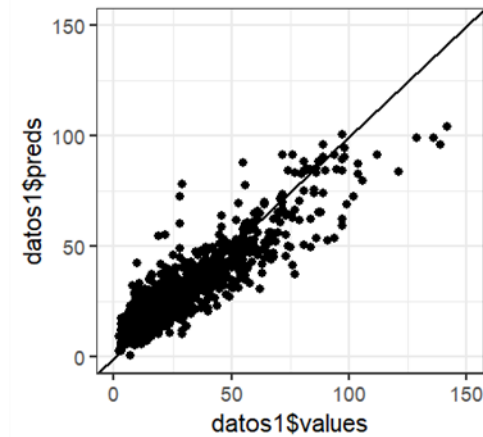


- Colocación en la Estación Móvil del Ayuntamiento de Madrid



## 2. Analizadores de bajo coste

- Algoritmos de Aprendizaje Automático para la calibración de los analizadores
  - Colocación en la Estación de Calidad del Aire de Arturo Soria



$R^2$	RMSE	MAE
0.95±0.02	5.44±1.98	3.03±0.76

## 2. Analizadores de bajo coste

### Conclusiones

- Los sensores muestran sensibilidad cruzada y su señal depende tanto de la presencia de otros contaminantes como de las condiciones atmosféricas de temperatura y humedad relativa del aire.
- Con el tratamiento adecuado de las señales, los sensores de bajo coste pueden ser una buena alternativa (métodos indicadores) a las estaciones de calidad del aire en las que se utilizan analizadores de referencia más costosos.
- Las técnicas de aprendizaje automático supervisado (*machine learning*), como Redes Neuronales (ANN), Random Forests, Support Vector Machines, XGBoost, aplicadas a la regresión no paramétrica han demostrado su validez para ajustar las respuestas de los sensores de bajo coste.
- Serán muy útiles cuando se requiera mapear zonas con alta resolución espacial y temporal.
- Se pretende continuar con la aplicación de estas técnicas en el desarrollo de redes ancladas de analizadores de bajo coste

### 3. Uso de drones para la medida de la calidad del aire

#### Aspectos legales:

- Categoría abierta, de riesgo mínimo (A1, A2 y A3)
  - Necesidad de un piloto, una operadora y un seguro
  - MOFW 25Kgr., altura máxima 120 m., VLOS ( $\approx$ 500m)
  - Sin poner en peligro a personas y edificios
- Categoría específica, de riesgo medio. Se necesita una de:
  - autorización operacional AESA
  - declaración de operación en escenario estándar
  - un certificado de operador de UAS ligeros (LUC)



### 3. Uso de drones para la medida de la calidad del aire

Drone utilizado:



DJI Matrice 210

Especificaciones:

Tamaño: 887×880×378 mm

Peso con baterías: 4.57kg

Carga de pago 1.57kg

Velocidad de subida máxima 5 m/s

Velocidad máxima 17 m/s

Velocidad máxima del viento 10m/s

Tiempo máximo plena carga 24 min

Temperatura de trabajo -20° to 45° C

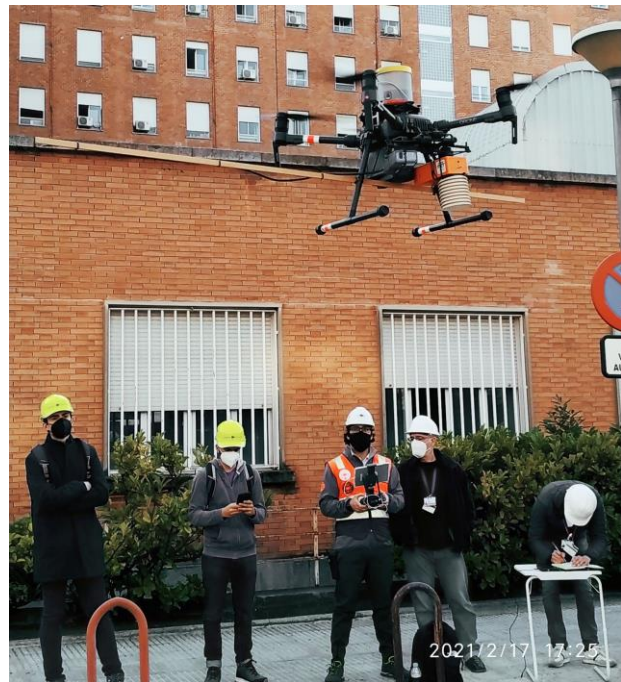
Protección: IP43



### 3. Uso de drones para la medida de la calidad del aire

#### Sitios de vuelo:

- Hospital Clínico San Carlos (distrito Moncloa)  
17/02/2021



### 3. Uso de drones para la medida de la calidad del aire

Sitios de vuelo:

- ETSII (Av. Castellana) 22/06/21



### 3. Uso de drones para la medida de la calidad del aire

Sitios de vuelo:

3.- Aeródromo de Valdelaguna (20/01/2023)

Sensor: Econtroller de Automated Devices

