



# Calidad de aire en Uruguay y técnicas de monitoreo

11 de Agosto de 2023

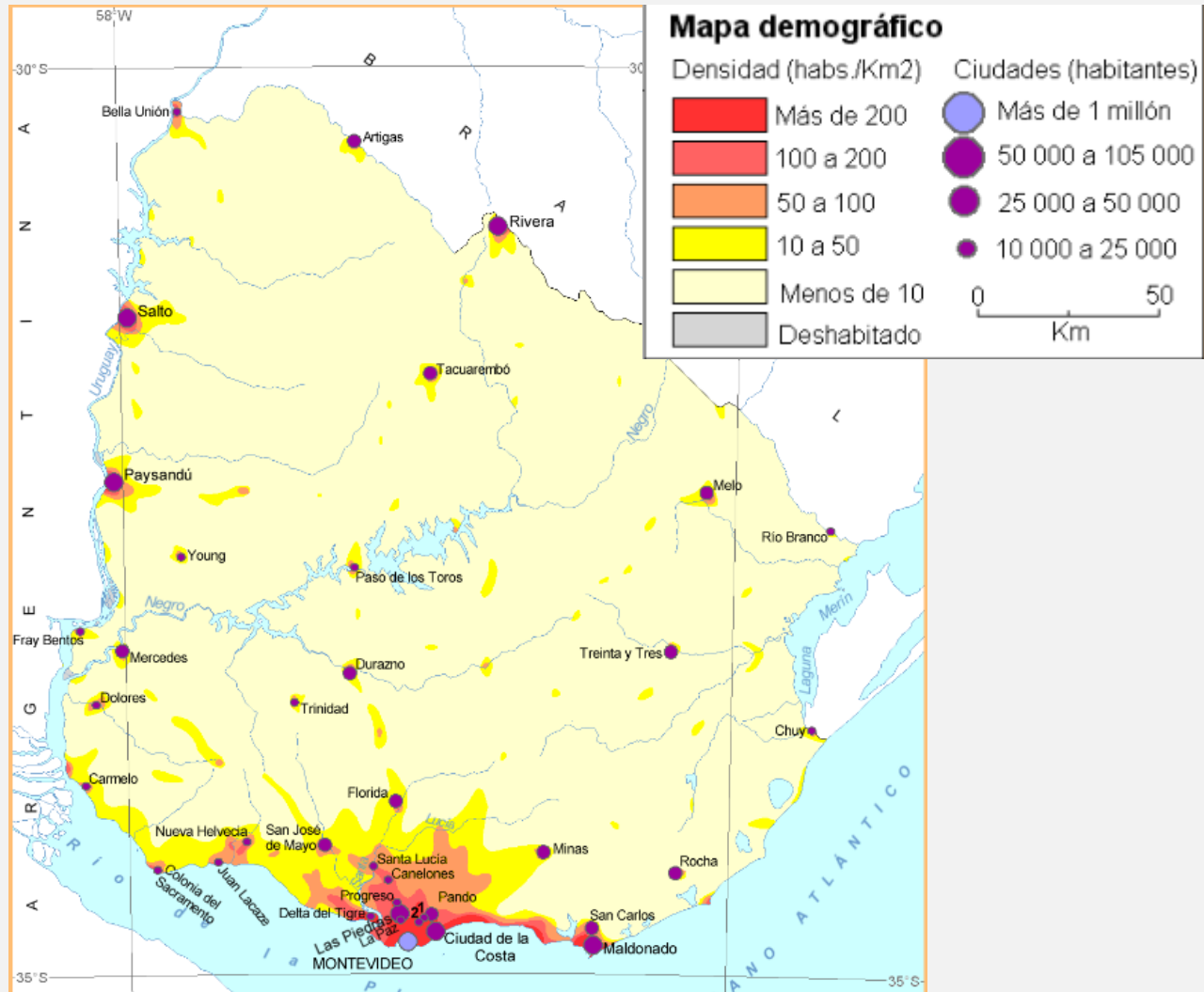
Ing. Civil H/A Carlos De María  
Mg. Javiera Salas

DIAIRE 2023

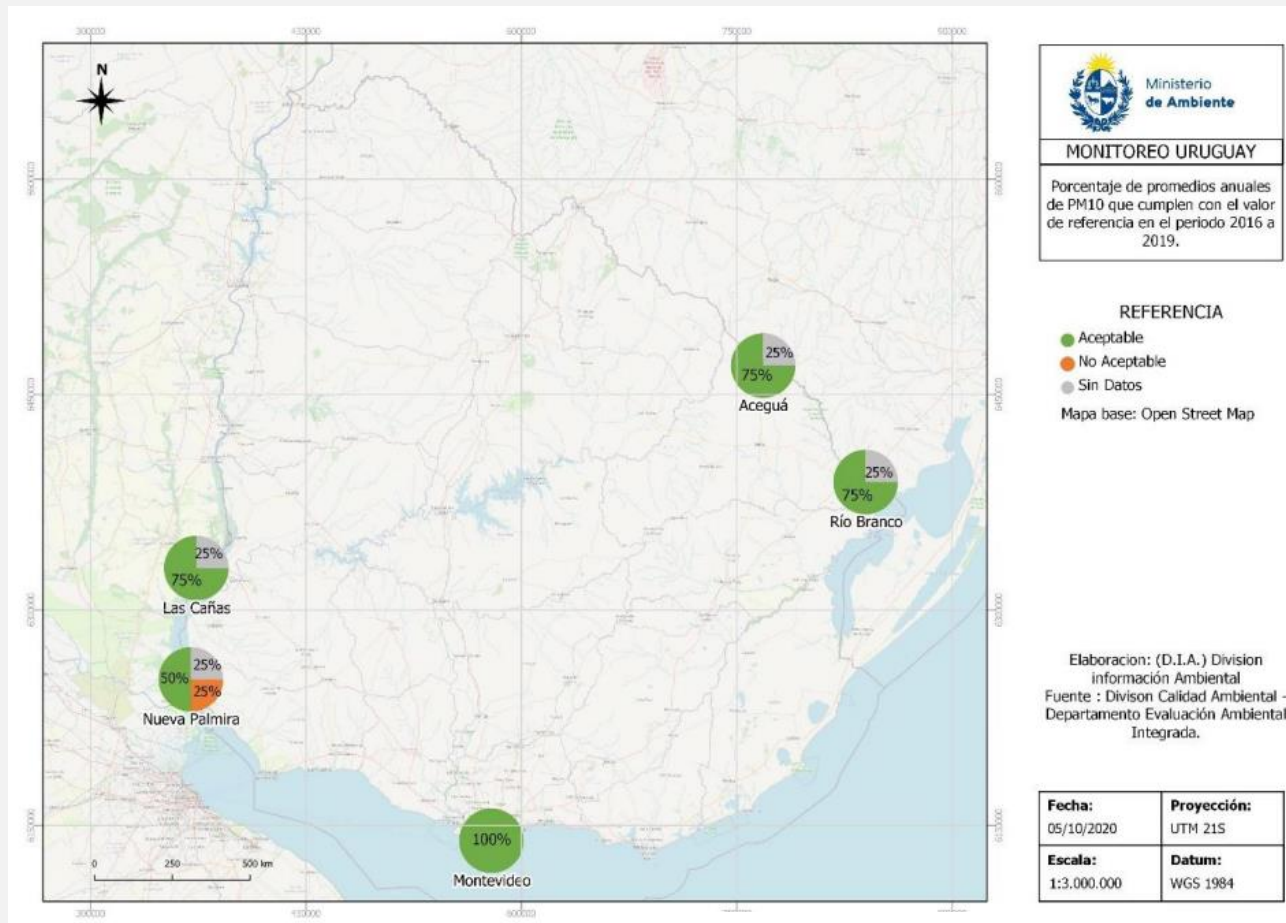
Monitoreo y vigilancia de la contaminación atmosférica con tecnologías alternativas



# Uruguay



# Calidad del aire – Ministerio de Ambiente

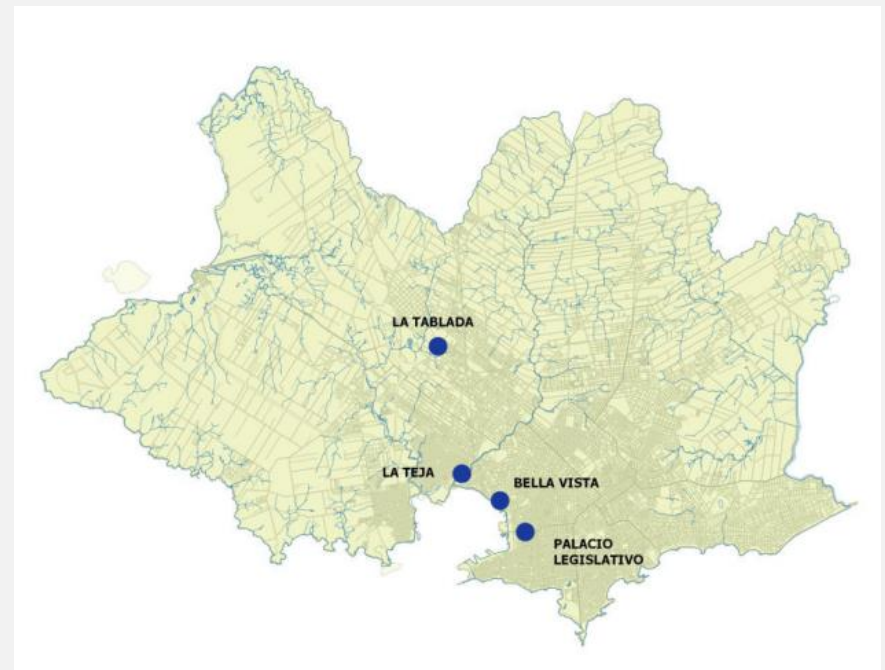


Fuente: Informe del Estado del Ambiente 2020, MA.

[https://www.ambiente.gub.uy/oan/documentos/DCA\\_Informe\\_del\\_Estado\\_del\\_Ambiente\\_2020.pdf](https://www.ambiente.gub.uy/oan/documentos/DCA_Informe_del_Estado_del_Ambiente_2020.pdf)

Ciudad/parámetro	PM10	PM2.5	NOx	SO <sub>2</sub>	CO	O3
<b>Montevideo</b>	X	X	X	X	X	
<b>Río Branco</b>	X					
<b>Aceguá</b>	X		X	X		
<b>Nueva Palmira</b>	X					
<b>Las Cañas</b>	X			X		X

# Calidad de aire – Intendencia de Montevideo



Fuente: Informe de calidad de aire, Año 2018; IdM.

# Equipos de monitoreo



Estación	Ubicación	Red	Tipo de monitores
Ciudad Vieja	Camacúa y Reconquista	Base	Manual
	Rincón y Juan C. Gómez	Base	Automático
Tres Cruces	8 de octubre y Bvar. Artigas	Base	Automático
Curva de Maroñas	8 de octubre y Marcos Sastre	Base	Automático
Portones de Carrasco	Av. Italia y Bolivia	Base	Manual
Colón	Av. E. Garzón y Cno. C. Colman	Base	Automático y manual

Fuente:

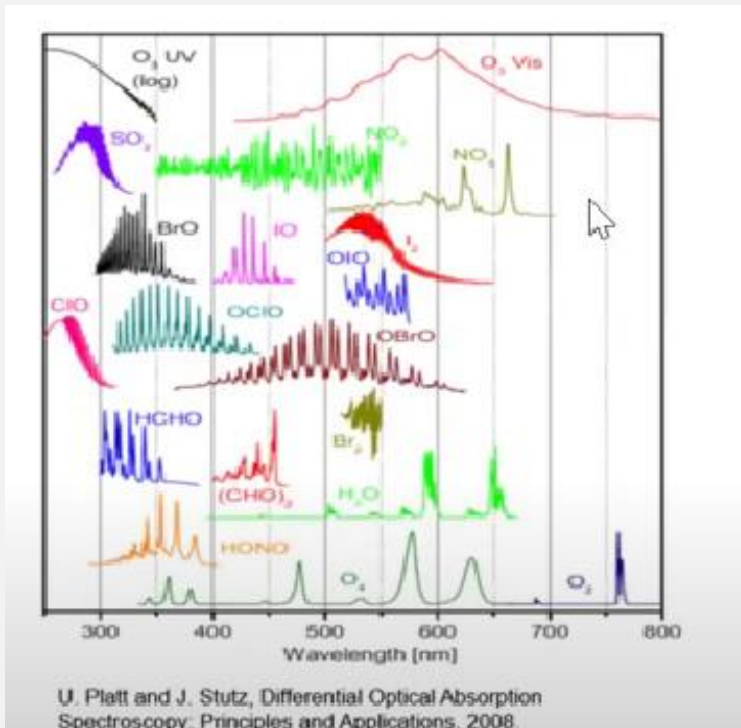


<https://ambiental.montevideo.gub.uy/calidad-del-aire-0>



# Facultad de Ingeniería (UDELAR)

## Instituto de Física: Desarrollo de métodos ópticos para el monitoreo remoto de la atmósfera



### Instrumentos de medición remota



**Multi AXis-DOAS**

Detecta y cuantifica gases traza presentes en la atmósfera



**Cámaras UV**

Visualización de emisiones de SO<sub>2</sub>



**Cimel AERONET-NASA**

Determinación de la columna de aerosoles y sus características

Fuente: Dra. Erna Frins, webinario DICAIRE Uruguay 2022

# Instituto de Física - Monitoreo remoto por métodos ópticos

Atmospheric Environment 98 (2014) 347–356

Contents lists available at ScienceDirect

Atmospheric Environment

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/atmosenv](http://www.elsevier.com/locate/atmosenv)



## Scanning and mobile multi-axis DOAS measurements of SO<sub>2</sub> and NO<sub>2</sub> emissions from an electric power plant in Montevideo, Uruguay

E. Frins <sup>a,\*</sup>, N. Bobrowski <sup>b</sup>, M. Osorio <sup>a</sup>, N. Casaballe <sup>a</sup>, G. Belsterli <sup>a</sup>, T. Wagner <sup>c</sup>, U. Platt <sup>b</sup>

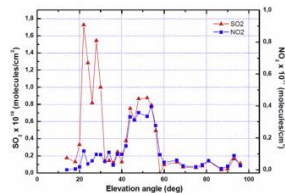
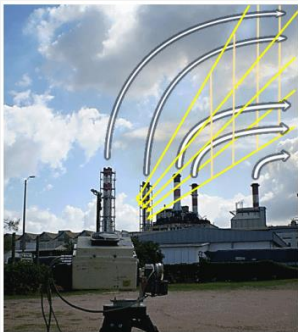
<sup>a</sup> Instituto de Física, Facultad de Ingeniería, Universidad de la República, Julio Herrera y Reissig 565, Montevideo, Uruguay

<sup>b</sup> Institut für Umweltphysik, Universität Heidelberg, Im Neuenheimer Feld 229, 69120 Heidelberg, Germany

<sup>c</sup> Max-Planck Institut für Chemie, 55128 Mainz, Germany



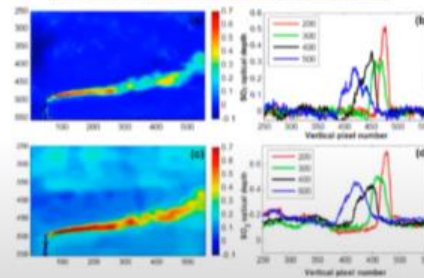
<https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2014.03.069>



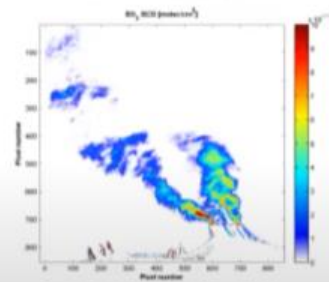
<https://hdl.handle.net/20.500.12008/19438>

## Visualización y cuantificación de emisiones de SO<sub>2</sub>

Emisiones de una refinera



Emisiones de crucero



<https://hdl.handle.net/20.500.12008/5210>

# Sensores “portátiles”



Article

## Associations between Environmental Exposure, Urban Environment Parameters and Meteorological Conditions, during Active Travel in Montevideo, Uruguay

Mauro D'Angelo <sup>1,\*</sup>, Ignacio Franchi <sup>1</sup>, Valentina Colistro <sup>2</sup>, Ana Clara Vera <sup>3</sup>, Alicia Aleman <sup>4</sup> and Elizabeth González <sup>1</sup>

<https://www.mdpi.com/2071-1050/15/4/2999>

### Trabajo de campo

Equipos de medición y registros

**Garmin Edge 1030 Bundle Plus:**

- Valores por segundo: latitud, longitud, altura, distancia recorrida, velocidad, frecuencia cardíaca
- Cálculos: ventilación corporal, pendiente del terreno

No compatible con marcapasos

**Aeroqual Series 500:**

- Valores por minuto: concentración de PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> y NO<sub>2</sub>

**RKI GX-2009:**

- Valores cada 10 segundos: concentración de CO

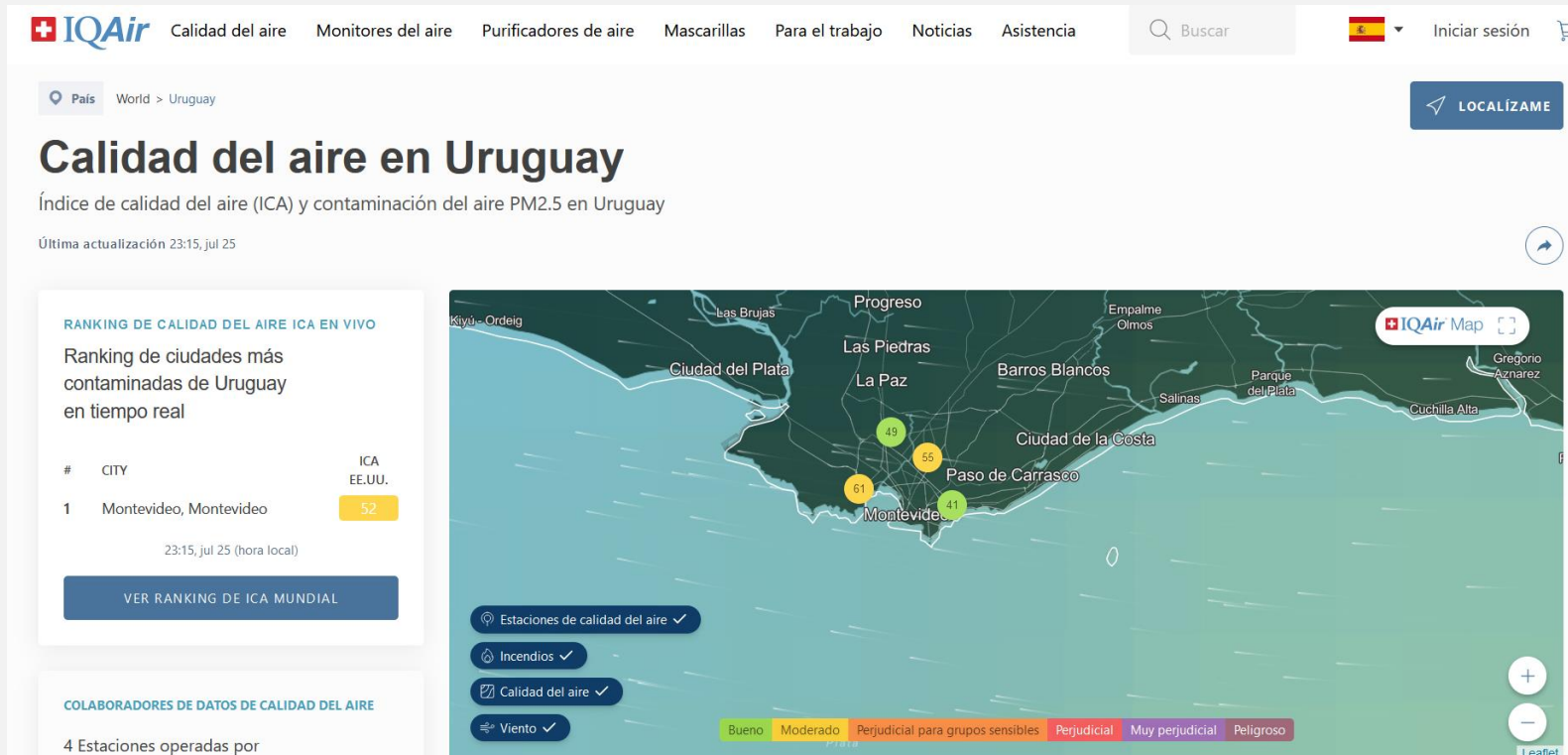
**Pulsar NoisePen:**

- Valores por segundo: nivel de presión sonora



# Sensores “comunitarios”

Estudio de influencia de humedad en mediciones de PM<sub>2,5</sub> en monitores comunitarios. Uso de datos provistos por sensores IQAir - AirVisual Outdoor, proyecto “Aires Nuevos para la Primera Infancia”. Fuente: [https://www.aiu.org.uy/\\_files/ugd/989f95\\_0a0c70cd3b694466aa153fdae98fe08c.pdf](https://www.aiu.org.uy/_files/ugd/989f95_0a0c70cd3b694466aa153fdae98fe08c.pdf)




# Técnicas de monitoreo

## Decreto 135/021 – “Reglamento de Calidad de Aire”

**Artículo 6° (Guías).** La Dirección Nacional de Medio Ambiente elaborará guías, protocolos o instructivos para la evaluación de la calidad del aire, incluyendo las metodologías de monitoreo, ubicación e instalación de estaciones, programas de aseguramiento y control de calidad de las mediciones, criterios de evaluación y tratamiento de datos y sistemas de transmisión de datos, entre otros.

Desde junio de 2023, se cuenta con la guía titulada “Lineamientos para evaluar el desempeño en campo de sensores de bajo costo para el monitoreo de calidad de aire”, disponible en la web del MA, en proceso de validación.

 <p>Ministerio de Ambiente</p>	<p><b>Guía:</b></p> <p><b>Lineamientos para evaluar el desempeño en campo de sensores para el monitoreo de calidad de aire</b></p>	<p><b>DCA 07</b></p> <p><b>V.1</b></p> <p><b>Página 1 de 16</b></p>
---	--	---

# Evaluación de sensores de bajo costo: Nodos Bettair

---

En el año 2021 comienza la experiencia con tecnologías de bajo costo. En base a un acuerdo estratégico con una empresa internacional, DATA Montioreo adquiere un nodo multiparámetro y comienza un proceso de pruebas similar al definido en la guía que se encuentra en elaboración, por parte de la autoridad ambiental.



# Evaluación de sensores de bajo costo: Nodos Bettair

## Nodos Bettair-Características de la unidad

- **Alimentación:** Dispone de batería con autonomía de 72 horas y alimentación con fuente externa o panel solar.
- **Gestión de Datos:**
  - Dispone memoria interna para almacenamiento de datos.
  - Conexión GPRS con transmisión de datos en tiempo real a la nube.
  - Los datos pueden ser importados en planillas Excel.
- **Funcionalidad:** Dispone de sistema de encendido/apagado mediante se realiza el reinicio del nodo.
- Las unidades de medición cuentan con dos componentes principales: unidad global y modulo de sensores
- Los nodos Bettair cuentan con el siguiente equipamiento:
  - Modulo de comunicaciones GPRS.
  - Cartucho para la medición de gases NO, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> y CO.
  - Sensor de medición óptico para PM2,5 y calcula PM1-PM10.
  - Medición de variables climáticas de presión, humedad y temperatura.
  - Sensor de medición de ruido ambiental.



## Características de fabricación

- Software de procesamiento de datos exclusivo desarrollado por Bettair®.
- La fabricación actual se realiza bajo certificaciones de la Unión Europea.
- Se encuentran en fase de elaboración, normas europeas por el CEN, Grupo de trabajo WG42 (CEN/TC 264 WG42) para testear y clasificar los sensores de “bajo coste”.



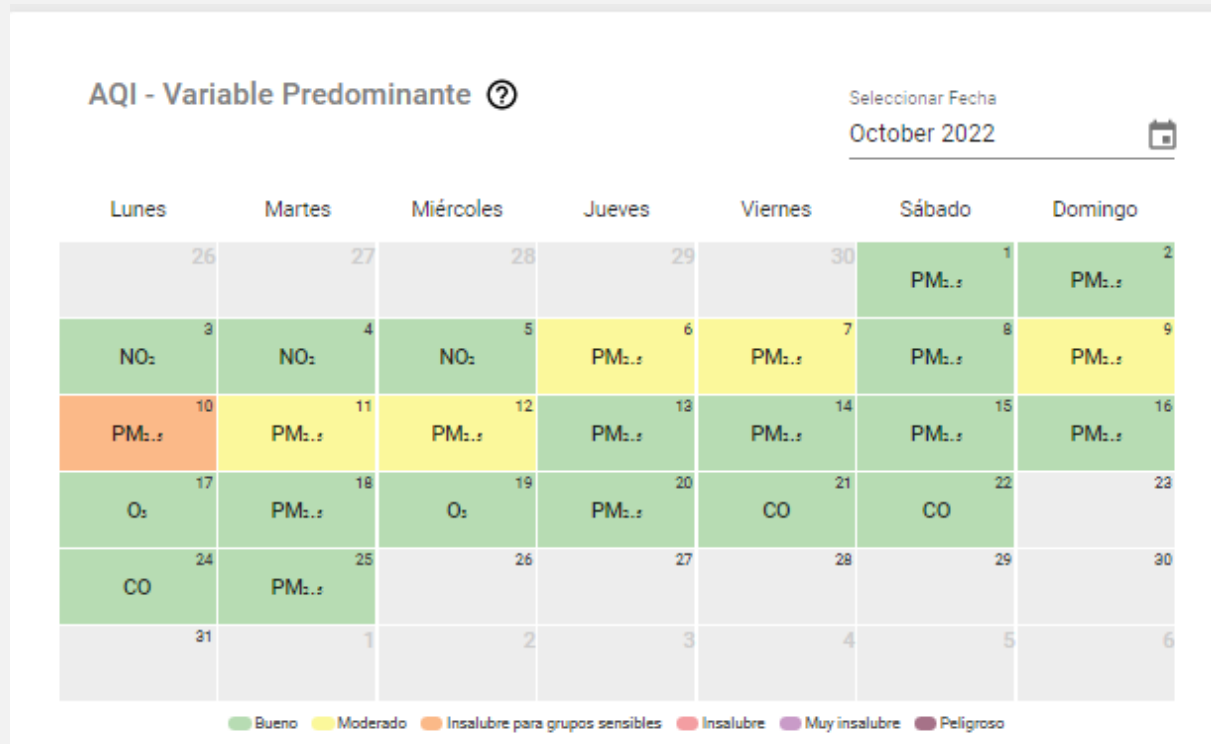
# Evaluación de sensores de bajo costo: Nodos Bettair

## Plataforma Bettair:

El nodo permite realizar el seguimiento en línea de los gases en tiempo real y ver la tendencia histórica durante el periodo seleccionado.

Permite graficar valores medios y máximos de contaminantes

Visualizar parámetro predominante por día.





# Evaluación de sensores de bajo costo: Nodos Bettair

---

## Antecedentes Internacionales

La empresa Bettair cuenta con un desarrollo tecnológico de varios años y viene realizando estudios inter-comparativos con estaciones de referencia desde el año 2017.

Se destacan los siguientes estudios:

- Estudio de inter-comparación de nodos Bettair en la estación de monitoreo de la Universidad de Cambridge - Universidad de Cambridge UK, Setiembre de 2021.
- Estudio de SGS, de inter-comparación de 2 unidades de monitorización BETTAIR en relación con la unidad móvil de la diputación de Barcelona, 1 al 15/12/2021.
- Estudio de SGS, de inter-comparación de 2 unidades de monitorización BETTAIR en relación con la unidad móvil de la diputación de Barcelona, 16/12/2021 al 01/01/2022.



# Evaluación de sensores de bajo costo: Nodos Bettair

---

La empresa DATA MONITOREO en el año 2022 instaló su nodo Bettair en dos estaciones distintas.

- Intendencia de Montevideo. Estación de monitoreo de calidad de aire Tres Cruces. (febrero 2022).
- Línea de base del proyecto UPM II en la estación Centenario. (abril-juno 2022).

# Evaluación de sensores de bajo costo: Nodos Bettair

## Estación Tres Cruces

- Se trata de la primera serie de mediciones comparativas con equipo de referencia en Uruguay.
- Primer ensayo de co-localización con estaciones FRM/FEM.
- Permitió tener una perspectiva del comportamiento de los contaminantes presentes en áreas urbanas.
- Se obtuvieron datos de contaminantes en distintas franjas horarias con sus respectivas dinámicas.
- El periodo de medición corresponde entre el 01 al 28 de febrero 2022.





# Evaluación de sensores de bajo costo: Nodos Bettair

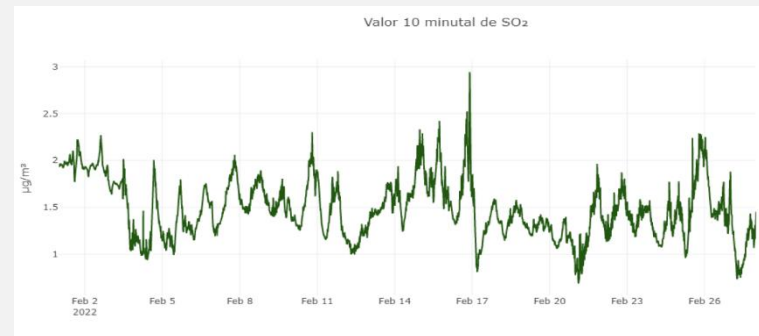
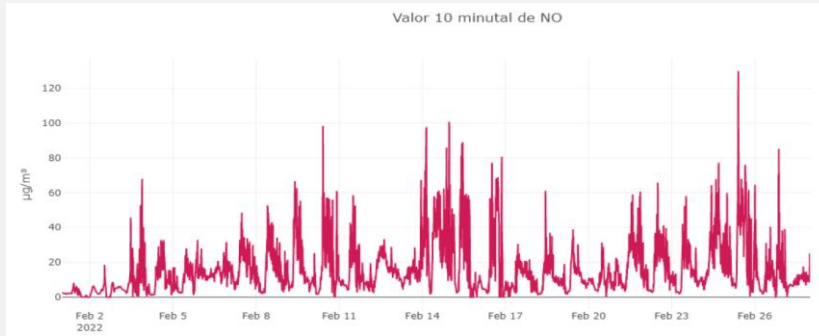
## Estación Tres Cruces

- Se obtuvieron datos de los parámetros CO, O<sub>3</sub>, NO, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> y PM2,5.
- El equipo registró las condiciones climáticas: Temperatura y Humedad Relativa.
- En la siguiente tabla se presentan los valores obtenidos en el periodo comprendido entre 01 al 28 de febrero 2022.

Parámetro	Concentración (µg/m <sup>3</sup> )(*) Promedio	Concentración (µg/m <sup>3</sup> )(*) Máxima
CO	310	4.130
O <sub>3</sub>	12,06	66,72
NO	15,58	160,63
NO <sub>2</sub>	33,21	168,84
SO <sub>2</sub>	1,48	2,99
PM2,5	4,50	39,98

# Evaluación de sensores de bajo costo: Nodos Bettair

## Estación Tres Cruces



## Pruebas co-localización estación Centenario - Proyecto planta Celulosa UPM II

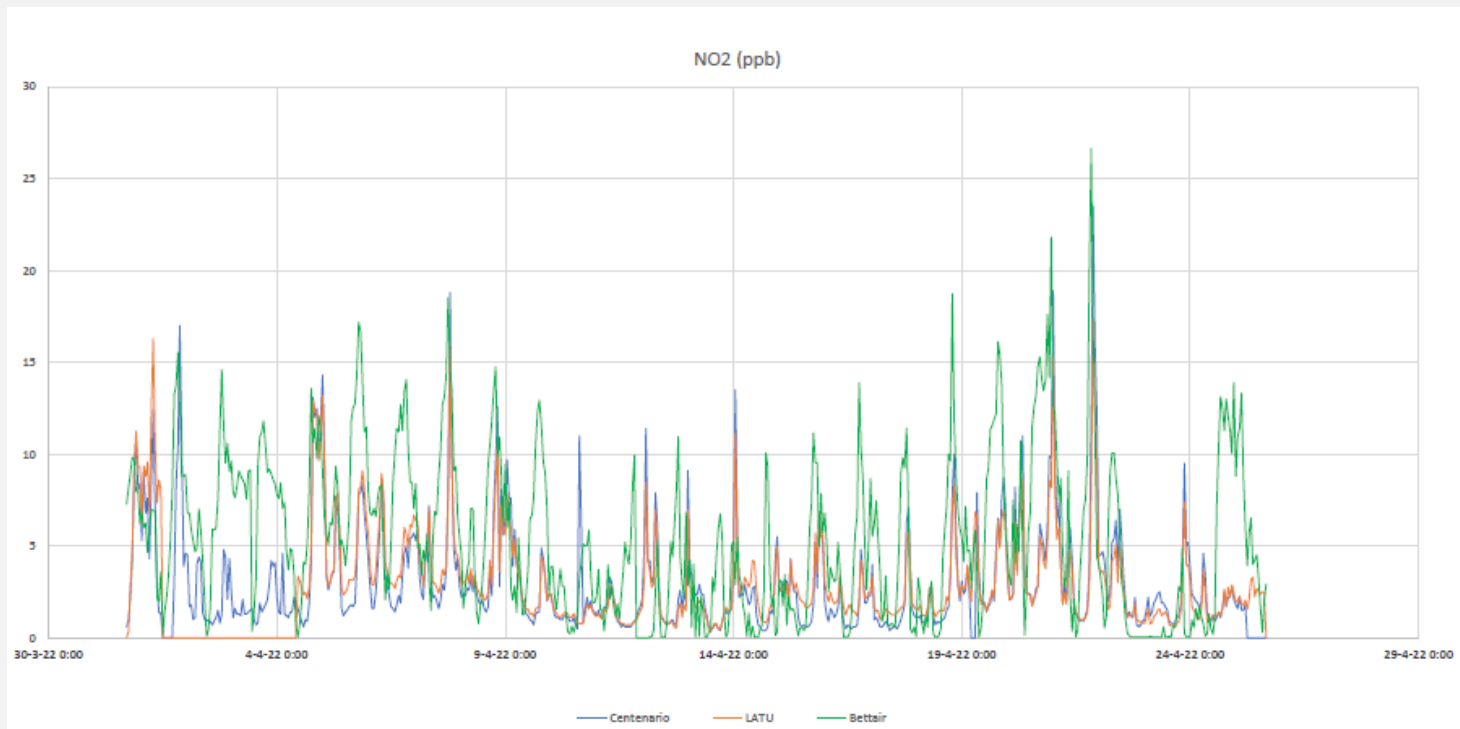
- Se instala nodo Bettair co-localizado con estación móvil de LATU y estación de referencia en la localidad de Pueblo Centenario.
- Monitoreo realizado en el marco de la línea de base del proyecto UPM II.
- El periodo de medición corresponde el trimestre abril-julio 2022.
- Los datos fueron presentados en informes específicos para DINACEA.



# Evaluación de sensores de bajo costo: Nodos Bettair

## Pruebas co-localización estación Centenario - Proyecto planta Celulosa UPM II

Comparación entre las dos estaciones de monitoreo FRM/FEM y el nodo Bettair para el parámetro NO<sub>2</sub>.





# Evaluación de sensores de bajo costo: Nodos Bettair

---

## Comentarios finales

- Los estudios realizados con la tecnología de nodos Bettair, que llevan ya casi 7 años de desarrollo, evidencian que es posible obtener datos confiables en el monitoreo de calidad de aire, que cumplen con los criterios estadísticos establecidos en la guía para evaluar el desempeño de sensores de bajo costo.
- Se logra de esta manera, disponer de mayor cantidad de datos, confiables ( $R^2 > 0,9$ ), con mayor capacidad para la interpretación de fenómenos.
- Es importante que cada estado o a nivel regional se trabaje en el desarrollo de normas técnicas o guías de referencia para la validación de la calidad de datos de la información recabada, para dar confiabilidad a estos sistemas de medición.

Muchas gracias por su atención – DICAIRE

[carlos.demaria@eia.com.uy](mailto:carlos.demaria@eia.com.uy)

[Javiera.salas@gmail.com](mailto:Javiera.salas@gmail.com)

