

Internet de les Coses en el monitoratge de la qualitat de l'aigua

Carlos Rodero García
rodero@icm.csic.es



CSIC

CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS



MONOCLE

Multiscale Observation Networks for Optical
monitoring of Coastal waters, Lakes and Estuaries



**Institut
de Ciències
del Mar**

Presentació

Llicenciat en Biologia	2013
Alumne de DAM	2015 - 2017
Alumne de DAW	2017 - 2018
Pràctiques ICM – CSIC	2016 i 2017
Treballant/doctorat ICM – CSIC	Actualitat

Pràctiques ICM - CSIC

KdUINO

Bardaji, R.; Sánchez, A.-M.; Simon, C.; Wernand, M.R.; Piera, J. Estimating the Underwater Diffuse Attenuation Coefficient with a Low-Cost Instrument: The KdUINO DIY Buoy. *Sensors* **2016**, *16*, 373.

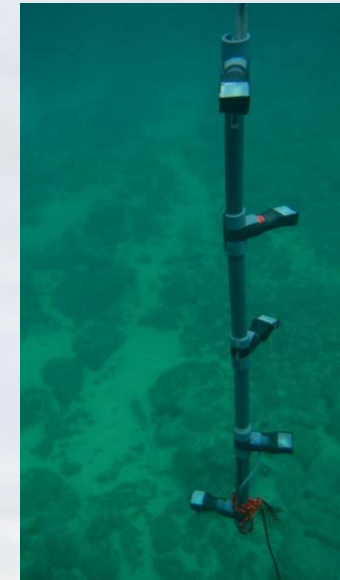
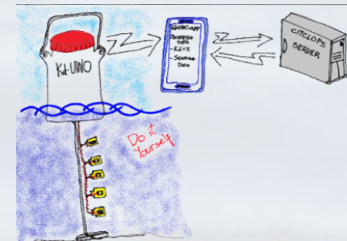
<https://doi.org/10.3390/s16030373>

Do-It-Yourself (DIY)

Technology

Cost < 100 €

DIY



Dept. Oceanografia Física i Tecnològica

Jaume Piera

Raúl Bardají

Pràctiques ICM - CSIC



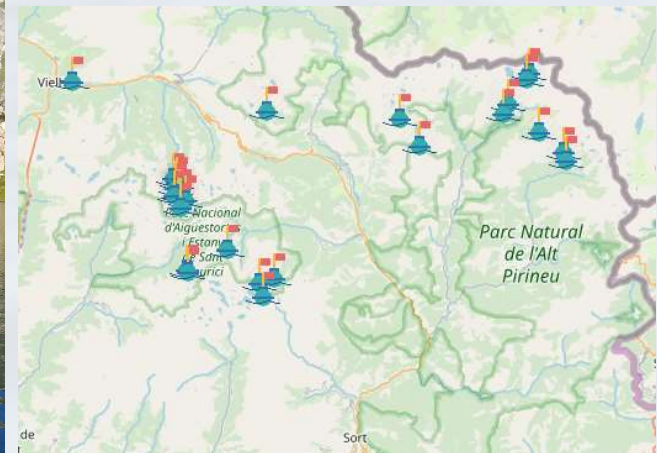
LIMNOPIRINEUS



2013. Aspecte de l'estany Closell durant els darrers anys d'ençà que van desaparèixer les truites i va quedar-hi només el barb roig. Foto: A. Miró



2015. Fruit de les actuacions d'eliminació del barb roig dutes a terme pel projecte LIFE LimnoPirineus, l'estany Closell ha recuperat la seva transparència natural. Foto: A. Miró



Actualitat



MONOCLE

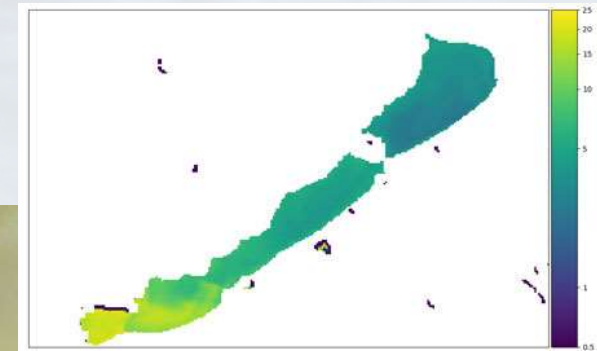
Multiscale Observation Networks for Optical
monitoring of Coastal waters, Lakes and Estuaries

MONOCLE H2020

**Multiscale Observation Networks for Optical
Monitoring of Coastal Water, Lakes and Estuaries**

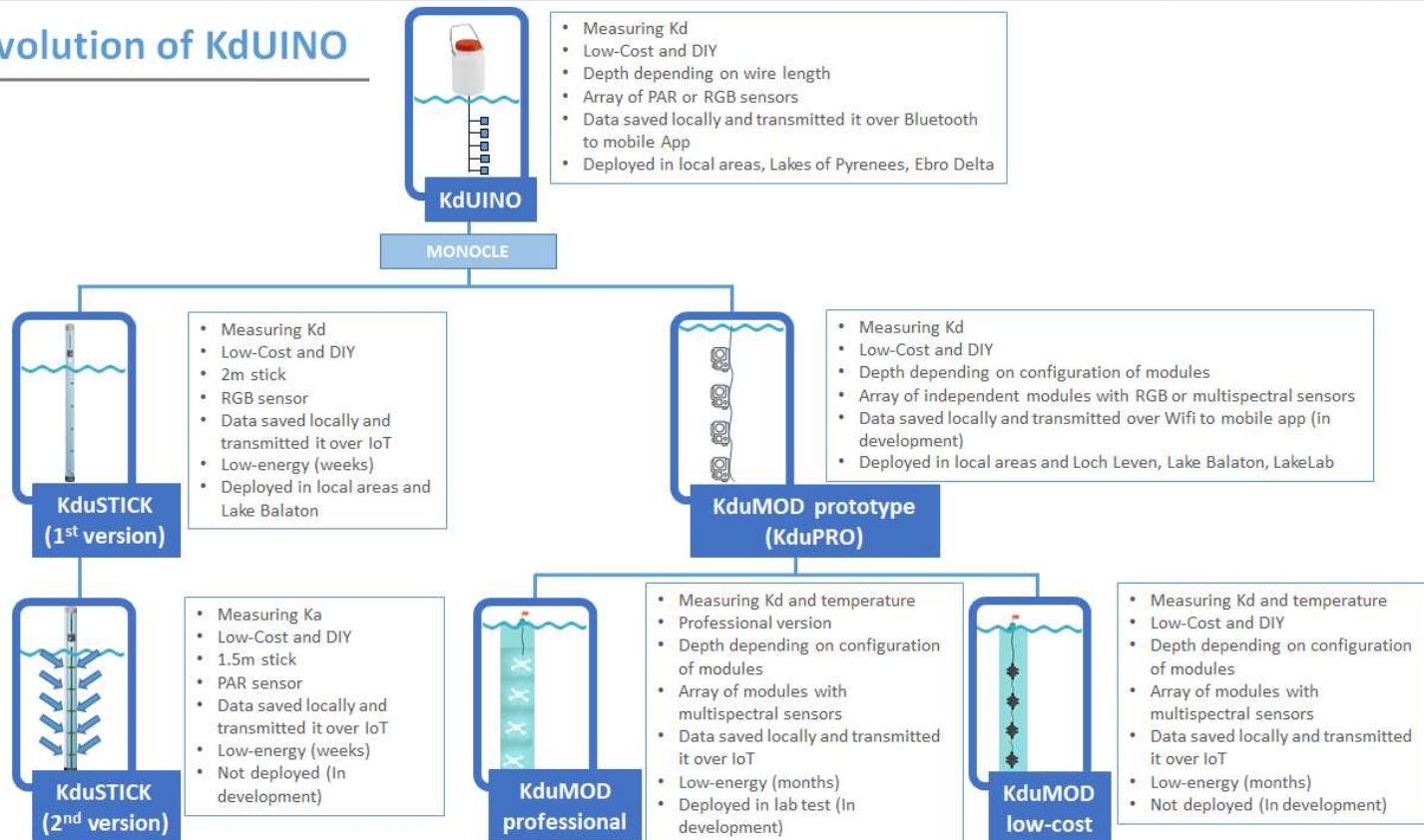


<https://monocle-h2020.eu/>



Actualitat

Evolution of KdUIINO



Monitorar qualitat aigua

Com podem mesurar la qualitat de l'aigua?

La **terbolesa** és la falta de transparència de l'aigua, deguda a la presència de partícules en suspensió.

Quants més sòlids en suspensió hi hagi en l'aigua, més bruta sembla i el valor de terbolesa és més alt.

Per al desenvolupament de les plantes i animals aquàtics, és millor que l'aigua sigui el més transparent possible, encara que una aigua tèrbola no significa necessàriament que estigui contaminada, ja que la terbolesa pot estar ocasionada per fenòmens naturals, per exemple la presència d'argiles o llims procedents de l'erosió dels terrenys del voltant o bé la descomposició de la vegetació de ribera.

En el nostre cas:

El **coeficient d'atenuació difusa** (K_d) és un paràmetre que ens permet monitorar l'estat de la columna d'aigua.

Com més elevada sigui K_d , menys transparent és l'aigua

Monitorar qualitat aigua

$$K_d$$

The studies of light propagation and light field characteristics are crucial for understanding many physical and biological processes in the water bodies, driven by, or depending on, solar radiation, such as phytoplankton dynamics and surface bloom or eutrophication.

This radiation at the sea surface is conventionally measured as spectrally resolved downward planar irradiance, $E_d(\lambda)$, and the attenuation of this quantity with depth (z) can be described by the diffuse attenuation coefficient $K_d(z, \lambda)$.

This parameter is of particular interest in water quality monitoring programs because it represents a suitable proxy of water transparency and it is related to light penetration and availability in aquatic systems.

Rodero, C.; Olmedo, E.; Bardaji, R.; Piera, J. New Radiometric Approaches to Compute Underwater Irradiances: Potential Applications for High-Resolution and Citizen Science-Based Water Quality Monitoring Programs. Sensors **2021**, *21*, 5537. <https://doi.org/10.3390/s21165537>

Monitorar qualitat aigua

Perquè mesurem aquest paràmetre?

- És un factor clau en els ecosistemes aquàtics.
- Quan la llum s'atenua es redueix la possibilitat de la fotosíntesi (procés que produeix l'oxigen vital per a l'ecosistema).
- Per exemple, quan hi ha un bloom d'algues nocives, no es poden recollir musclos perquè seria perillós per a la salut.
- La transparència de l'aigua s'utilitza sovint com a indicador de la qualitat de l'aigua

Causes de la terbolesa de l'aigua

- La terbolesa pot estar ocasionada per partícules vives que habiten en l'aigua, per exemple el fitoplàncton.
- També, els materials procedents de la descomposició dels éssers vius causen terbolesa, per exemple, les restes de plantes, branques, etc.
- Finalment, partícules inerts de naturalesa inorgànica, com són argiles i llims redueixen la transparència de l'aigua. L'aportació d'aquestes partícules, especialment les inorgàniques, pot deure's a la resuspensió dels sediments del fons del riu o llac (per exemple peixos que s'alimenten pel fons i els regiren, com per exemple la carpa)
- Finalment, els abocaments d'aigües residuals industrials o urbanes poden augmentar la terbolesa

Monitorar qualitat aigua

Com mesurem K_d



Secchi disk



Satellite image



Radiometer




Drones



KdUINO

Monitorar qualitat aigua

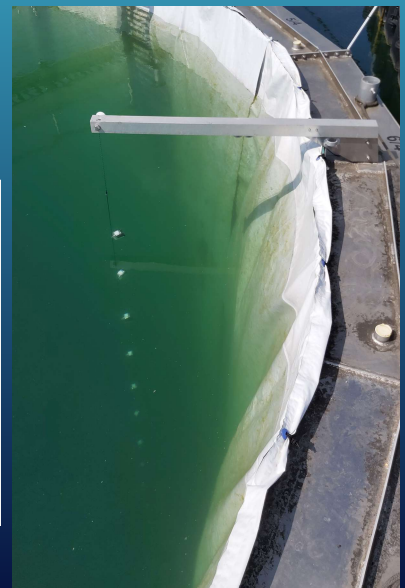
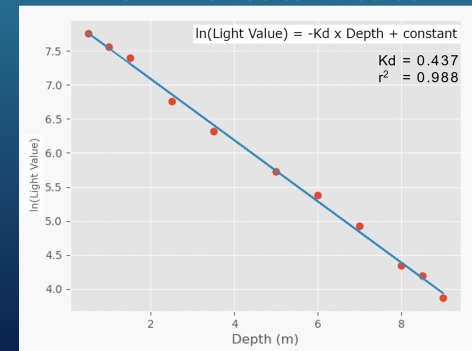
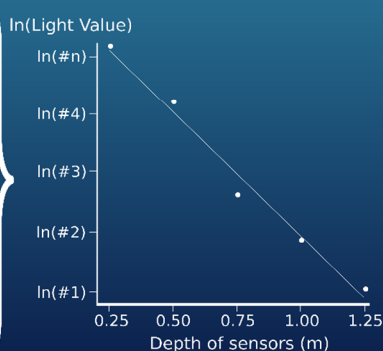


Measuring Kd

Kd from KduPRO

$$\ln(\text{Light Value}) = -Kd \times \text{Depth} + \text{constant}$$

Light Value = #1
Light Value = #2
Light Value = #3
Light Value = #4
Light Value = #n



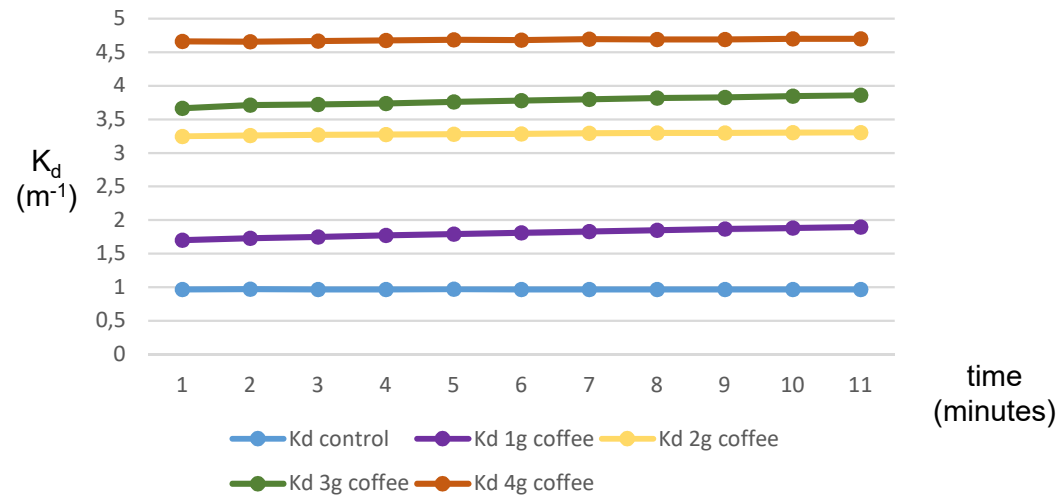
2019/08/08
LakeLab
from 11:54:00 to 12:05:00

$Kd = 0.437$
 $r^2 = 0.988$

Results

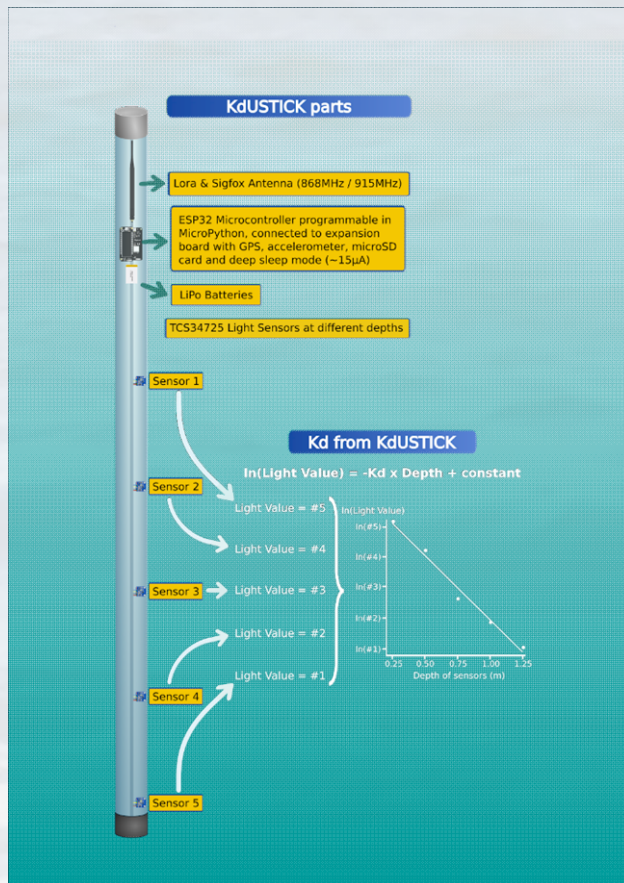


Lab, simulating different scenarios of turbidity



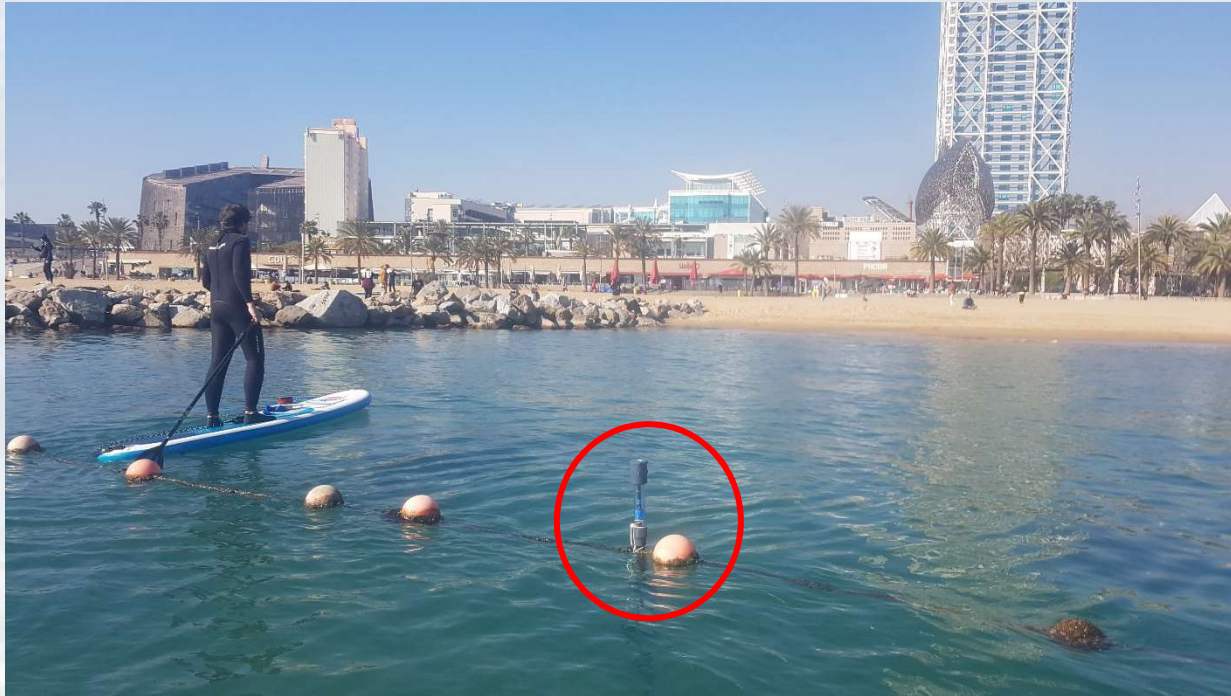
Monitorar qualitat aigua

KduSTICK



Monitorar qualitat aigua

KduSTICK



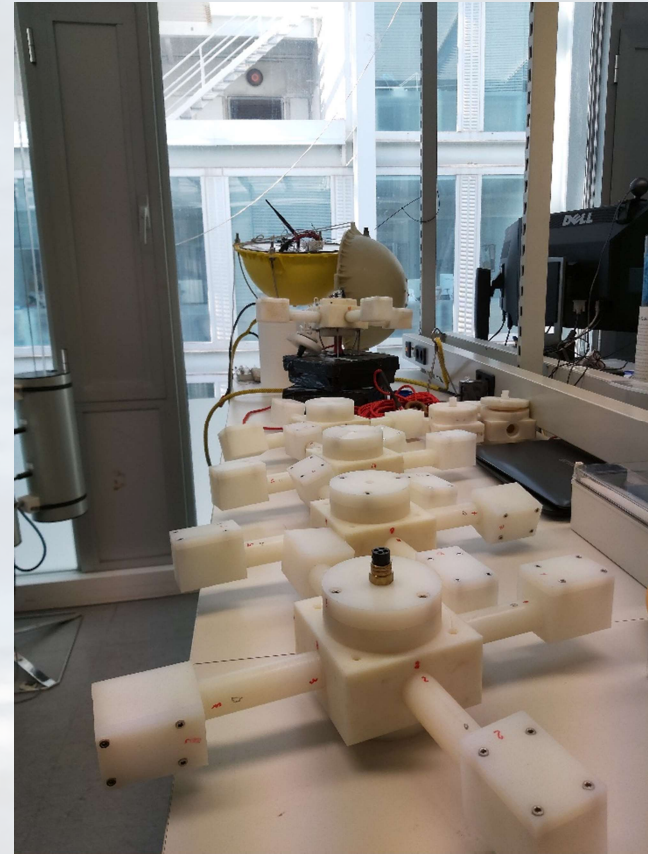
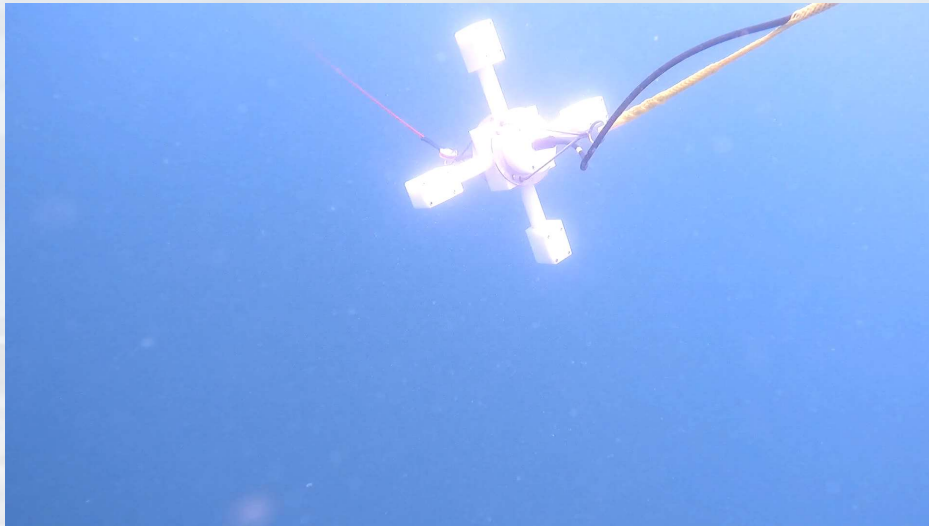
Monitorar qualitat aigua

KduSTICK

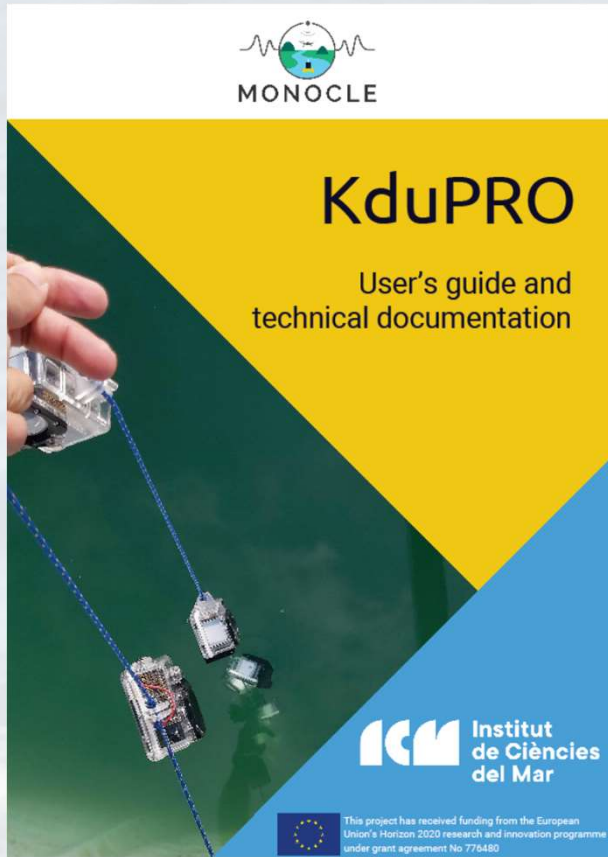


Monitorar qualitat aigua

KduMOD



Monitorar qualitat aigua



KduPRO



Description

- Multispectral (R,G,B)
- Light → Frequency → Counts (I2C)

1



2



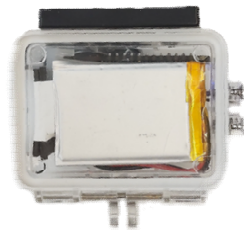
3



4



5



6



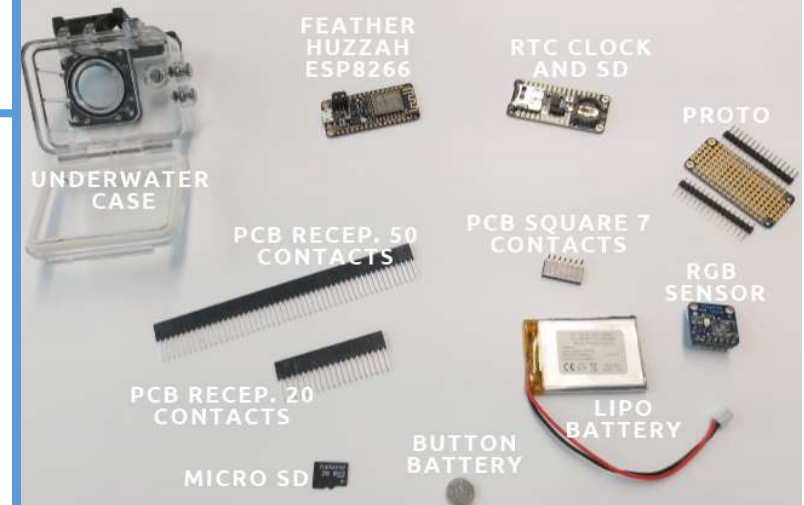
Build your own KduPRO!

Hardware components

18/45

Component	Cost (€)
Feather HUZAH ESP8266	19.49
Adalogger FeatherWing RTC Clock and SD	9.60
FeatherWing Proto	5.31
Underwater case (GoPro or similar)	15.69
TCS34725 color RGB sensor	11.76
Lithium-ion Polymer Battery	8.41
MicroSD	13.39
CR1220 Button Battery 3V	1.33
PCB socket 2.54 mm square 7 contacts	2.19
PCB Receptacle 2.54 mm board-to-board 20 contacts	3.47
PCB Receptacle 2.54 mm board-to-board 50 contacts	6.67
Total	97.31

Budget for building one module of KduPRO



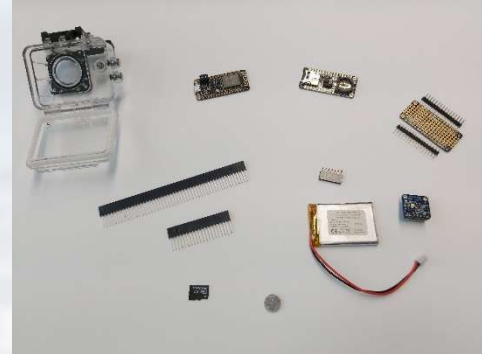
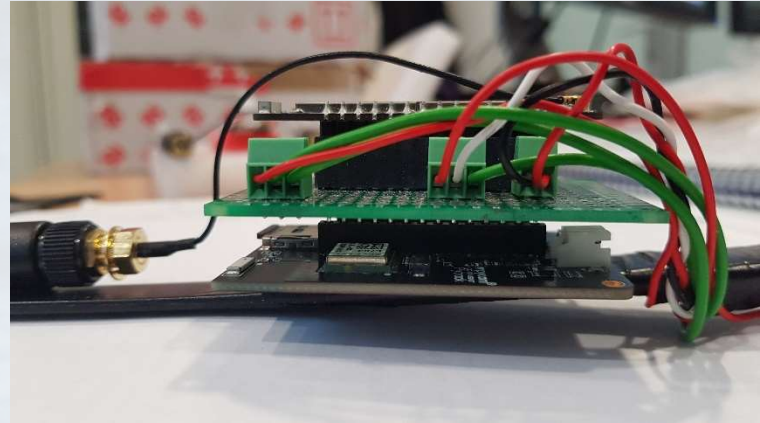
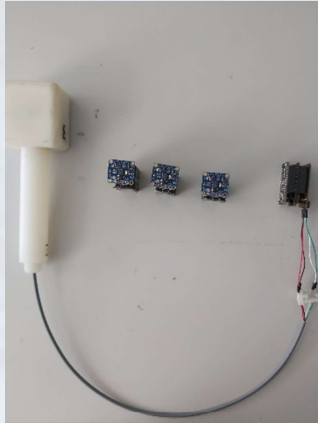
Monitorar qualitat aigua



Campanyes



Dispositius

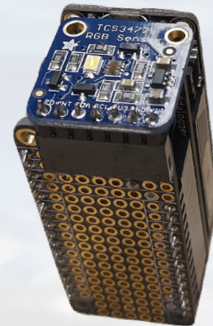
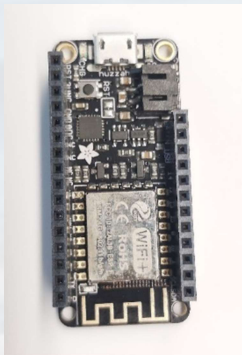


Dispositius

Arduino  ARDUINO

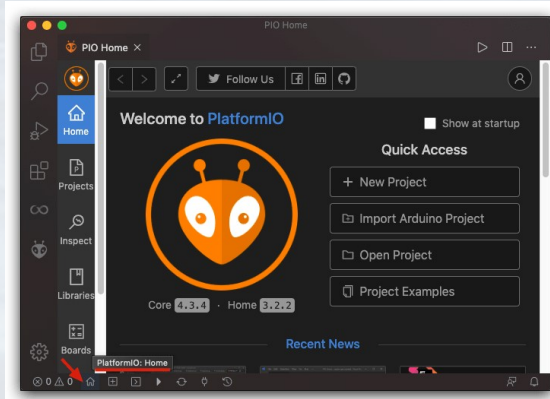
PlatformIO 

Programació de Microcontroladors en C++



ESP8266

Dispositius



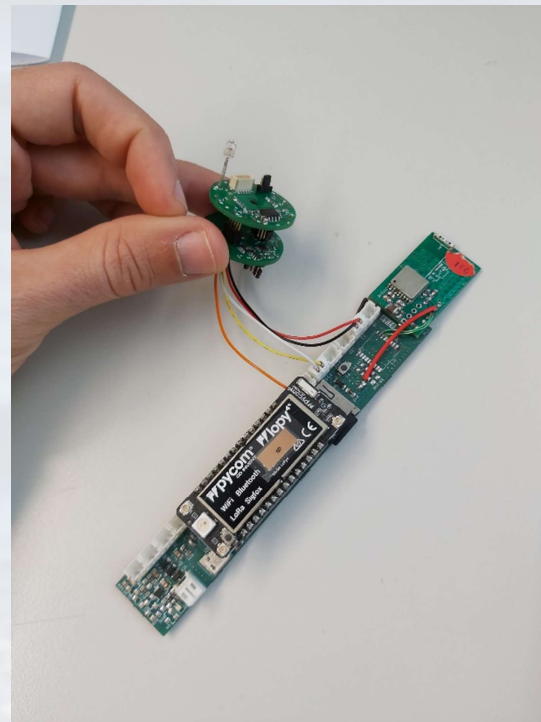
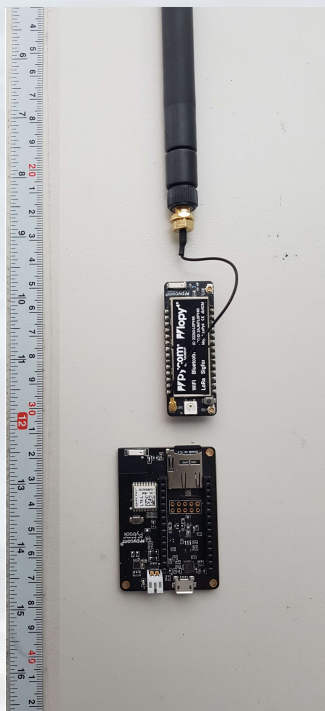
<https://platformio.org/>

```
OPEN EDITORS
main.cpp src
KDUINO_FEATHER
  .pio
  .vscode
  lib
  Adafruit_IO
  RTCLib
  TCS34725
  readme.txt
  src
    main.cpp
  .gitignore
  .travis.yml
  platformio.ini

src > main.cpp > ...
1 #include <Arduino.h>
2 #include <SPI.h>
3 #include <SD.h>
4 #include <Wire.h>
5 #include "RTClib.h"
6 #include "Adafruit_TCS34725.h"
7 #include <ESP8266WiFi.h>
8
9 // Settings
10 int initial_wait = 1; // Time to wait before start the loop (in seconds)
11 int measures = 60; // Number of measurements to do[1, 59]
12 int period = 1; // Sampling period (in minutes) [1, 60]
13 float depth = 1.0; // Absolute depth of the device [0.1, 30] (in meters)
14 int sample_counter = 1; // Counter of measurements
15
16 // CSIC Metadata
17 String name = "Kdupro1"; // Name of the module
18 String maker = "ICM-CSIC"; // Maker name
19 String curator = "ICM-CSIC"; // Curator name
20 String email = "jpiena@icm.csic.es"; // Email of the curator
21 String sensors = "TCS34725"; // List with name of used sensors "Sensor 1, ..., Sensor n"
22 String description = "KduPro buoy-1 module-1 totaldepth-4.0m country-spain place-ICM_lab measurements-60"; // Description of the instru
23 String place = "lab ICM"; // Text with place of deployment
24 String units = "counts, counts, counts, counts"; // Units of the measurements "Unit 1, ..., Unit n"
25
26 // MONOCLE Metadata
27 float latitude = 0; // Latitude
28 float longitude = 0; // Longitude
29 float altitude = 0; // Altitude
30 String ref_coord_system = "WGS84"; // Reference Coordinate System
31 String time = "0"; // Character string formatted according to ISO8601
32 String location_source = "GNSS"; // Source of the Geodesic information
33 String time_source = "internet time pool"; // Source of the time information
34 int processing_level = 0; // Defined by manufacturer and described in the reference documentation.
35 String processing_procedure = "https://git.csic.es/kduino/kdupro"; // Reference to protocols and algorithms describing the steps
36 String processing_version = "build"; // Version of the data processing software
37 String processing_revision = "0"; // Incremental version of the processed data
38 String calibration_procedure = "https://git.csic.es/kduino/kdupro"; // For calibrated data: documentation describing the calibra
39 String calibration_reference = "0"; // Identifier of calibration information
40 String calibration_time = "0"; // Date/time stamp of applicable (uncalibrated data, if available) or applied (calibrated dat
41 String calibration_version = "0"; // Version of the calibration processing software
```


Dispositius

Programació de Microcontroladors en Python



ESP32

Micropython



Dispositius

Plaques Pycom

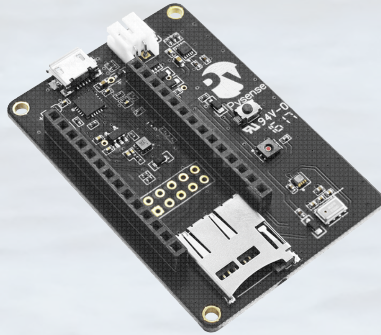
Lopy



- Powerful CPU, BLE and state of the art WiFi radio
- Can also double up as Nano LoRa gateway
- MicroPython enabled**
- Fits in a standard breadboard (with headers)
- Ultra-low power usage: a fraction compared to other connected micro controllers

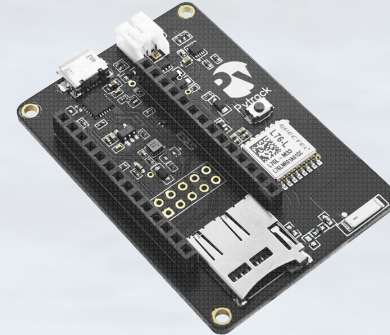
Dispositius

Pysense



- **Ambient light sensor**
- **Barometric pressure sensor**
- **Humidity sensor**
- **3 axis 12-bit accelerometer**
- **Temperature sensor**
- USB port with serial access
- LiPo battery charger
- MicroSD card compatibility
- Ultra low power operation (~1uA in deep sleep)

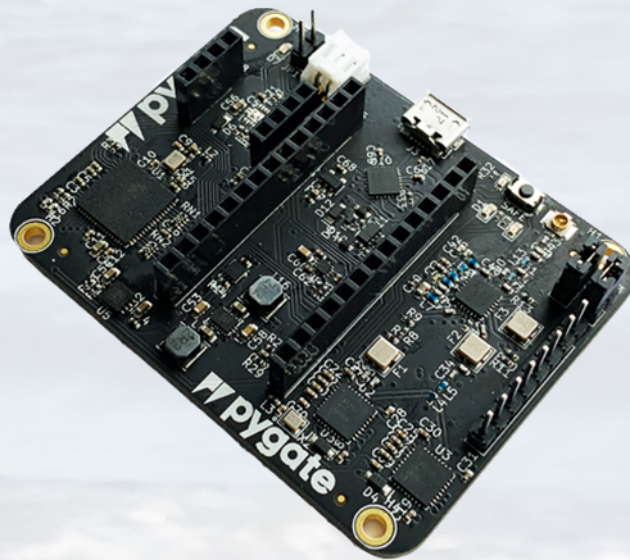
Pytrack



- **Super accurate GNSS Glonass GPS**
- **3 axis 12-bit accelerometer**
- USB port with serial access
- LiPo battery charger
- MicroSD card compatibility
- Ultra low power operation (~1uA in deep sleep)

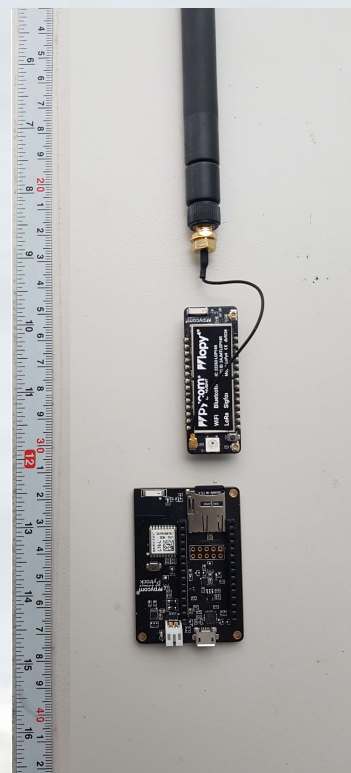
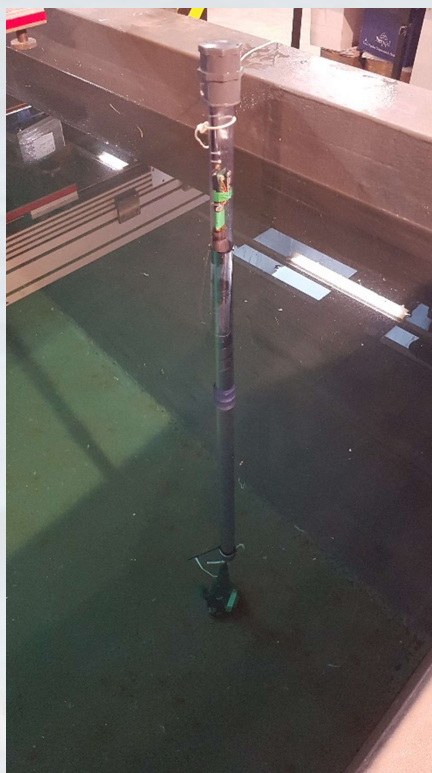
Dispositius

Pygate



- **8-channel LoRaWAN gateway**
- **Dual SX1257 transceivers for a total of 8 channels support**
- **Frequency range from 863MHz to 870MHz**
- **SX1308 baseband processor**
- **Compatible with WiPy3.0, GPy and LoP4**
- **Ultra-low power standby mode**
- **Ethernet with PoE via the optional daughter board**
- **Powered via USB, LiPo Battery and Ethernet via the optional daughter board**
- **LiPo battery charging via the USB port**
- **USB to serial connection for the Pycom module with auto-programming features**

Dispositius



Prototipus KduSTICK connectivat Sigfox / LoRa projecte MONOCLE H2020

Dispositius

1st Test KduMOD



Pycom Pytrack

- Read battery status
- Get GPS position
- Get deployment sequence from SD (from A to Z)
- Get data from Tx/Rx (rel. humidity)
- Save Id, deployment, datetime, gps data, volt, UART data into SD
- Send data to Sigfox (when deployment is 'a')
- Send data to TTN

Pycom Pysense

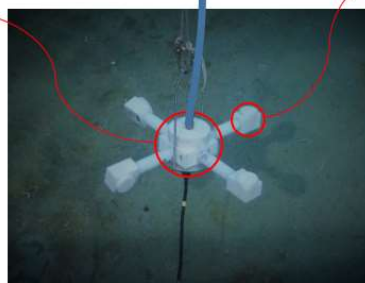
Read light sensor AS7262

Read from Pysense sensors:

- Temperature
- Altitude
- Pressure
- Rel. humidity
- Light
- Acceleration
- Roll
- Pitch
- Battery

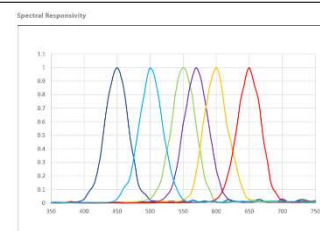
Save it into SD

Send data to buoy using Tx/Rx (rel. humidity)



Light Sensor AS7262

Wavelength values in 450, 500, 550, 570, 600, 650 nm



This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No 776480 (MONOCLE).

Internet de les Coses (IoT)

1. LoRa

- *Long Range*
- Cobertura ~ 10-20 km
- És un esquema de modulació de senyals a radiofreqüència creat per l'empresa Semtech Corporation.
- Aquesta empresa dissenya i produeix entre altres elements els xips LoRa que seran utilitzats com a base física de les xarxes LoRaWAN.



Internet de les Coses (IoT)

2. LoRaWAN

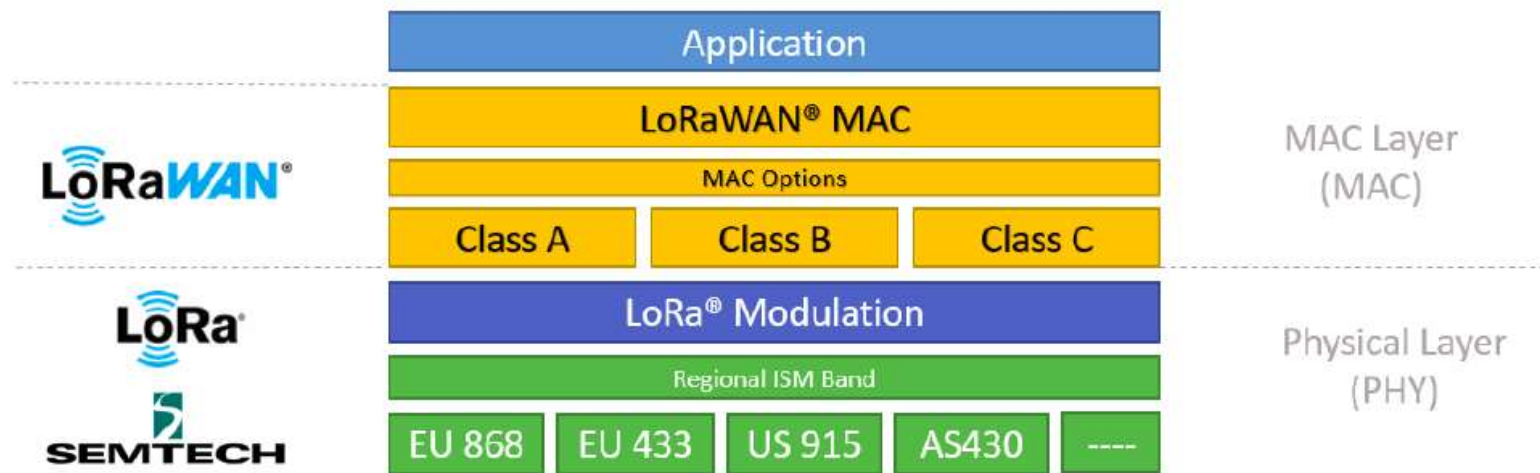
- És una implementació del protocol LPWAN que utilitza la tecnologia LoRa.
- És desenvolupada per l'anomenada LoRa Alliance integrada entre d'altres per Cisco, IBM i Orange.
- Podem veure LoRaWAN com la definició del protocol i l'arquitectura de xarxa sobre el qual interactuaran directament les aplicacions.
- Xarxa que uneix diferents dispositius LoRa (gateways i nodes)
- És una de les tecnologies LPWAN (Sigfox, NB-IOT, LTE-MTC...)
- Et pots crear la teva pròpia xarxa



Ultra low power	Public and private deployments
Long range	End-to-end security
Deep indoor penetration	Firmware updates over the air
License free spectrum	Certification program
Geolocation	Ecosystem

Internet de les Coses (IoT)

LoRa and LoRaWAN - what is the difference?



Internet de les Coses (IoT)

3. The Things Network

- Utilitza LoRaWAN
- És el punt d'accés a Internet
- Xarxa gestionada per la pròpia comunitat TTN
- Dades són de l'usuari, no de l'empresa que ho gestiona



Internet de les Coses (IoT)

NEWS | 20 DESEMBRE 2018

"Internet de les coses" a l'ICM: una xarxa d'ús públic per a monitorar la qualitat ambiental en la costa

SHARE  

L'Institut de Ciències del Mar (ICM-CSIC) participa com a entitat padrina en la xarxa comunitària d'"Internet de les coses", The Things Network (TTN), i instal·la una antena d'ús públic i gratuït per a transmetre dades entre dispositius.



Antena instal·lada en el edifici del ICM / ICM-CSIC

La internet de les coses (en anglès, Internet of Things, abreujat IoT) és un concepte que es refereix a una interconnexió digital d'objectes quotidians amb Internet. Les xarxes IoT tenen la capacitat de connectar un gran nombre de dispositius que envien petites quantitats d'informació (pocs kBytes) per hora. Per les seves característiques tècniques, les xarxes IoT són ideals per a desplegar sistemes de monitoratge ambiental.

RELATED STAFF

Jaime Piera

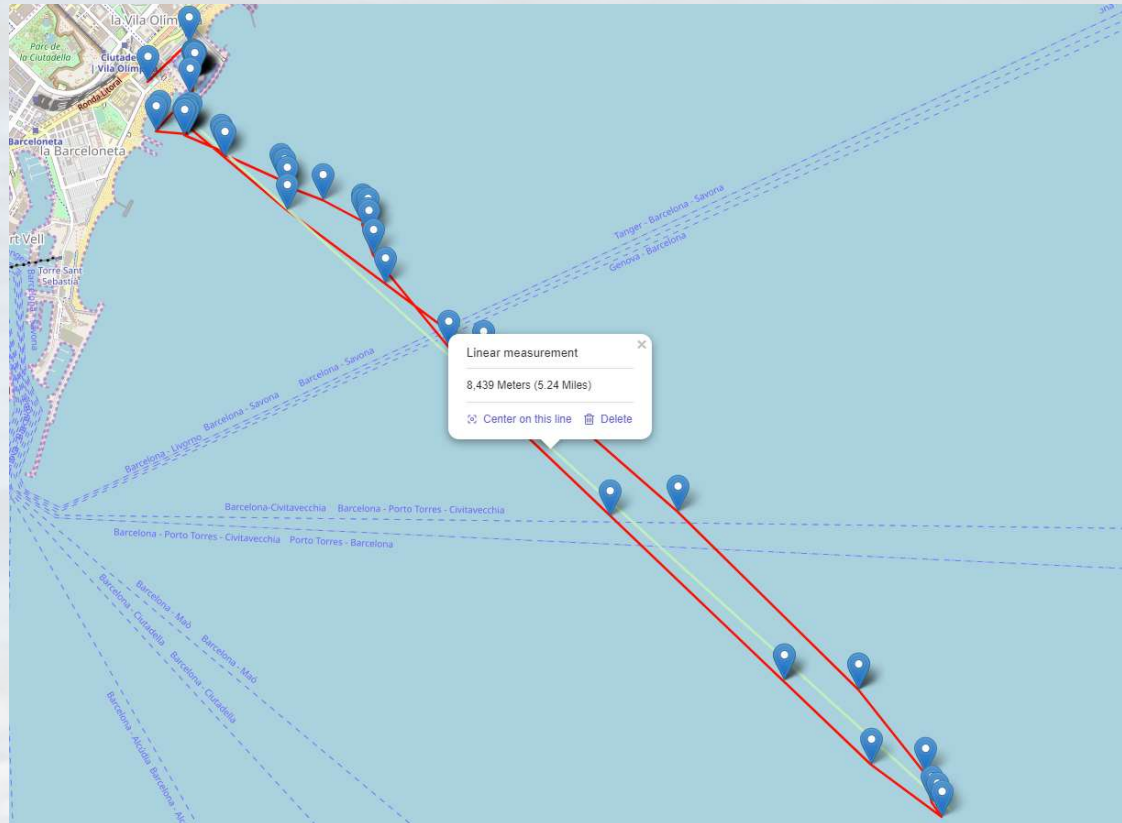
RELATED GROUPS

Environmental and Sustainability

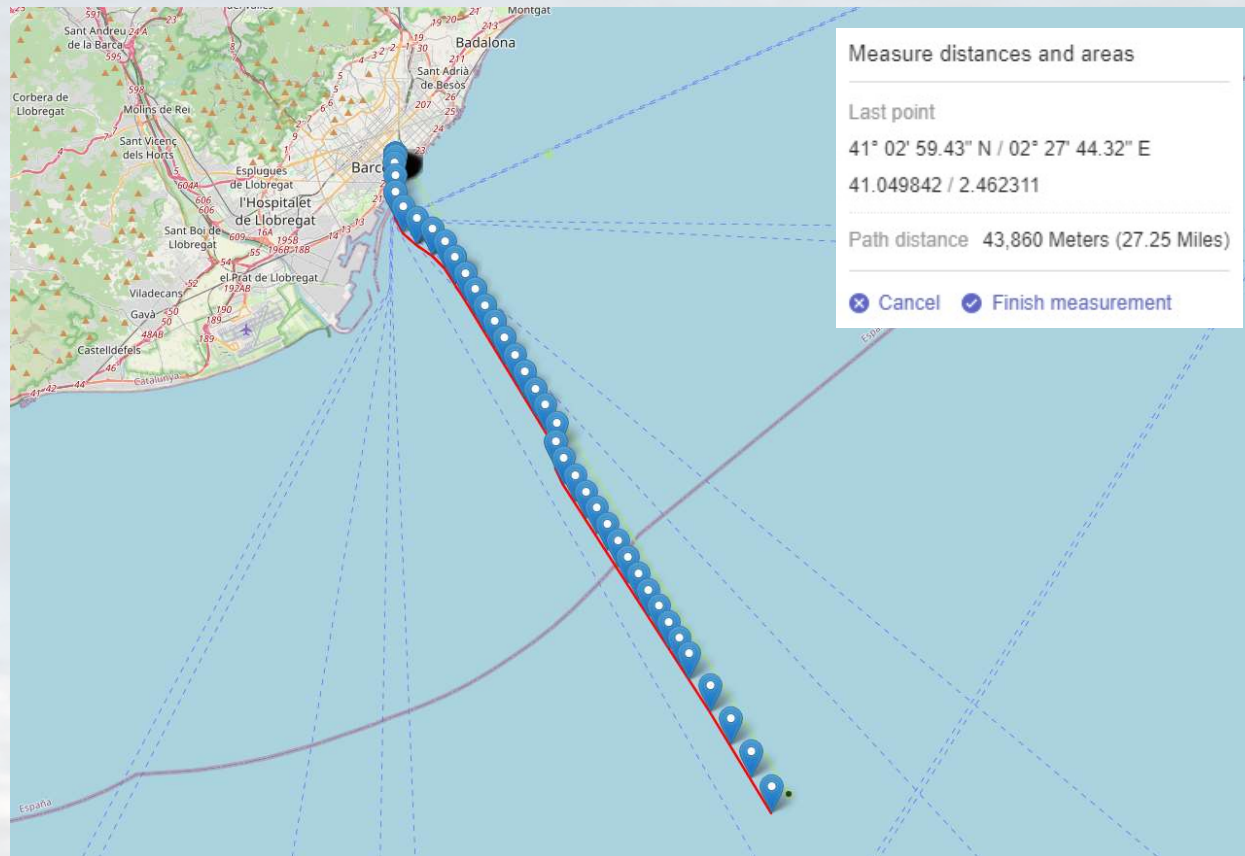
Participatory Information Systems

<https://www.icm.csic.es/ca/noticia/internet-de-les-coses-licm-una-xarxa-dus-public-monitorar-la-qualitat-ambiental-en-la-costa>

Internet de les Coses (IoT)

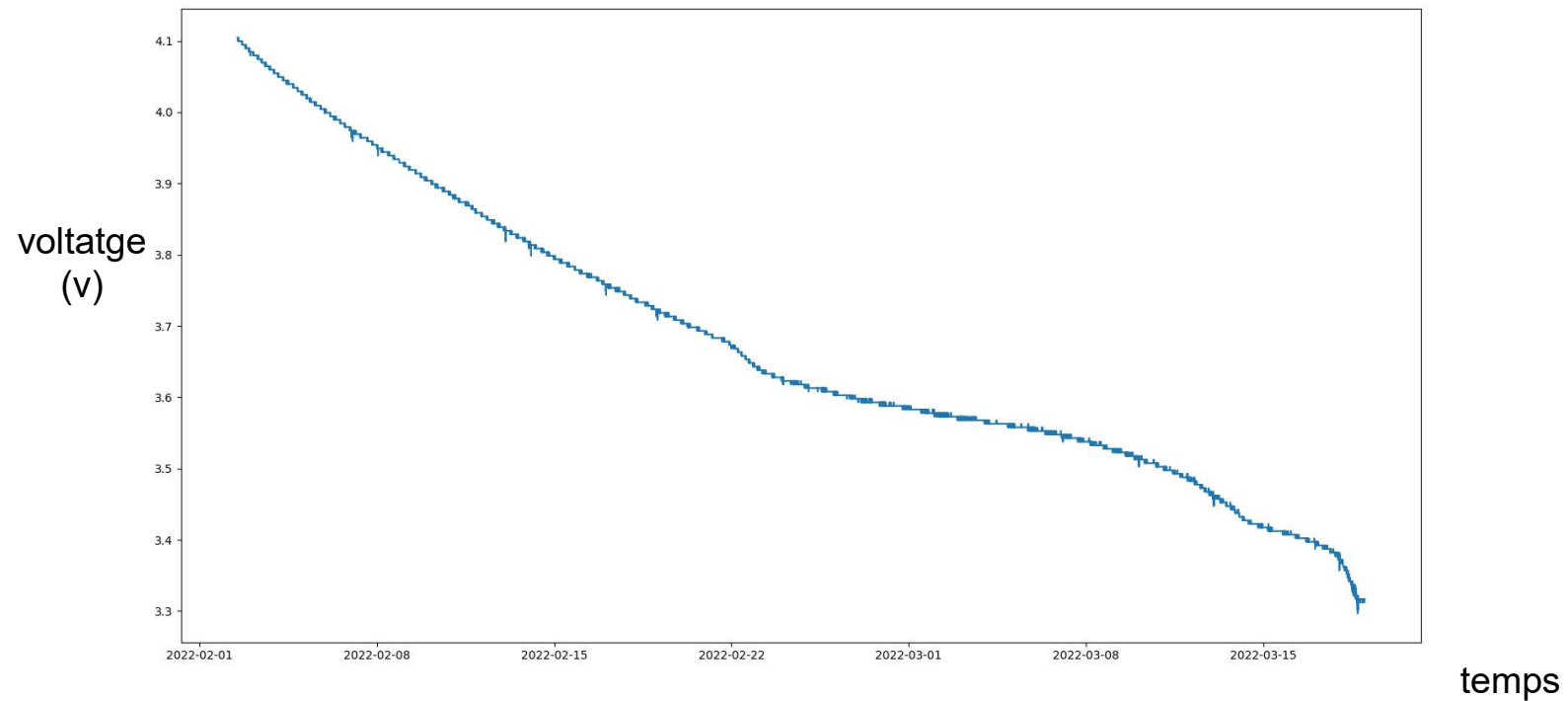


Internet de les Coses (IoT)



Internet de les Coses (IoT)

Tests de consum, transmetent dades cada 5 minuts



Internet de les Coses (IoT)

Data transmitted by LoRa from KdUMOD to CSIC



Internet de les Coses (IoT)

kdumod_test

AllThingsTalkMaker

Humidity module

26. Feb 28. Feb 2. Mar 4. Mar 6. Mar 8. Mar 10. Mar 12. Mar 14. Mar 16. Mar 18. Mar 20. Mar 22. Mar 24. Mar 26. Mar 28. Mar

Humidity buoy

26. Feb 28. Feb 2. Mar 4. Mar 6. Mar 8. Mar 10. Mar 12. Mar 14. Mar 16. Mar 18. Mar 20. Mar 22. Mar 24. Mar 26. Mar 28. Mar

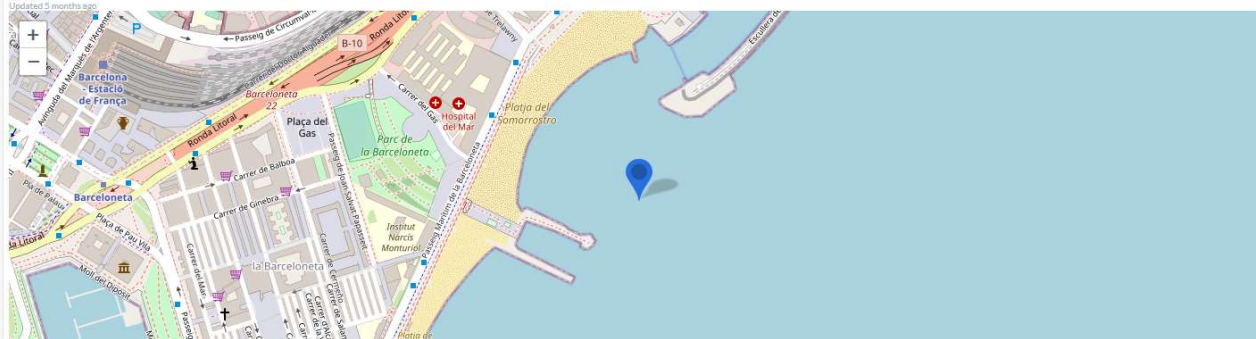
Light

Tuesday Wednesday Thursday Friday Saturday Sunday Monday

Voltage

26. Feb 28. Feb 2. Mar 4. Mar 6. Mar 8. Mar 10. Mar 12. Mar 14. Mar 16. Mar 18. Mar 20. Mar 22. Mar 24. Mar 26. Mar 28. Mar

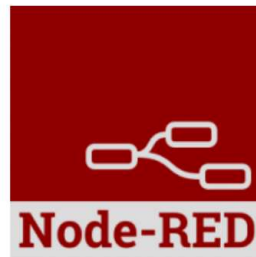
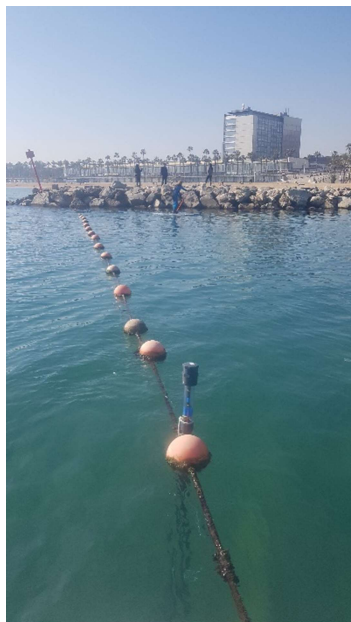
Location



Internet de les Coses (IoT)

TTN

Node-RED – mqtt – influxdb – Grafana



Node-RED
Data manipulation
1880



influxdb
Data storage
8086



Grafana

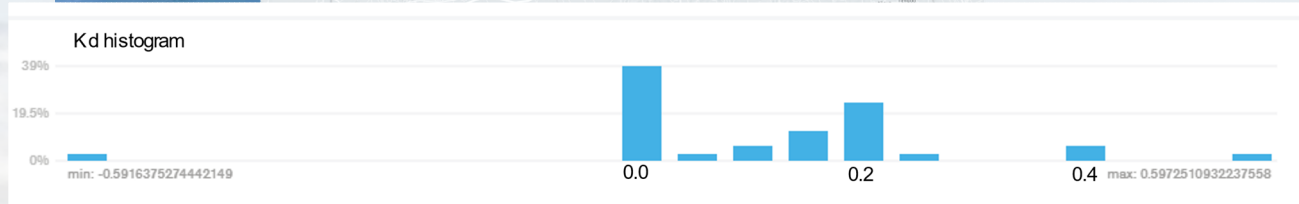
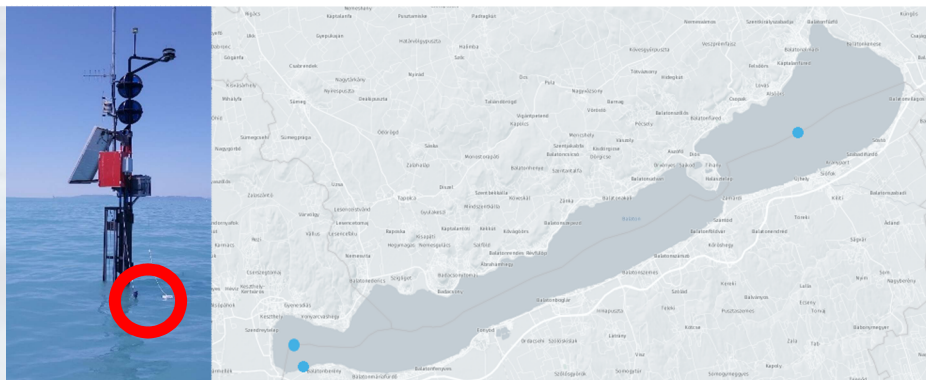
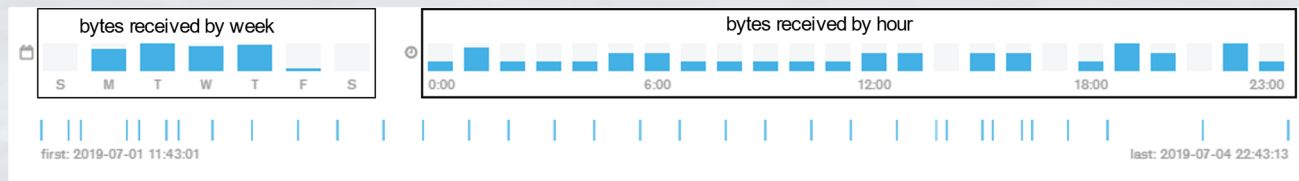


Grafana
Data visualisation
3000

Internet de les Coses (IoT)

Sigfox

data received in Balaton from KdUSTICKS



Internet de les Coses (IoT)

Diferències entre Sigfox i TTN

	Sigfox	TTN
Tipus de tecnologia	privada (1\$ per disp. / any)	open
Back-end	1 any	30 dies The Things Stack Cloud 24 hores The Things Stack Community Edition
Trànsit dades Uplink Downlink	140 missatges 12 bytes 4 missatges de 8 bytes	30 seg. / dia 10 missatges / dia
Quantitat bytes per dia Uplink	1680 bytes	> 6000 bytes
Tamany màxim missatge a enviar	12 bytes	5 segons a l'aire / 222 bytes

Ciència participativa

Ciència ciutadana

MINKA

EXPLORAR COMUNITAT MÉS

REGISTREU-VOS INICIEU SESSIÓ

Actúa per un futur sostenible!

UNEIX-TE AVUI

Fiona A. I. Montseny



SUSTAINABLE
DEVELOPMENT
GOALS

MINKA dona suport als Objectius de Desenvolupament Sostenible.

Com funciona?



1
Registra les teves observacions
Obté les teves pròpies medicions
mediambientals o les fotografies
geolocalitzades d'organismes marins i
terrestres.



2
Comparteix amb la
comunitat MINKA
Comparteix les teves observacions en un
projecte, ja sigui teu en el teu propi perfil o
en un projecte de la comunitat MINKA. Pots
considerar altres persones a unir-se al teu
projecte.

ASÍ MINKA

Registra les teves observacions
per fer front als reptes de
desenvolupament sostenible
Busca i compara dades geolocalitzades
de qualitat ambiental, justícia social, etc.



3
Parla sobre les teves
observacions
Conversa sobre observacions, ajuda
a la comunitat MINKA i comparteix
hobbies i interessos.

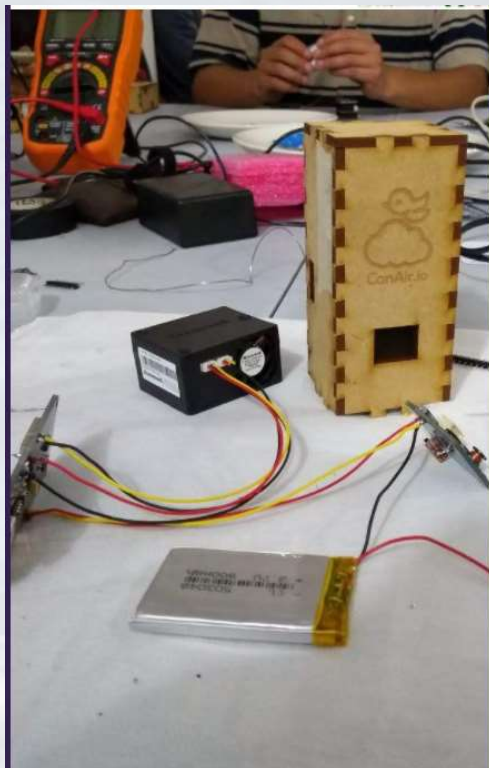
Contribueix a l'investigació dels reptes de desenvolupament
sostenible

Les observacions seran validades per persones expertes i arribaran al que en
ciència ciutadana es coneix com "Grau de Recerca". Aquestes observacions es
pagaran a repositoris globals per ser utilitzades en estudis d'investigació.

<https://www.minka-sdg.org/> en fase de proves, aviat estarà disponible

Ciència participativa

CanAirlo: Citizen network for monitoring air



Our workshops

We have held some workshops so far. In a few hours you can build and start running your CanAirIO device. You don't need previous training in programming or electronics, just to be willing to learn. You can also do it at home, following our [documentation](#), where we have some guides of some device alternatives.

[DOCUMENTATION](#)[INSTALLER](#)

<https://canair.io/>

Ciència participativa

Patí Científic

Patí Científic EL PROJECTE L'EQUIP BLOG DADES SORTIDES CONTACTE @

MAR | CIÈNCIA | CIUTADANIA

Ciència sostenible i de tothom

El **projecte Patí Científic** és una plataforma d'unió entre participació, conscienciació i coneixement de la costa de Barcelona.

[CONEIX EL PROJECTE](#)

<https://paticientific.org/>



Moltes gràcies

rodero@icm.csic.es



CSIC

CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS



MONOCLE

Multiscale Observation Networks for Optical
monitoring of Coastal waters, Lakes and Estuaries



**Institut
de Ciències
del Mar**