

CONAMA 2020

CONGRESO NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE

Observatorio de Cambio Global de Sierra Nevada

Despliegue de Redes de Sensores
basadas en tecnologías LPWAN



OBSERVATORIO DE CAMBIO GLOBAL DE SIERRA NEVADA: DESPLIEGUE DE REDES DE
SENSORES BASADAS EN TECNOLOGÍAS LPWAN



OBSERVATORIO DE CAMBIO GLOBAL DE SIERRA NEVADA: DESPLIEGUE DE REDES DE SENSORES BASADAS EN TECNOLOGÍAS LPWAN

Autor Principal: Pablo David Guerrero Alonso (Universidad de Granada)

Otros autores: Regino Zamora Rodríguez (Universidad de Granada); Ricardo Moreno Llorca (Universidad de Granada); Antonio Pérez Luque (Universidad de Granada); Manuel Merino Ceballos (Universidad de Granada); Andrea Ros Candeira (Universidad de Granada)

Índice

1. Resumen.....	2
2. Tecnologías LPWAN.	2
2.1 Espectro licenciado.....	2
2.2 Espectro no licenciado.....	3
2.3 Cobertura/disponibilidad de red.....	4
3. IoT, M2M, LPWAN y MQTT.....	4
4. MQTT.....	6
5. Red de sensores desplegada en el Parque Natural de Sierra Nevada.	7
6. Conclusión.	12
7. Bibliografía.....	13

1. RESUMEN

El Observatorio de Cambio Global de Sierra Nevada, enmarcado en la Red de Observatorios de Cambio Global de Andalucía, integra en su programa de monitoreo el despliegue, monitorización y gestión de varias redes de sensores cuyo objetivo primordial es la monitorización de parámetros ambientales que permitan evaluar los efectos del cambio climático.

Los equipos y tecnologías existentes han ido evolucionando hasta permitir la existencia de equipos autónomos que envían sus datos en tiempo real a cualquier parte del mundo. Las tecnologías que ahora mismo están marcando tendencia, debido a su utilización en el campo del IoT (Internet de las cosas), son las basadas en frecuencias y protocolos LPWAN (tecnologías de red de área amplia de bajo consumo).

Desde el Observatorio, basándonos en nuestra experiencia, pretendemos presentar una de las redes que utiliza estas tecnologías y que tenemos actualmente desplegada en campo.

2. TECNOLOGÍAS LPWAN.

En esencia, como su propio nombre indica, las tecnologías LPWAN: *Low Power Wide Area Network* son redes inalámbricas que transmiten pequeñas cantidades de datos a grandes distancias.

En este tipo de redes la frecuencia con la que se transmite información y la velocidad de transmisión pasan a un segundo plano, mientras que otros factores como el costo del dispositivo, cobertura, duración de la batería o la seguridad pasan a ser prioritarios.

Su idoneidad de cara a la monitorización medioambiental es evidente, ya que, generalmente los parámetros que se monitorizan en campo con sensores requieren de transmisión de poco volumen de información y no de forma continua en el tiempo, siendo muy importante reducir las visitas de mantenimiento a dichas infraestructuras, pues suelen estar ubicadas en sitios remotos.

Existen multitud de tecnologías en desarrollo, pero nos centraremos en las que actualmente están disponibles. El primer punto a considerar es si el espectro en frecuencia que utilizan dichas tecnologías es o no licenciado, ya que esto incidirá directamente en la disponibilidad de cobertura y el coste de mantenimiento de la infraestructura.

2.1 Espectro licenciado

Dentro del espectro licenciado tenemos dos estándares de comunicaciones celulares (comercializados por operadores de telefonía móvil) como son NB-IoT (Narrow-Band IoT) y LTE-M (Long Term Evolution for Machines).

OBSERVATORIO DE CAMBIO GLOBAL DE SIERRA NEVADA: DESPLIEGUE DE REDES DE SENSORES BASADAS EN TECNOLOGÍAS LPWAN

NB-IoT.

Estas tecnologías emplean un ancho de banda menor, lo que permite mayor densidad de dispositivos y menos consumo de energía; además, al depender de la cobertura 4G, tienen una excelente penetración en edificios y bajo tierra, lo que la hace idónea para uso en interiores y en áreas urbanas densas.

LTE-M:

Estas tecnologías están diseñadas para un ancho de banda mayor, transmiten a más velocidad y permiten movilidad. Están basadas también en 4G, aunque con protocolos específicos y muy agresivos de ahorro de energía que hacen que estén apagados siempre que no necesiten transmitir.

2.2 Espectro no licenciado

En segundo lugar, dentro del espectro no licenciado, tenemos las tecnologías SigFox y LoRaWAN. Ambas son estándares de tecnología inalámbrica que operan en el espectro de frecuencias industrial, científico y médico (ISM).

SigFox

SigFox es una tecnología propietaria que aspira convertirse en un operador global de IoT.

- SigFox gestiona completamente la comunicación entre el dispositivo IoT y la nube, lo que hace que la integración del módulo de radio sea un proceso bastante simple para el usuario. Para interactuar con el módulo de radio se proporciona una única API por lo que no se requiere configuración.
- SigFox tiene los módulos de radio de menor costo, funciona bien para dispositivos sencillos que transmiten con poca frecuencia, porque envía cantidades muy pequeñas de datos muy lentamente.
- Las estaciones tienen mucho alcance, pero no está desplegado en todas partes, por lo que hay que asegurar la cobertura antes de utilizarlos.
- La movilidad es difícil con los dispositivos Sigfox.

LoRaWAN

LORAWAN en cambio, es un estándar público de acceso redes, que se basa en tecnología LORA, pero la amplía con encriptación, seguridad y transporte mediante Gateway a través de redes en estrella, privadas o públicas y que algunos operadores empiezan a ofrecer conexiones LORAWAN públicas mediante tarifas más o menos bajas.

Es importante entender que LORA es simplemente un estándar de comunicación y transporte de mensajes por radio entre nodos iguales. LORA no gestiona una red de transporte de alto nivel,

OBSERVATORIO DE CAMBIO GLOBAL DE SIERRA NEVADA: DESPLIEGUE DE REDES DE SENSORES BASADAS EN TECNOLOGÍAS LPWAN

como el IP, solo el transporte de mensajes entre nodos. La comunicación puede ser bidireccional y emplea una topología de estrella.

Cuadro 1. SigFox vs LoRaWAN

SigFox	LoRa
Alcance urbano 3-10 km	Alcance urbano 2-5 km
Alcance en campo 30-50 km	Alcance en campo 15-20 km
Tamaño de paquete 12 bytes	Tamaño de paquete definido por usuario
Nodos por punto 1M	Nodos por punto 100.000
Topología en Estrella	Topología en Estrella

Fuente: <https://botrueactivities.com/comparativa-entre-sigfox-y-lorawan>

2.3 Cobertura/disponibilidad de red

Es fundamental a la hora de diseñar nuestro experimento prestar atención a la elección de la frecuencia de trabajo de los equipos que se emplearán para transmitir la información. Debemos asegurarnos de que los equipos que seleccionemos tengan cobertura de algún operador en la zona de despliegue de nuestro experimento.

Si empleamos tecnologías licenciadas lo mejor es consultar al operador existente en cada zona pues la mayoría posee herramientas que permiten consultar la cobertura online o a petición.

4G - <https://www.movistar.es/particulares/coberturas/movil/>

4G - <https://www.vodafone.es/c/conocenos/es/vodafone-espana/mapa-cobertura-movil/>

En el caso de tecnologías no licenciadas

Sigfox: <https://www.sigfox.com/en/coverage>

NB-IoT: <https://www.vodafone.es/c/conocenos/es/vodafone-espana/mapa-cobertura-movil/>

3. IOT, M2M, LPWAN Y MQTT.

El internet de las cosas (Internet of Things) es un concepto que se refiere a la agrupación e interconexión de dispositivos y objetos a través de una red (bien sea privada o Internet), dónde todos ellos podrían ser visibles e interactuar.

OBSERVATORIO DE CAMBIO GLOBAL DE SIERRA NEVADA: DESPLIEGUE DE REDES DE SENSORES BASADAS EN TECNOLOGÍAS LPWAN

Respecto al tipo de objetos o dispositivos podrían ser cualquiera, desde sensores y dispositivos mecánicos hasta objetos cotidianos como pueden ser el frigorífico, la ropa, la paquetería, etc. Cualquier cosa que se pueda imaginar podría ser conectada a internet e interactuar sin necesidad de la intervención humana con otros dispositivos. El objetivo por tanto es una interacción de máquina a máquina, o lo que se conoce como una interacción M2M (machine to machine) o dispositivos M2M.

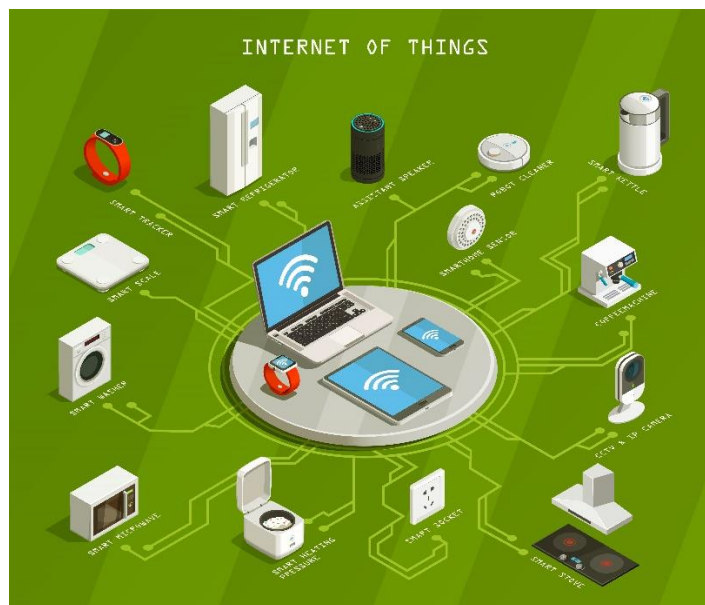


Figura 1. IoT e interacción M2M.

Como vemos, esto implica la existencia de redes que admitan la interconexión de infinidad de dispositivos, lo cual hace imprescindible priorizar factores ya vistos como son el costo del dispositivo, cobertura, la duración de la batería o la seguridad. Esa es la razón de que las tecnologías LPWAN sean actualmente las más empleadas en el campo del IoT.

Pero, ¿cómo podemos lograr que dos o más dispositivos puedan comunicarse y entenderse?. La respuesta es emplear un protocolo de comunicación siendo el más utilizado en el caso de M2M en IoT el protocolo MQTT el cual cumple con las siguientes exigencias:

- Escalable. Permite añadir dinámicamente dispositivos.
- Sencillo. Dado que debemos conectar multitud de dispositivos simultáneamente, esto requiere que sean de bajo coste y baja capacidad de cálculo para que puedan integrarse en cualquier sitio y el procesamiento de mensajes sea básico.
- Interoperabilidad. Va a haber gran variedad de dispositivos.
- Seguridad. Debe existir seguridad dada la heterogeneidad de los dispositivos que se pueden querer conectar.

4. MQTT.

El protocolo MQTT se ha alzado como uno de los estándares para aplicaciones IoT debido a sus características que lo hacen especialmente indicado para comunicaciones M2M. Es un protocolo muy sencillo que requiere de escasa potencia de procesamiento y por tanto de un consumo mínimo de energía.

MQTT son las siglas MQ Telemetry Transport, aunque en primer lugar fue conocido como Message Queuing Telemetry Transport. Es un protocolo de comunicación M2M (machine-to-machine) de tipo cola de mensajes.

El funcionamiento del MQTT es un servicio de mensajería push con patrón publicador/suscriptor (pub-sub). En este tipo de infraestructuras los clientes se conectan con un servidor central denominado bróker.

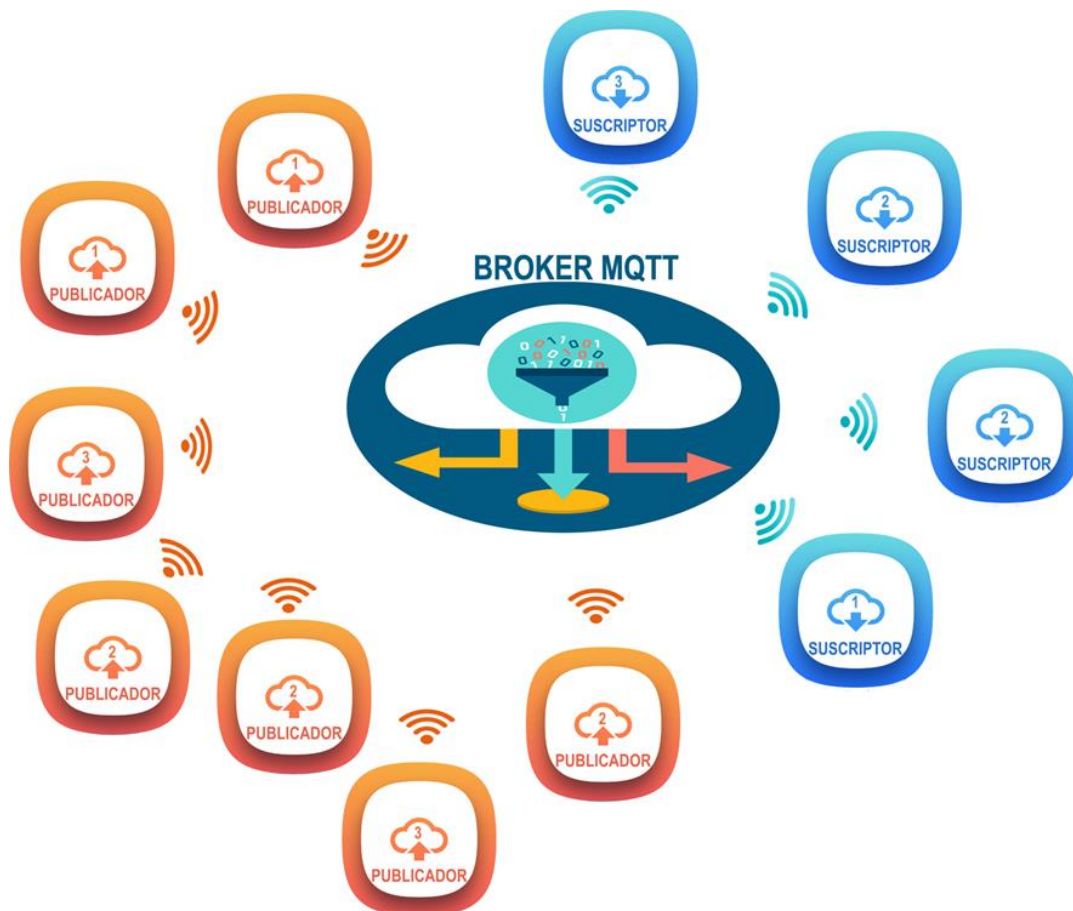


Figura 2. Esquema comunicaciones MQTT

OBSERVATORIO DE CAMBIO GLOBAL DE SIERRA NEVADA: DESPLIEGUE DE REDES DE SENSORES BASADAS EN TECNOLOGÍAS LPWAN

Para filtrar los mensajes que son enviados a cada cliente los mensajes se disponen en temas organizados jerárquicamente. Un cliente puede publicar un mensaje en un determinado tema. Otros clientes pueden suscribirse a este tema, y el broker le hará llegar los mensajes suscritos.

De forma muy simplificada el intercambio de mensajes ente un publicador (Client B) que envía valores de temperatura en el tema "temperatura/roof", y un suscriptor (Client A) que se suscribe a dicho tema, sería el siguiente:

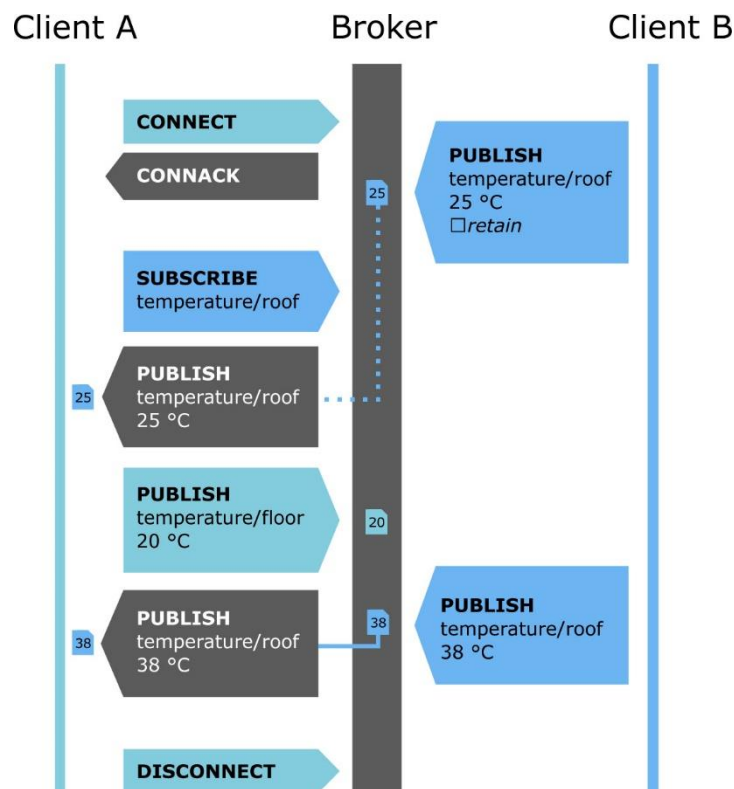


Figura 3. Interacción publicador/suscriptor.

Adicionalmente MQTT dispone de un mecanismo de calidad del servicio o QoS y de distintas medidas de seguridad que podemos adoptar para proteger las comunicaciones.

5. RED DE SENSORES DESPLEGADA EN EL PARQUE NACIONAL DE SIERRA NEVADA.

Como parte de la estrategia de observación del cambio global en Sierra Nevada se están desplegando redes de sensores que miden distintos parámetros.

Nuestro objetivo en este punto es ilustrar todo lo comentado anteriormente describiendo una de las redes de sensores que en la actualidad se encuentran desplegadas en Sierra Nevada.

OBSERVATORIO DE CAMBIO GLOBAL DE SIERRA NEVADA: DESPLIEGUE DE REDES DE SENSORES BASADAS EN TECNOLOGÍAS LPWAN

En el siguiente diagrama se presenta de forma esquemática los distintos elementos que integran la red y el flujo de información existente.

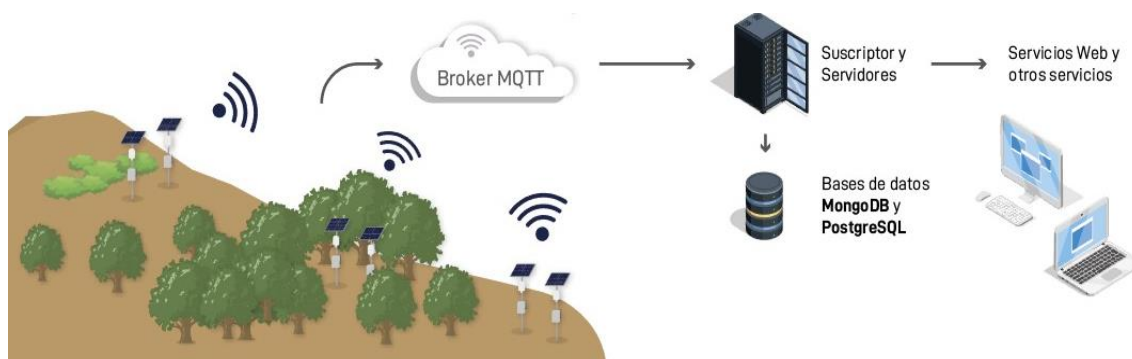


Figura 4. Flujo de información.

Esta red está formada por 70 estaciones multiparamétricas con autonomía para varios años gracias a su batería, panel solar y protección IP67. En este despliegue hemos empleado estaciones con tecnología dual NB-IoT / GPRS con objeto de salvar las zonas sin cobertura NB-IoT.



Figura 5. Estación instalada en campo.

OBSERVATORIO DE CAMBIO GLOBAL DE SIERRA NEVADA: DESPLIEGUE DE REDES DE SENSORES BASADAS EN TECNOLOGÍAS LPWAN

Se trata de estaciones multiparamétricas que permiten la conexión de 2 entradas digitales de pulsos y 4 entradas analógicas (por corriente o tensión) con ganancia ajustable: 0-125mV, 0-250mV, 0-500mV, 0-1V, 0- 1.25V, 0-2.5V, 0-5V, 0-10V, 0-20mA y 4-20mA.

Estas estaciones permiten la configuración de la frecuencia de lectura de los sensores y de envío de mensajes. Cuantos mas sensores se conecten y mayor frecuencia de envío se programe, menos durarán las baterías. En nuestro caso estamos tomando medidas de los sensores cada 30 minutos, y enviando dichas medidas acumuladas cada 8 horas.

En cuanto a los parámetros monitorizados son la temperatura a distintas alturas, humedad ambiental y concentración volumétrica de agua bajo tierra.

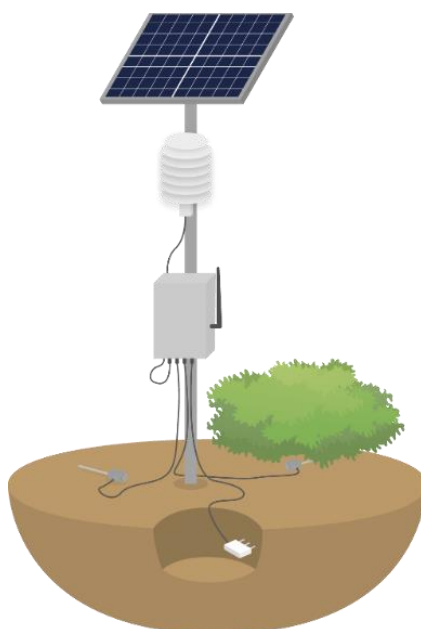


Figura 6. Esquema colocación sensores.

Estas medidas se están tomando a distintas cotas que oscilan entre 1200 m. y 2300 m. en exposiciones Norte, Sur y Oeste de Sierra Nevada.

Atendiendo sólo a los sensores podemos cuantificar el volumen de información generado diariamente. Tenemos 70 estaciones y cada estación toma 48 medidas diarias de cada uno de los parámetros monitorizados, esto equivale a 20.160 valores/día.

Toda esta información se envía desde cada una de las estaciones de medida a un bróker MQTT, es decir, cada una de estas estaciones está actuando como publicador de mensajes M2M. Cada estación manda datos en intervalos de 8 horas, es decir, envía 16 mediciones de cada uno de los sensores conectados.

En otra ubicación remota, existe un equipo que actúa como suscriptor de todos los mensajes M2M emitidos por las estaciones. Es decir, existe un equipo que está suscrito a todos los

OBSERVATORIO DE CAMBIO GLOBAL DE SIERRA NEVADA: DESPLIEGUE DE REDES DE SENSORES BASADAS EN TECNOLOGÍAS LPWAN

publicadores existentes en la red (cada una de las estaciones instaladas en campo). Por tanto, el bróker MQTT cuando recibe los mensajes de cada uno de los publicadores los acumula y se los va enviando al suscriptor.

Por otro lado, el suscriptor es un servidor que implementa otras funcionalidades entre las que se encuentra el almacenamiento de toda la información recibida en distintas bases de datos MongoDB y PostgreSQL.

Una vez que tenemos los datos almacenados en las bases de datos ya están disponibles para cualquier procesamiento o consulta que queramos realizar sobre ellos.

Además de los servidores de bases de datos, el sistema de información también incorpora un servidor web que pone en funcionamiento un portal web que permite monitorizar el estado de cada uno de los sensores desplegados en campo.

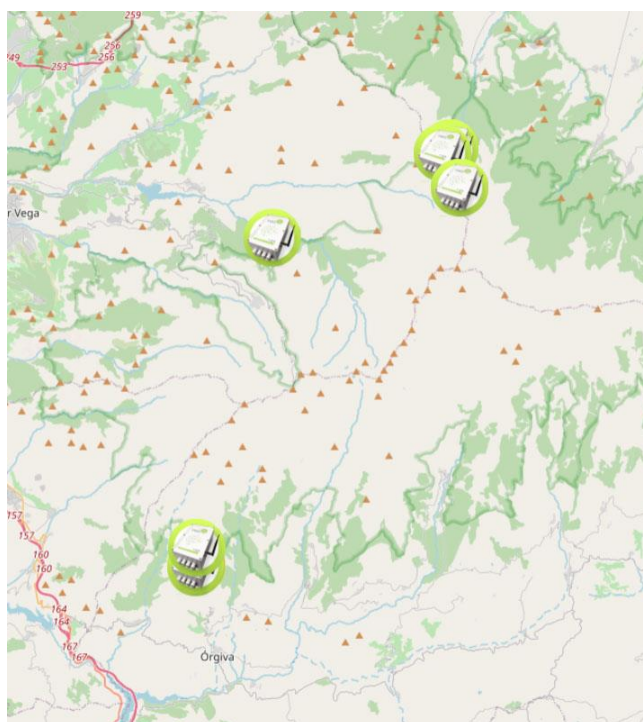


Figura 7. Panel de monitorización de la red.

A parte de esta visión gráfica global de la red, el sistema también muestra de forma particular el estado de conectividad de cada una de las estaciones monitorizadas, el nivel de batería, el rendimiento de la placa solar, etc.

OBSERVATORIO DE CAMBIO GLOBAL DE SIERRA NEVADA: DESPLIEGUE DE REDES DE SENSORES BASADAS EN TECNOLOGÍAS LPWAN

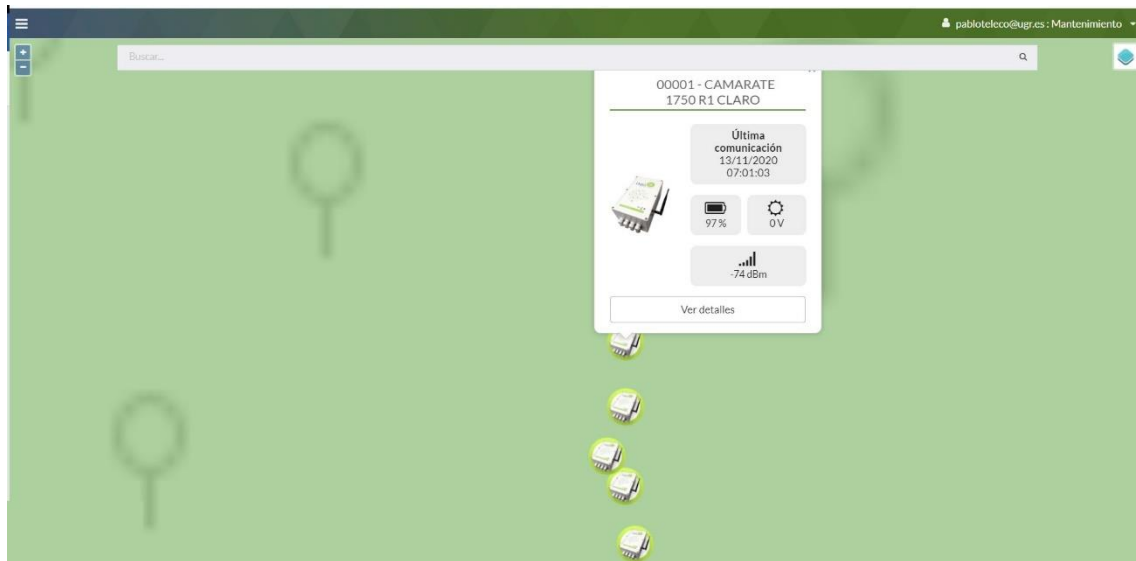


Figura 8. Monitorización de estaciones.

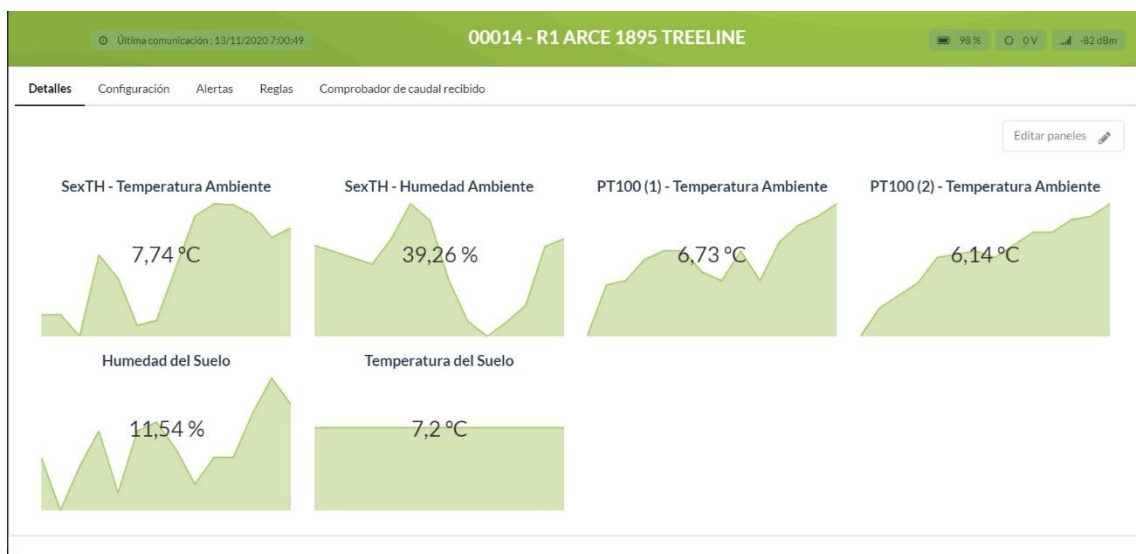


Figura 9. Monitorización de estado sensores y medidas.

Entre otras muchas cosas esta plataforma web, además permitir dar de alta/baja equipos de forma dinámica, también permite la consulta del histórico de datos y la representación gráfica de los mismos y por supuesto su descarga para ser interoperados fuera del portal.

OBSERVATORIO DE CAMBIO GLOBAL DE SIERRA NEVADA: DESPLIEGUE DE REDES DE SENSORES BASADAS EN TECNOLOGÍAS LPWAN

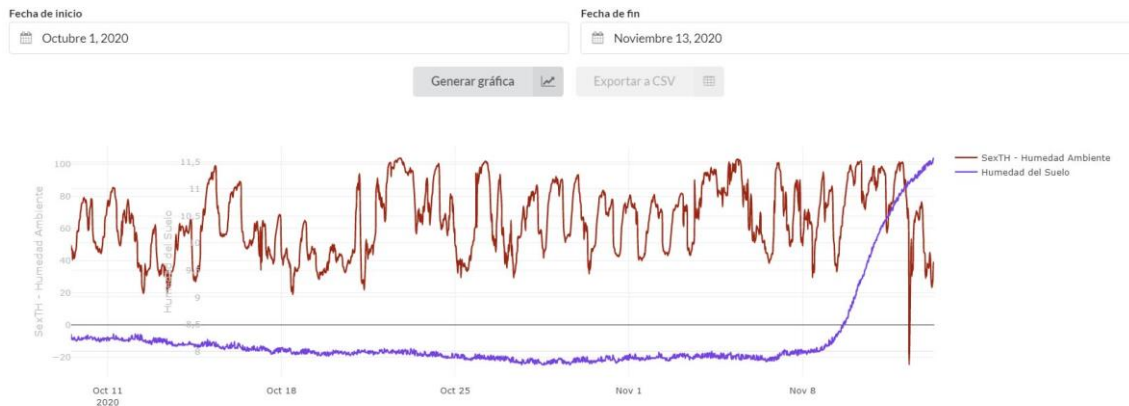


Figura 10. Representación gráfica de las medidas.

Y por último, parte de estos datos realimentan a la página web del Observatorio del Cambio Global de Sierra Nevada (www.obsnev.es) como puede verse en la siguiente imagen.



Figura 11. Web del Observatorio de Cambio Global de Sierra Nevada.

6. CONCLUSIÓN.

Los datos que se generan por parte del IoT ofrecen un enorme potencial ya que pueden transformar las operaciones y decisiones de forma que respondan a los acontecimientos casi en tiempo real.

Pero los datos sin conocimiento no son nada, es necesario que los centros de investigación y empresas den valor añadido a los datos aportados por el IoT articulando las relaciones entre ellos de forma actúen como generadores de conocimiento y permitan su uso de forma eficaz.

7. BIBLIOGRAFÍA

- [1] SIGFOX Technology, <https://www.sigfox.com/en/#!/technology>. (Consultado en 2020).
- [2] SIGFOX Coverage. <https://www.sigfox.com/en/coverage>. (Consultado en 2020).
- [3] Bo true activities. <https://botrueactivities.com/comparativa-entre-sigfox-y-lorawan/> (Consultado en 2020).
- [4] By Simon A. Eugster - Own work, CC BY-SA 4.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=70622928> (Consultado en 2020).
- [5] Mapa de cobertura móvil de Movistar. <https://www.movistar.es/particulares/coberturas/movil/> (Consultado en 2020).
- [6] Mapa de cobertura móvil de Vodafone. <https://www.vodafone.es/c/conocenos/es/vodafone-espana/mapa-cobertura-movil/> (Consultado en 2020).
- [7] Accent Systems. <https://www.vodafone.es/c/conocenos/es/vodafone-espana/mapa-cobertura-movil/> (Consultado en 2020).
- [8] ISO/IEC 20922:2016 Information technology -- MQ Telemetry Transport (MQTT) 3.1.1. iso.org. International Organization for Standardization. June 15, 2016. (Consultado en 2020).