

## PROYECTO AEMET-MINIMET, CIENCIA CIUDADANA, CROWDSOURCING E IOT

Fernando Asanza Fernaud  
AEMET, Madrid, [fasanzaf@aemet.es](mailto:fasanzaf@aemet.es)

### Introducción

Consiste en el desarrollo de una especificación técnica y manuales para la construcción de una estación meteorológica abierta (open weather station), para crear una red meteorológica aficionada orientada a centros educativos como escuelas, facultades universitarias y centros medioambientales, los colaboradores de AEMET y particulares aficionados a la meteorología.

### Tres componentes, un eje

La filosofía del proyecto se articula en torno a tres áreas conceptuales bien definidas, con un eje central que se explican a continuación (Fig. 1):

Fig. 1 - Áreas conceptuales del proyecto

Las cuales, definimos previamente a desarrollarlas, como **conceptos claves** que pueden estar sujetos en la actualidad a distintas interpretaciones o matizaciones:

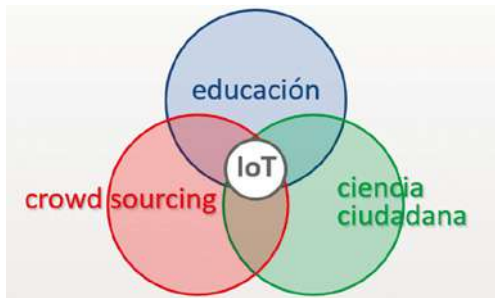
**Educación** es la clave maestra de todo el proyecto. No pretendemos inventar las redes meteorológicas aficionadas ni simplemente crear

una más de ellas. Queremos enseñar el proceso completo de la meteorología en el entorno educativo construyendo desde el principio la estación meteorológica misma e integrándola en una red. Estamos enseñando ciencia y medio ambiente y para ello necesitamos la ayuda del concepto de la ciencia ciudadana.

**Ciencia Ciudadana** implica una relación “peer to peer”, o sea entre iguales, entre ciudadanos y científicos profesionales con un claro compromiso social. Necesita ser enseñada desde la escuela, como parte de Cultura Científica o incluso de Educación para la Ciudadanía.

**Crowdsourcing** es un concepto acuñado en 2006 conectado con las nuevas tecnologías, aunque no es nuevo pues se trata de externalizar determinados servicios o tareas a personas voluntarias y no necesariamente profesionales (crowd-outsourcing). Es una iniciativa de compañías o instituciones que necesitan la colaboración de grandes cantidades de personas (crowd)

**IoT, Internet of the Things**, traducido como internet de las cosas, o más bien, las cosas de internet, es como se denomina a cualquier dispositivo que, conectado a la red,



comparte a través de ésta y en tiempo real, datos de sensores de todo tipo, tanto entre ellos mismos como hacia alguna base de datos que a su vez los distribuye.

### EDUCACIÓN

#### Todo empezó en casa

La idea inicial surge en casa en enero de 2014, con el propósito de animar a mi hijo Samuel a conocer aspectos más creativos de la informática, aprendiendo programación y determinado “cacharreo” con hardware económico que acababa de aparecer en el mercado de la mano de la **Fundación Raspberry Pi**<sup>10</sup> y su miniPC de 30€, como hardware abierto, y la iniciativa de la Consejería de Educación de la Comunidad de Madrid de desarrollar una distribución propia del sistema operativo GNU/Linux denominado **Linux MAX**<sup>8</sup>, como software libre.

Fig. 2 - Logotipo del blog RasPiMAX



Para estructurar y difundir todo el material que anticipaba que iba a manejar creé un blog de WordPress denominado **RasPiMAX** (Fig. 2), acrónimo de **Raspberry Pi** con **Linux MAX** (<http://raspimax.es>), a la par que contacté y empecé a colaborar con los desarrolladores de MAX en la Consejería de Educación, el denominado Grupo MAX7.

En este blog y en una página web complementaria, **miniMAXpc.es** (<http://minimaxpc.es>) comenzamos a publicar todos los trabajos y pruebas que hacíamos. Uno de los proyectos era desarrollar versiones de linux MAX para estos miniPCs denominadas raspPiMAX, opiMAX, etc, con la estructura educativa del mismo. Cada aniversario del blog, el día de Reyes, publicamos una foto con lo que hemos reunido, construido o probado ese año pasado (Fig. 3)

Fig. 3 - 2017, tres años de RasPiMAX

#### El manifiesto miniMET

El **cuidado** y **respeto** de nuestro medio ambiente, y de la atmósfera en particular, son la respuesta natural del **amor** por ellos y ésta surge del conocimiento, por lo que promovemos como método, la **observación del aire**, no sólo en sus aspectos **meteorológicos**, también en los de **calidad**, y en nuestra **influencia** sobre éstos; es el punto de partida de una **toma de conciencia**. **El impulso creativo e investigador es innato al ser humano**

Los científicos y profesionales de la meteorología, los educadores de todos los niveles, y los comunicadores de ciencia tenemos el **deber ineludible** de transmitir a los estudiantes de todas las edades, ese amor por el estudio y observación del medio ambiente



como base del conocimiento y del **método científico**, aportando al sistema educativo las **herramientas** apropiadas y también el entusiasmo del descubrimiento.

Desde la **meteorología** y contando con la complicidad y apoyo de la **educación** conseguiremos involucrar al conjunto de la **sociedad**, fomentando desde la escuela, en potenciales **científicos aficionados** de todas las edades, la vocación y compromiso voluntario para participar en este proceso científico de observación y descubrimiento.

Además aportará un ingente y valioso retorno de datos al entorno científico, profesional y académico, dentro del paradigma **OPEN SCIENCE** promovido tanto desde los ámbitos de la comunidad científica y de la sociedad civil como desde la Unión Europea, principalmente por medio de proyectos de **Ciencia Ciudadana**.

### El proceso educativo de miniMET

El proyecto cubre los siguientes aspectos del proceso global de observación captación, análisis y difusión de los datos que podemos estudiar del aire en nuestro entorno:

- Bricolaje para construir una garita meteorológica
- Introducción a los miniPCs y tarjetas de desarrollo
- Introducción a los sensores y las comunicaciones
- Iniciación a la programación en Python y otros
- Integración y pruebas de la estación
- Ubicación, instalación y puesta en marcha
- Lectura y análisis de los datos observados
- Transmisión y recuperación de los datos

Y considerado en su conjunto aporta materiales didácticos a varias áreas educativas, principalmente:

- Tecnología, TICs (hardware, programación, internet)
- Conocimiento del medio: meteorología y climatología
- Estadística, análisis de resultados, comparaciones con datos de otras estaciones/ centros educativos, etc

Por otra parte, AEMET, que definirá y publicará una especificación técnica así como instrucciones de montaje, certificará cada una de las estaciones candidatas para admitirlas en esta red escolar, y dará formación por medio de cursos y seminarios a los responsables TICs de cada centro inscrito en el proyecto.

También asesorará a la comunidad educativa en la creación de nuevos materiales didácticos apoyados en los contenidos del proyecto y adaptados a todos los ciclos educativos.

Así mismo, y conjuntamente con Educación, promoverá y patrocinará la investigación, el desarrollo y la mejora de los prototipos de estaciones con concursos escolares anuales que reconozcan las mejores iniciativas.

## CIENCIA CIUDADANA

La **Ciencia Ciudadana** y las herramientas de la **Investigación e Innovación Responsable (RRI tools)**<sup>11</sup>, desarrollan el concepto de “**Ciencia con y para la sociedad**” (SWAFS, Science With And For Society)<sup>12</sup> que forman parte de la agenda europea para

la investigación y la innovación – **Horizonte 2020**<sup>4</sup>, y están presentes como eje director desde la misma concepción del proyecto miniMET.

Promueve la **participación activa de los ciudadanos en la ciencia, y el compromiso social de investigadores e innovadores con la sociedad**, con el objetivo de construir una cooperación efectiva entre ciencia y sociedad que vincule la **excelencia científica con la conciencia y responsabilidad social**.

Para involucrar al conjunto de la Sociedad hay que **fomentar desde la escuela** la vocación y compromiso voluntario para participar en este proceso científico de observación y descubrimiento enseñando las bases de la Ciencia Ciudadana.

A medio y largo plazo, cuando la ciencia ciudadana se encuentra con la educación:

- Estamos alentando al **científico** dentro de cada **ciudadano**
- Estamos educando al **ciudadano** dentro de cada futuro **científico profesional**

Hablamos pues de fomentar la:

### CO - LABORACIÓN y CO - CREACIÓN

El **fomento de la educación y la ciencia ciudadana** podría llegar a desarrollarse íntegramente en un futuro no muy lejano como una nueva línea estratégica de AEMET para afrontar el reto del desarrollo e innovación de Horizonte 2020 de la Unión Europea.

## PLAN DE ACCIÓN PARA EL DESARROLLO Y CONSOLIDACIÓN DE LA CIENCIA CIUDADANA EN ESPAÑA

En el marco de colaboración con entidades de Ciencia Ciudadana, el autor, en nombre de AEMET, fue invitado por la **Fundación Ibercivis**<sup>6</sup> para participar en tres reuniones junto con otros treinta expertos de distintos ámbitos, con el objetivo de discutir y definir este impulso a la ciencia ciudadana desde el **Ministerio de Economía, Industria y Competitividad y la FECYT, Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología**<sup>5</sup>.

Las reuniones tuvieron lugar entre noviembre de 2017 y finales de enero de 2018, en la sede del MINEICO, en Medialab-Prado (Fig. 4), ambas en Madrid y en el **Centro ETOPIA** de Zaragoza la tercera (Fig. 5). De todas ellas han resultado documentos internos de conclusiones, en particular de la tercera que cierra el trabajo y aboca a estudiar y plantear los siguientes pasos a dar. Ibercivis seguirá trabajando en colaboración con MINEICO/FECYT



Fig. 4 - Segunda reunión en Medialab-Prado, en Madrid



Fig. 5 - Tercera reunión en ETOPIA, en Zaragoza

### III ENCUENTRO NACIONAL DE CIENCIA CIUDADANA EN MEDIALAB-PRADO, MADRID 9 diciembre de 2017

**Medialab-Prado** es un laboratorio ciudadano que funciona como lugar de encuentro para la producción de proyectos culturales abiertos. Cualquier persona puede hacer propuestas o sumarse a otras y llevarlas a cabo de manera colaborativa. La actividad se estructura en grupos de trabajo, convocatorias abiertas para la producción de proyectos, investigación colaborativa y comunidades de aprendizaje en torno a temas muy diversos.

<https://www.medialab-prado.es/>

Coincidiendo con la Segunda Reunión de Expertos de Ibercivis se desarrolló este Encuentro de Ciencia Ciudadana lo que nos permitió inscribirnos y participar presentando el proyecto miniMET junto a otras experiencias de ciencia ciudadana (Fig. 6). El proyecto tuvo muy buena acogida del público y además la presentación fue retransmitida en streaming por YouTube (Fig. 7). A raíz de la misma establecimos una colaboración mutua con la entidad Medialab-Prado incorporándola al **Grupo de Trabajo miniMET** al que nos referiremos más adelante. También establecimos colaboraciones con otros dos proyectos allí expuestos, *OdourCollect* y *Mosquito Alert*.



Fig. 7 - Portada del video de YouTube de la presentación

Fig. 6 - Presentación de miniMET en Medialab-Prado



### CROWDSOURCING

**Red Climatológica Secundaria de AEMET:** un siglo de voluntariado/crowdsourcing de nuestros colaboradores

Estos voluntarios (Fig. 8) han mantenido este servicio desde 1911 cuando José Galbis, jefe de la entonces “Oficina Central de Meteorología” adoptó la decisión estratégica de expandir la red de observación profesional con otros datos recogidos por personal no profesional.



En esta red de AEMET hay en la actualidad cerca de tres mil personas involucradas quienes voluntariamente recogen datos, principalmente de precipitación y temperatura, cada día del año.

Algunos son incluso observadores fenológicos y nos aportan información acerca del comportamiento de plantas y animales en relación a las condiciones ambientales.

Fig. 8 - Colaboradora de AEMET

**No obstante, la cruda realidad es que la cantidad de colaboradores se ha reducido a la mitad en los últimos cuarenta años debido a su elevada edad media y a la dificultad de transmitir esta vocación a sucesores más jóvenes (Fig. 9).**

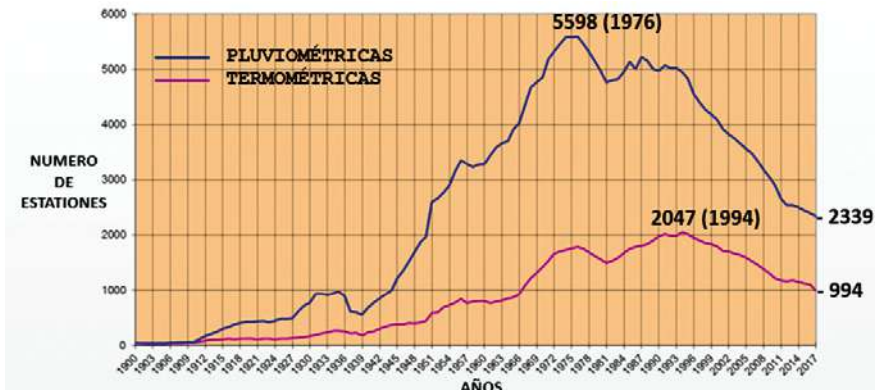


Fig. 9 - Evolución del número de colaboradores desde 1900 hasta el presente

**miniMET** ha sido propuesto para proporcionar estaciones automáticas abiertas a, al menos, parte de estos colaboradores, no solo para alentar y recuperar a los voluntarios más jóvenes, sino también porque, con este mismo dispositivo probado y contrastado con sus medidas analógicas, cualquier participante en el proyecto educativo, ya sea una escuela, un centro medioambiental o particular aficionado a la meteorología, se convierte de hecho en un colaborador de AEMET.

### Marzo de 2017: AEMET asume oficialmente el desarrollo del proyecto

En abril de 2017 el proyecto fue presentado en Eumetsat/Damstadt, Alemania, por la portavoz de AEMET, en un taller H2020, SWAFS-13-2017 “**Integrating Society in Science and Innovation - An approach to co-creation**”. Aunque el taller se canceló, el proyecto fué muy bien acogido y recibió visibilidad y “oficialidad” (Fig. 10).

AEMET, la Agencia Estatal de Meteorología, promueve la creación de una nueva línea de su Plan Estratégico, para fomentar la Educación y la Ciencia Ciudadana.

El **Departamento de Producción** impulsa miniMET como un proyecto muy transversal, con el soporte de Áreas de la Agencia como Redes de Observación, Explotación y Gestión de Datos, Climatología, Formación, Innovación, Calidad, Comunicación, etc



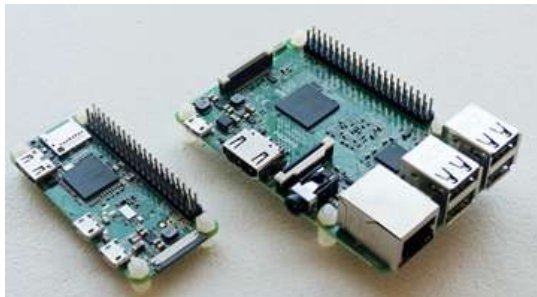
Fig. 10 - Documento oficial del Proyecto miniMET de AEMET

Al mismo tiempo promoverá **convenios de colaboración** con la comunidad educativa, a niveles autonómicos y estatales para extender esa transversalidad a los profesionales de la educación que son los que pueden, y deben, generar y adecuar los contenidos educativos dimanantes del proyecto al nivel de cada ciclo educativo.

Para materializar este proyecto aportamos desde la **iniciativa RasPiMAX** varios prototipos de **estación meteorológica automática abierta (EMAA)**, de construcción sencilla y bien definida como proyecto de tecnología con elementos asequibles y probados de hardware abierto y software libre (Figs 11 a 13).

AEMET facilitará **especificaciones y manuales** para contruir esta estación. Igualmente las **certificará** tanto en su hardware como en su ubicación, como condición para admitirlas y registrarlas en el red miniMET.

Una **estación miniMET** es un **dispositivo IoT**, es decir que se conecta en red para enviar los datos de observación al **OpenData colaborativo**<sup>1</sup> de AEMET que cumplirá la triple función de recolectar los datos, mostrarlos a la comunidad educativa y a la sociedad a través de mapas digitales en internet, y finalmente compartirlos de vuelta como datos abiertos, porque **Open Science y Open Data son conceptos inseparables**. Además, con ellos generará **mapas climatológicos** y desarrollará **protocolos de comparación/extrapolación** con los datos de las estaciones oficiales para darles valor añadido en la vigilancia meteorológica por impactos.



Al mismo tiempo promoverá **convenios de colaboración** con la comunidad educativa, a niveles autonómicos y estatales para extender esa transversalidad a los profesionales de la educación que son los que pueden, y deben, generar y adecuar los contenidos educativos dimanantes del proyecto al nivel de cada ciclo educativo.

Fig. 11 - Raspberry Pi Zero y 3B, los miniPCs más educativos

### La estación meteorológica automática abierta miniMET

#### ¿Qué parámetros del aire mide una estación miniMET?

- Temperatura y Humedad relativa del aire
- Presión atmosférica
- Dirección y Velocidad del viento
- Precipitación
- Iluminación, IR y UV
- Detección de caída de rayos
- Calidad del aire (gases) y contaminación acústica
- WebCam para ver el estado del cielo

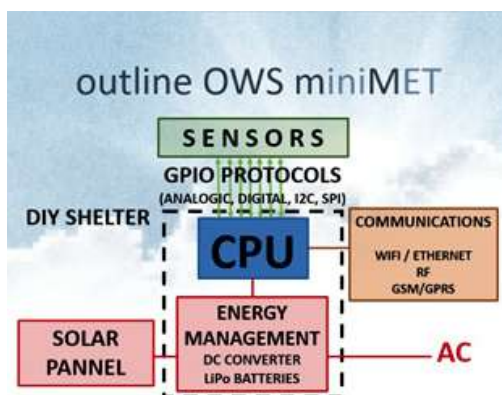


Fig. 12 - Esquema de bloques de un prototipo de estación



Fig. 13 - Sensores y elementos de gestión de la energía

Desde el año 2014 desde la parte más “ciudadana” del proyecto, la Iniciativa RasPi-MAX, hemos desarrollado varios prototipos de estación siendo la versión IV la que se está ultimando en la actualidad para iniciar las pruebas en la terraza de observación de AEMET junto a otras estaciones oficiales y prototipos (Figs. 14 a 17)

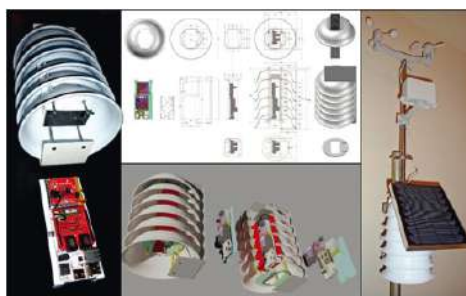


Fig. 14 - 2014: proyecto miniMET I

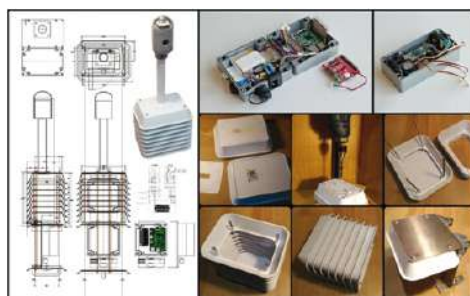


Fig. 15 - 2015: proyecto miniMET II



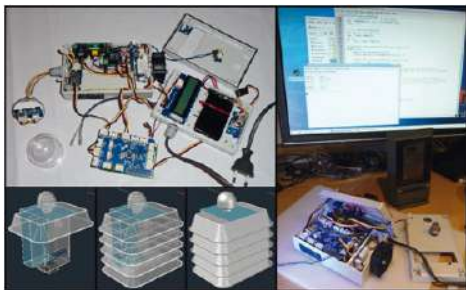


Fig. 16 - 2016: proyecto miniMET III



Fig. 17 - 2017-2018 - proyecto miniMET IV



Fig18 - Entrevista de Mara Dambour en blog educativo LZONE de EUMETSAT



### La gira miniMET

El proceso de difusión pública del **proyecto AEMET - miniMET** comenzó en Damstadt en abril de 2017 en un taller de H2020, continuó con la entrevista a resultados del mismo por Mara Dambour<sup>3</sup>, coordinadora de aquel taller y

también del blog educativo de EUMETSAT, L-Zone.info, titulada “An interview with the inventors of miniMET” (Fig. 18 y 19) que se tradujo al castellano y se publicó poco después en el blog de AEMET el 27 de septiembre de 2017.

A continuación fue todo un hito para la visibilidad, la participación en representación de AEMET en las tres reuniones de expertos en temas de ciencia ciudadana organizadas por Ibercivis para el MINEICO/FECYT, así como la presentación del proyecto en un foro tan de culto en el tema como es Medialab-Prado.

El 30 de enero de 2018 se emitió una entrevista al autor en el programa **los4elementos** de José Miguel Viñas<sup>13</sup>, en Radio Castilla La Mancha, en un monográfico

sobre educación ambiental, para contar los detalles del proyecto miniMET en el entorno de la educación y la ciencia ciudadana (Fig. 19).



Fig. 19 - Entrevista de José Miguel Viñas en los4elementos

Los días 14 y 15 de febrero de 2018 presentamos el proyecto AEMET-miniMET en la sede del FMI en Helsinki, en un taller organizado por Eumetnet, Workshop on Crowdsourcing, junto a otras agencias e institutos meteorológicos europeos que coinciden en la necesidad de desarrollar un Proyecto de Observación en base al crowdsourcing en el seno de EUMETNET (Fig. 20).



FINNISH METEOROLOGICAL INSTITUTE



Fig. 20 - Eumetnet Workshop on Crowdsourcing

Los días 5, 6 y 7 de marzo de 2018 se desarrollaron en León las XXXV Jornadas Científicas de la AME y allí estuvimos para presentar el proyecto AEMET-miniMET.

### Formación

Cierra la gira y también el círculo conceptual de la primera página por cuanto tiene que ver con la educación, en concreto, la necesaria **formación** del profesorado en el área de la meteorología, nuestra participación, por segundo año consecutivo en el curso que organiza el COFIS, Colegio de Físicos de Madrid en colaboración con AEMET, el XVII Curso de Formación del Profesorado en el Área de la Meteorología (Fig. 21)



Fig. 21 - XVII Curso del COFIS de meteorología para el profesorado

### Para Quién Es miniMET

Es decir, a quién va orientado y quiénes pueden participar construyendo su estación miniMET e integrándola en la red de AEMET-miniMET:

- Centros escolares públicos, privados y concertados, enseñanza obligatoria, bachillerato, FP, universidades.
- Centros medioambientales educativos.
- Colaboradores oficiales de Aemet.
- Particulares aficionados a la meteorología.
- Entidades promotoras de ciencia ciudadana y educación.

Como ejemplo de colaboración activa y con quien estamos a punto de comenzar una fase pre-piloto a finales del mes de mayo de 2018 está el **Aula de Estudios Medioambientales de Pozuelo**, dirigida por Antonio Cano<sup>2</sup>, entusiasta de las estaciones miniMET (Fig. 22).



Fig. 22 - CREAS de Pozuelo de Alarcón, en Madrid

### Estado actual miniMET

- Desarrollo final y pruebas del primer prototipo en terraza de AEMET (Fig. 23).
- Desarrollo de la Documentación y Convenios de colaboración.
- Preparación Proyecto Piloto previsto para lanzar en 3T 2018.



Fig. 23 - Terraza de AEMET

### Grupo de Trabajo miniMET

- Abierto a todos interesados en participar o sólo informarse. Información, discusión y desarrollo conjunto de aspectos de implantación, financiación, materiales didácticos, etc



- Por medio de lista de distribución de correos de Rediris.
- Solicitar participación escribiendo a [minimet@aemet.es](mailto:minimet@aemet.es)
- Más información sobre esta inscripción en el blog RasPiMAX, <http://raspimax.es>

### Mapa Piloto minMET

Representa sobre el mapa los participantes actuales en el Grupo de Trabajo mini-MET, categorizados por su tipo según la leyenda inferior (Fig. 24).

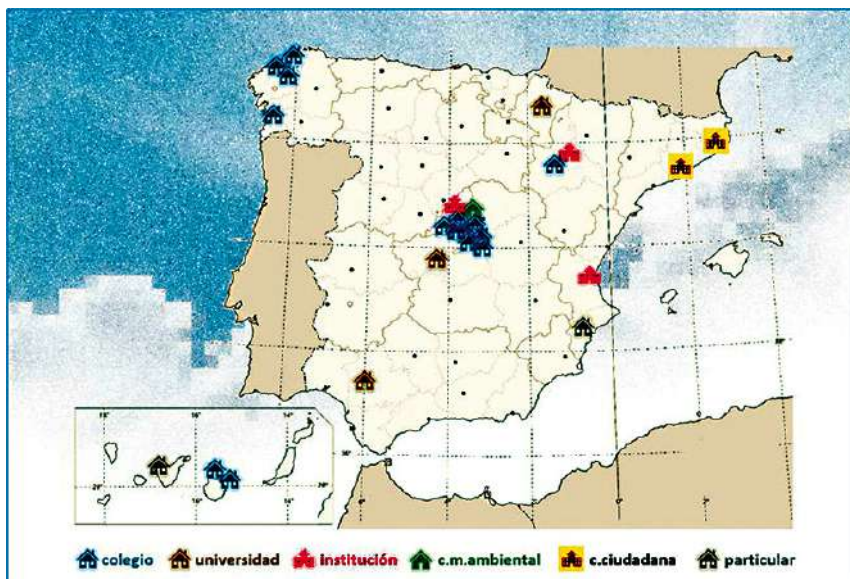


Fig. 24 - Mapa piloto miniMET

- 19 centros escolares (9 IES, 1 SIES, 2 CEIP, 1 CEE, 1 CRA con 4 colegios rurales, y 2 privados)
- 3 departamentos de universidad (Sevilla , UP Navarra y UCLM)
- 1 centro medioambiental (Aula de Estudios Ambientales/CREAS Pozuelo)
- 2 proyectos de ciencia ciudadana (Mosquito Alert/CEAB-CSIC y Odour Collect/Ibercivis)
- 2 instituciones de ciencia ciudadana (Medialab-Prado e Ibercivis)
- 1 institución educativa (CEFIRE, Centro de Formación, Innovación y Recursos para el profesorado en el área STEM, de la Comunidad Valenciana)
- 1 aficionado particular
- 6 funcionarios de AEMET

### El Portal miniMET

Concebido como centro de referencia del proyecto (prototipo) dedicado únicamente a miniMET, a diferencia del blog RasPiMAX que trata de otros muchos temas. Multilingüe para difundir el proyecto en Europa si bien en la actualidad sólo contamos con la traducción al inglés. Entorno multi-dominio con códigos de país top-level ccTLD. El dominio eu, bajo el icono-bandera EU contiene información abundante, en inglés sobre las participaciones y presentaciones fuera de España (Fig. 25). <http://es.minimet.net>



Fig. 25 - Portal multilingüe minimet.net

### Referencias:

1. AEMET OpenData: <https://opendata.aemet.es/centrodedescargas/inicio>
2. Cano, A, 2017, Aula de Educación Ambiental, Pozuelo de Alarcón: <https://educacionambiental.pozuelodealarcon.org/>
3. Dambour, M, 2017: An interview with the inventors of miniMET, <http://l-zone.info/2017/09/an-interview-with-the-inventors-of-minimet/>
4. ESHORIZONTE2020, Ciencia con y para la Sociedad: <https://eshorizonte2020.es/mas-europa/ciencia-con-y-para-la-sociedad>
5. FECYT, Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología: <https://www.fecyt.es/es/info/presentacion>
6. Fundación Ibercivis: <http://www.ibercivis.es/>
7. Grupo MAX en educaMadrid: <https://www.educa2.madrid.org/web/max/miembros>
8. MAdrid\_linuX en educaMadrid, <https://www.educa2.madrid.org/web/max/>
9. Medialab-Prado, Archivo III Encuentro Ciencia Ciudadana, 2017: <http://old.medialab-prado.es/article/iii-encuentro-ciencia-ciudadana>
10. Raspberry Pi Foundation: <https://www.raspberrypi.org/>
11. RRI Tools: <https://www.rri-tools.eu/es>
12. SWAFS Science With And For Society: <https://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/en/h2020-section/science-and-society>
13. Viñas, J.M., 2017: <http://www.divulgameteo.es/>, podcasts de los4elementos: <http://www.cmmedia.es/programas/radio/los-cuatro-elementos/podcasts/>