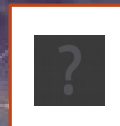


Sergio Rueda (TFM. UOC-2018)



Diseño de una WSN para la estimación del seeing de la cúpula D080, en el Observatorio Astrofísico de Javalambre

Consultor: Raúl Parada Medina

¿Qué es el OAJ?

- **Observatorio Astrofísico de Javalambre**
- **Infraestructura Científica y Técnica Singular (ICTS)**
- **Localizado en Teruel (Sierra de Javalambre-Pico del Buitre a 1957 msnm)**
- **Objetivo Científico:**
 - *Realizar un cartografiado del hemisferio norte que nos permita entender el origen y la naturaleza de la materia y la energía oscura.*

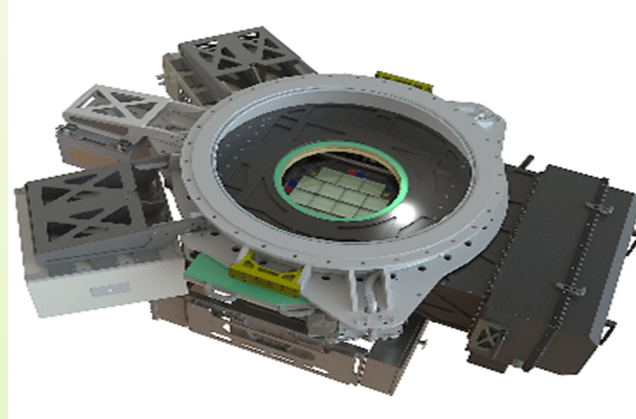


Telescopios, Instrumentos y cúpulas del OAJ

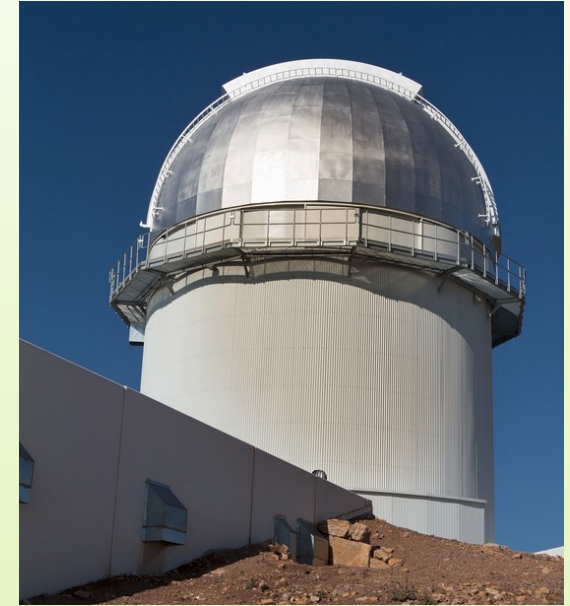
- **Telescopio T250:**



Telescopio JST/T250



Cámara JPCam

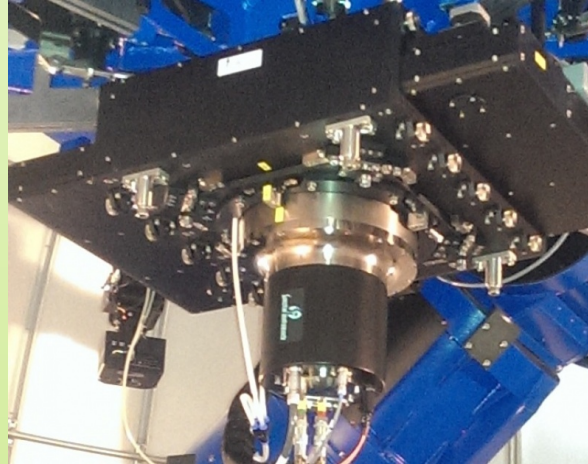


Cúpula D250

- **Telescopio T080:**



Telescopio JAST/T080



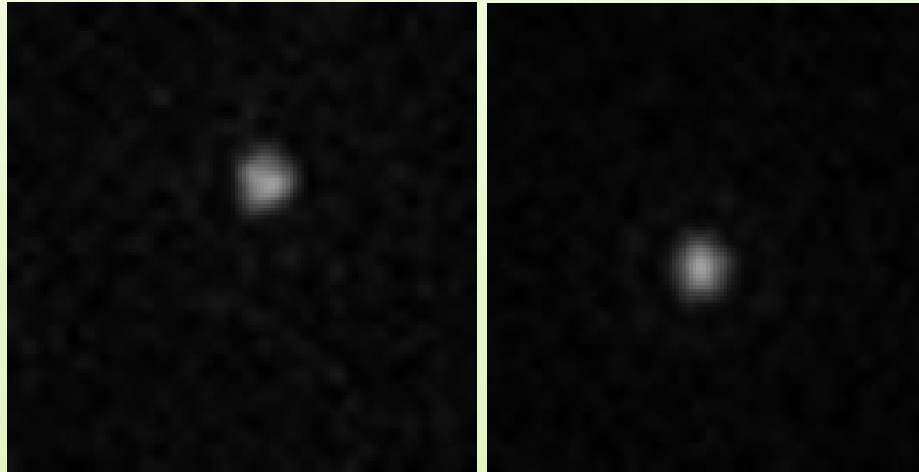
Cámara T80Cam



Cúpula D080

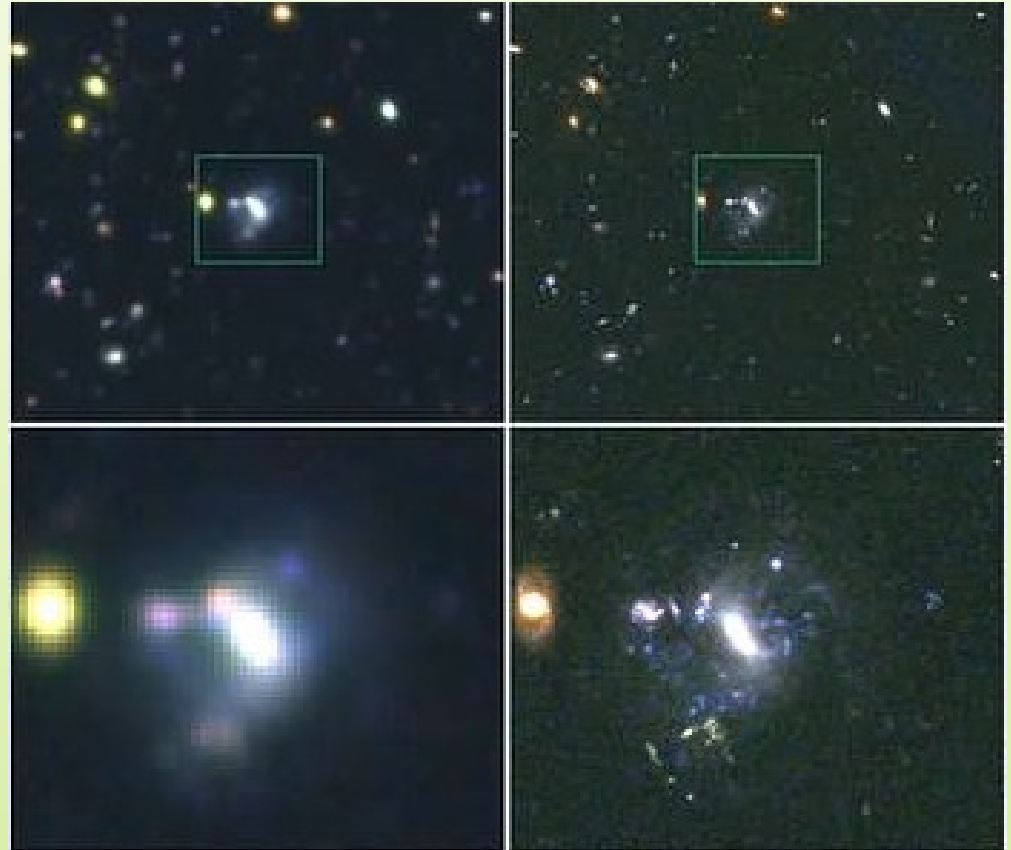
¿Qué es el *seeing*?

Es la distorsión en la calidad de imagen obtenida por los instrumentos (cámaras) debido a efectos de la turbulencia atmosférica (arcsec).



Mal seeing (centelleo)
Monte Fuji (Japón)[1]

Buen seeing
Pico en los Andes (Chile)
[1]



El seeing limita la capacidad de resolver objetos, esta degradación se mide mediante la función FWHM (Full Width High Maximum) y programas específicos para astronomía como el SExtractor [2]

[1] <http://www.atnf.csiro.au/>

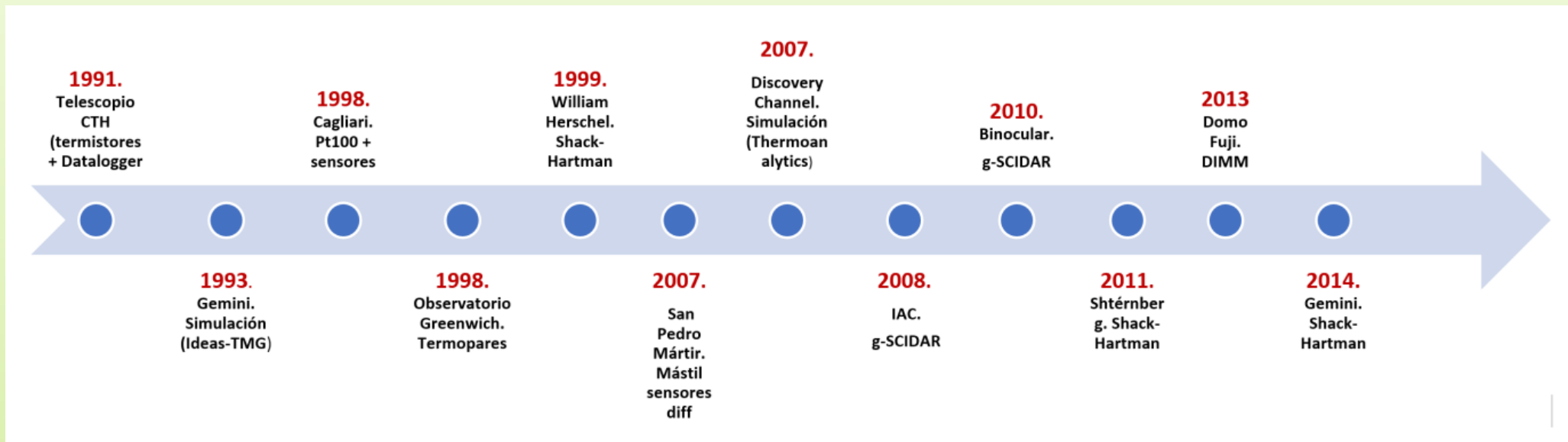
[2] <http://hubblesite.org>

- En los años 70 en el comisionado de grandes telescopios se observa que no se puede llegar a la calidad nominal que las especificaciones de los nuevos instrumentos marcaban.
- Se conocía que las condiciones locales también afectaban a la calidad de la imagen pero no se habían hecho estudios en profundidad.
- Se empieza a estudiar lo que se conoce como seeing local, que no es más que la degradación en la calidad de imagen debida a fenómenos turbulentos del aire próximo al instrumento debido a variaciones de las condiciones de temperatura.

Estado del arte en la medición del seeing

Desde principio de los años 90 se han publicado varios estudios para la determinación del seeing en observatorios astrofísicos profesionales. Básicamente hay dos vertientes:

- Estudio mediante sistemas ópticos.
- Estudio mediante variaciones de temperaturas (con adquisiciones reales o simuladas).

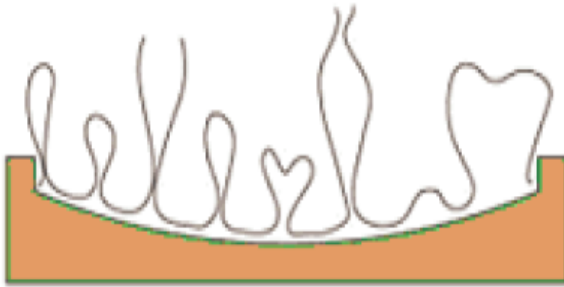


Uso de las WSN en los observatorios astrofísicos

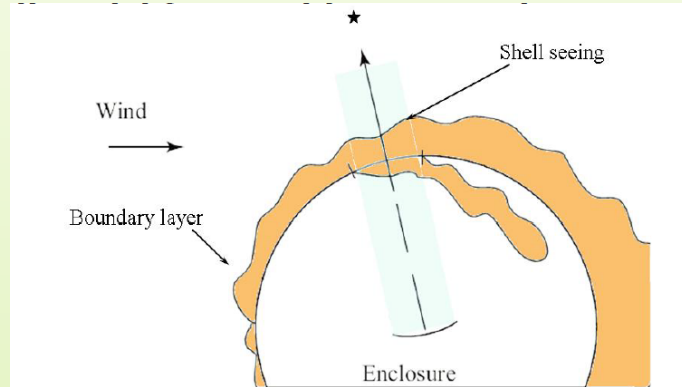
Prácticamente no existe literatura que hable del uso de las redes de sensores en los observatorios astrofísicos profesionales, este trabajo fin de máster es por tanto, pionero en ese sentido.

Tipos de *seeing* local

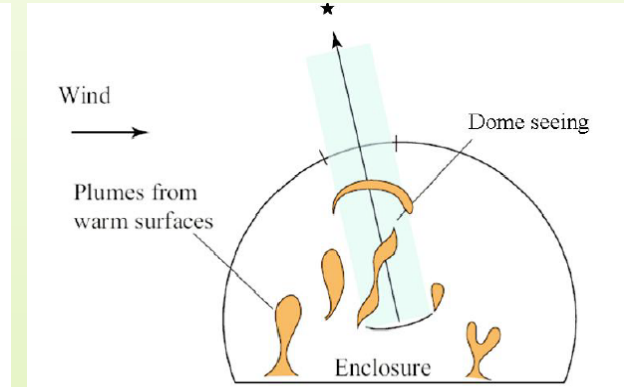
• *Seeing* de espejo:



• *Seeing* de cúpula:



Turbulencia exterior



Turbulencia interior

Turbulencia local Vs *Seeing* local

- Variaciones de temperatura crean turbulencia en el aire.
- Turbulencia en el aire degrada la calidad de imagen.
- Estudios empíricos en otros observatorios establecen una relación sencilla entre variaciones de temperatura en las proximidades de las cúpulas y la degradación del seeing.

Ejemplo (Estudio Dan Blanco para el CFHT – Canadá Francia Hawai Telescope):

$$\text{Degradación interior} = 0.10\Delta T$$

$$\text{Degradación exterior} = 0.12\Delta T$$

ΔT = Diferencia temperaturas entre superficies en °C

Objetivos principales



- **Diseñar y fabricar un sistema que nos permita medir variaciones de temperatura en diferentes puntos de la cúpula (interior y exterior) D080.**
- **Los datos proporcionados se deben poder relacionar con las variaciones de la calidad óptica de las imágenes obtenidas.** *(Dada la duración de un semestre universitario el alcance del TFM no es realizar el estudio en sí mismo, sino proporcionar un sistema que permita hacerlo)*
- **Estudio del estado del arte para la determinación del seeing local.**
- **Análisis económico de la solución planteada.**

Retos más destacados



- **La cúpula rota acimutalmente sin límite.**
- **El sistema no debe generar calor para no ser fuente de turbulencia.**
- **Debe soportar las duras condiciones del OAJ.**
- **Flexible, modulable, requerir la mínima intervención humana.**
- **Debe poder integrarse como un sistema más dentro de la arquitectura del observatorio.**

Solución planteada

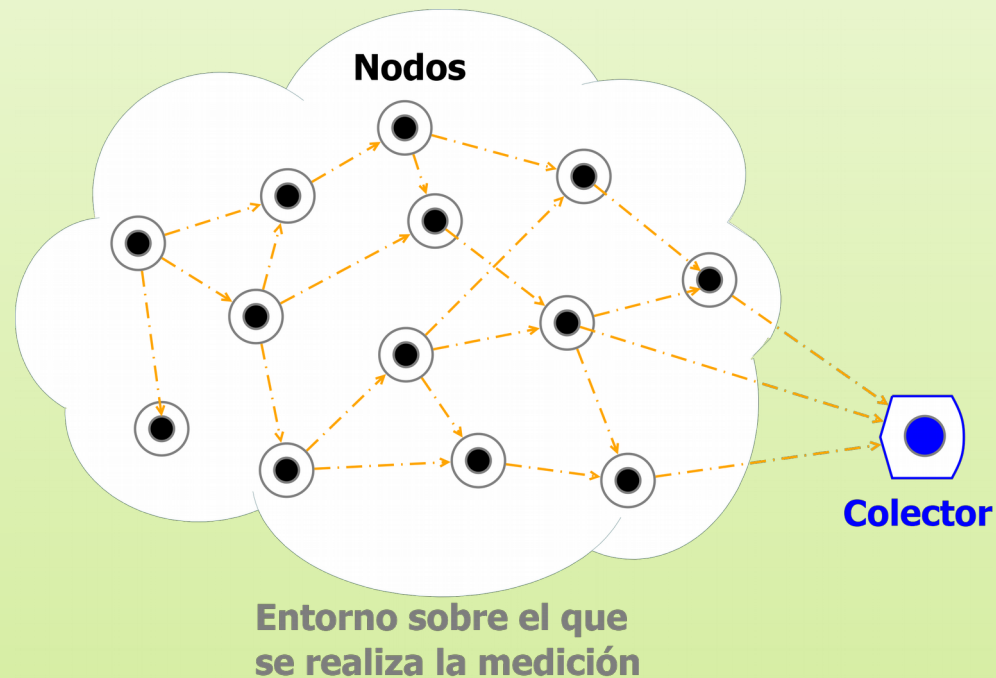


Se propone la utilización de una red de sensores inalámbricos (WSN) como la solución ideal para superar los retos mencionados. Estará compuesta por 9 nodos sensores + 1 nodo colector.

¿Qué es una red de sensores inalámbricos?



- Compuestas por nodos generalmente de bajo coste y consumo.
- Se emplean para la monitorización de ciertas variables.
- Generalmente existen nodos sensores y un nodo colector.
- Sistemas de enrutamiento auto-organizativos y colaborativos.
- Tienen un amplio campo de aplicación: Domótica, industrial, automoción, etc.



Tecnologías valoradas

- ZigBee.
- 6LoWPAN.
- WirelessHART.
- ISA100.11a.
- BLE.
- Z-Wave.
- ANT.
- LoRa/LoRaWAN.
- Wavenis.
- SigFox.
- Dash7.
- EnOcean.
- RFID Activos.



Tecnología elegida



ZigBee: Módulos Xbee (Digi)

Razones tecnológicas

- Topología en malla (muy escalable).
- Especificación disponible de forma gratuita.
- Modos sueño con baja latencia al estado activo y bajo consumo.

Razones prácticas

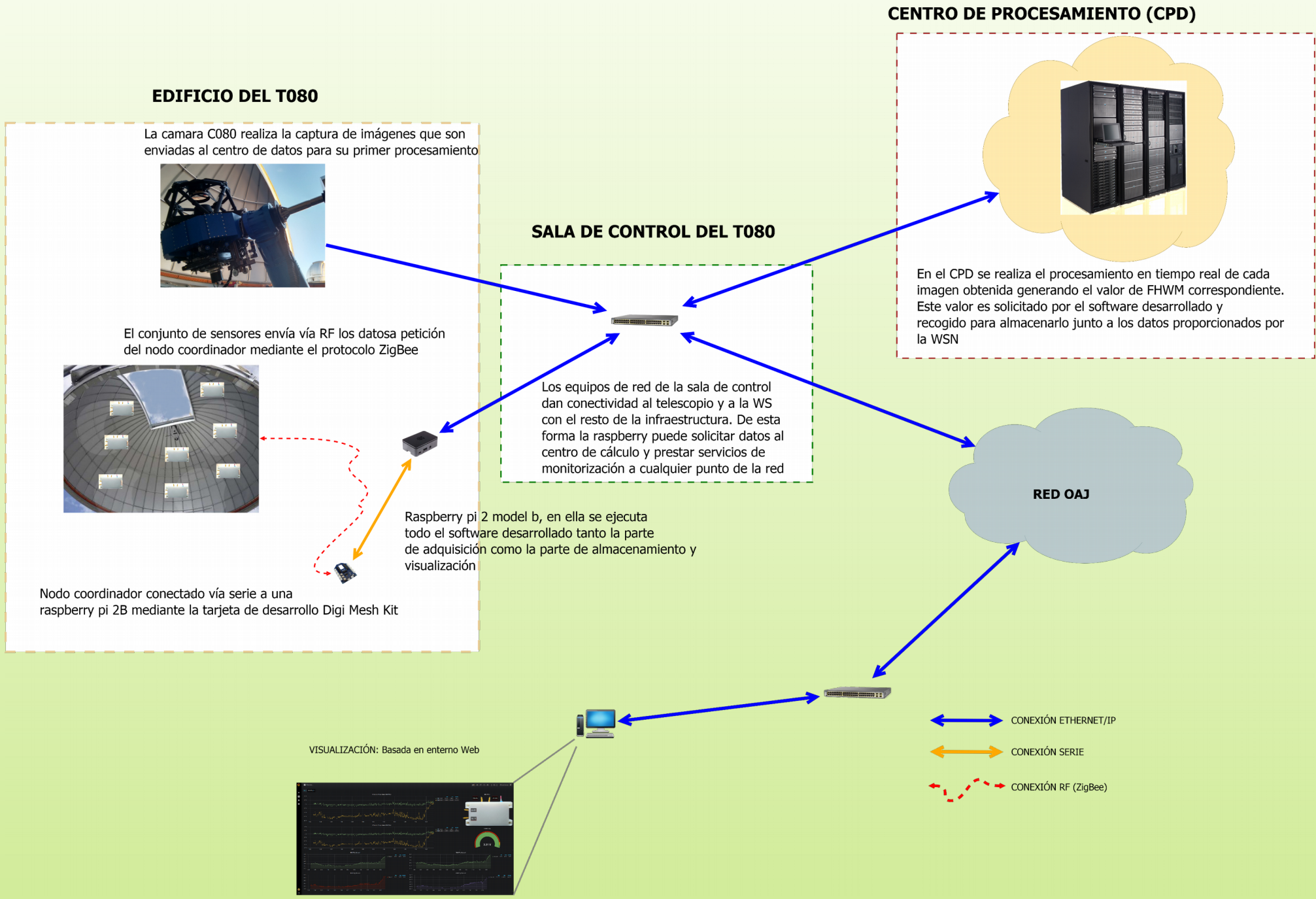
- Kits de iniciación (Xbee), precio muy razonable.
- Xbee incorpora I/O digitales y analógicas sin necesidad de introducir un nuevo microcontrolador.
- Provee librerías Python, C, Java.

¿Qué aporta el proyecto?

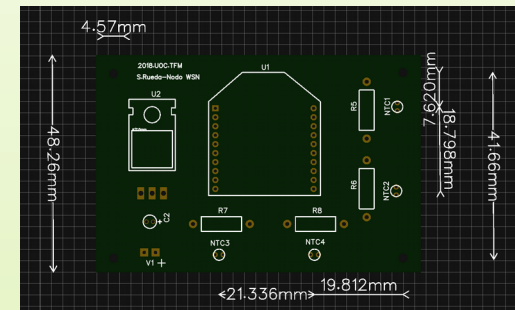
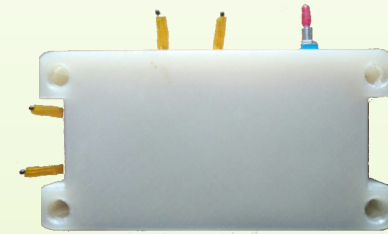
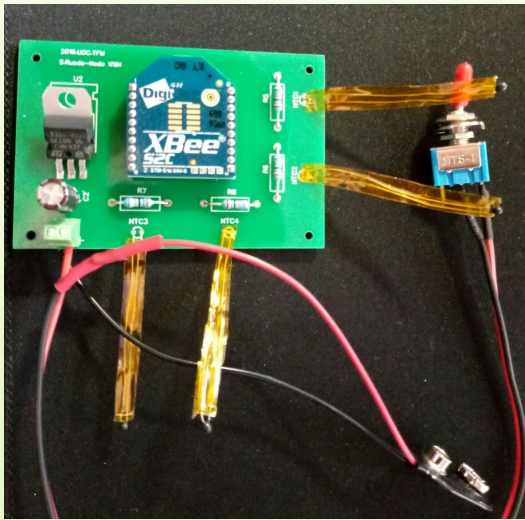


- Estado del arte en la medición del *seeing* en otros observatorios.
- Estado del arte de las redes de sensores inalámbricas.
- Introducción de las WSN en los observatorios astrofísicos profesionales.
- Proporcionar un método sencillo, flexible y barato de medir la degradación del *seeing* en observatorios astrofísicos que puede ser exportado para otras cúpulas u otras instalaciones.
- Posee dos vertientes:
 - Una investigadora a largo plazo → Determinación del *seeing*.
 - Será necesario un estudio estadístico a largo plazo que nos permita establecer una correlación entre la degradación de la imagen y las variaciones de temperatura entre diferentes superficies o áreas.
 - Otra industrial → Fabricación de una serie de dispositivos.
 - Implica el diseño y fabricación de una red de sensores compuesta por 9 nodos para el sensado, en el que cada nodo será capaz de determinar la temperatura en 4 puntos (tenemos un total de 36 medidas) y 1 nodo colector que también servirá de interfaz con el observatorio.

Diagrama de los componentes implicados

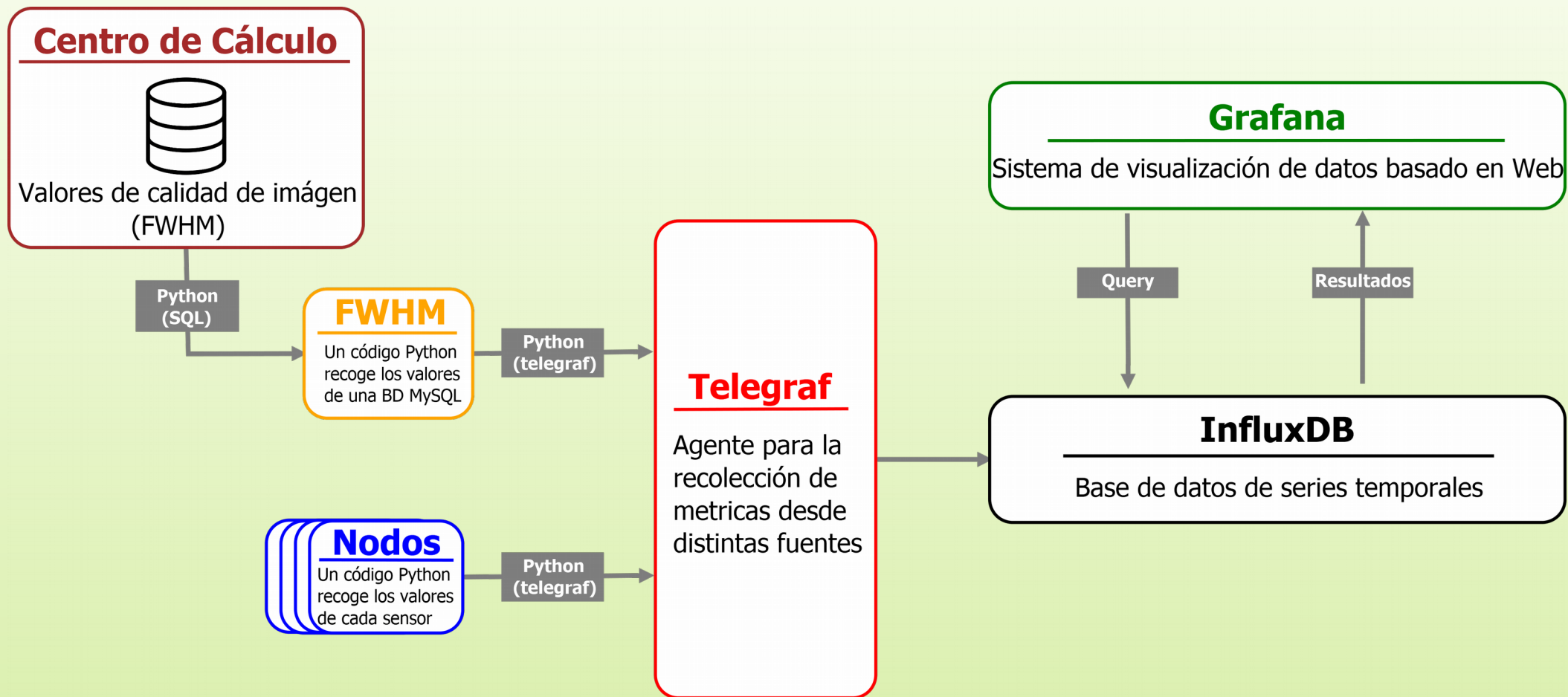


Parte Hardware



- Los nodos se diseñan usando los módulos Xbee de Digi. Modelo Serie 2 TH con antena en placa.
- Se estudian varios sensores de temperatura. TPM36, LMT84 y Termistores PR103J2 con 0'05°C de tolerancia (se eligen estos últimos)
- Fabricación de las placas PCB (se envía el diseño a la empresa JLCPCB y se obtienen acabados profesionales). Será alimentada por una pila de 9v.
- Como nodo colector se utiliza una raspberry pi 2 model b, y la tarjeta de conexión serie adquirida en el *Digi Mesh starter kit*.
- Se diseñan y fabrican con una impresora 3D las 9 cajas para albergar la electrónica.

Diagrama de los elementos software



La parte software diseñada básicamente está formada por:

- Módulos Python 3 para la realización de adquisición de medidas y acceso a bases de datos
- Aplicaciones de código abierto que se han modificado para adaptarse a nuestras necesidades

Detalle de los elementos software utilizados



Digi XCTU: Software que proporciona Digi y sirve para realizar la parametrización de los nodos. Toda la funcionalidad de este software ha sido incorporada en el software diseñado por lo que no es necesario una vez finalizado el TFM.

Python 3: Todos los módulos de adquisición de datos (temperaturas y calidad de imagen) se han programado en Python 3. Se aprovecha la librería que ofrece Digi. (En total 12 módulos programados).

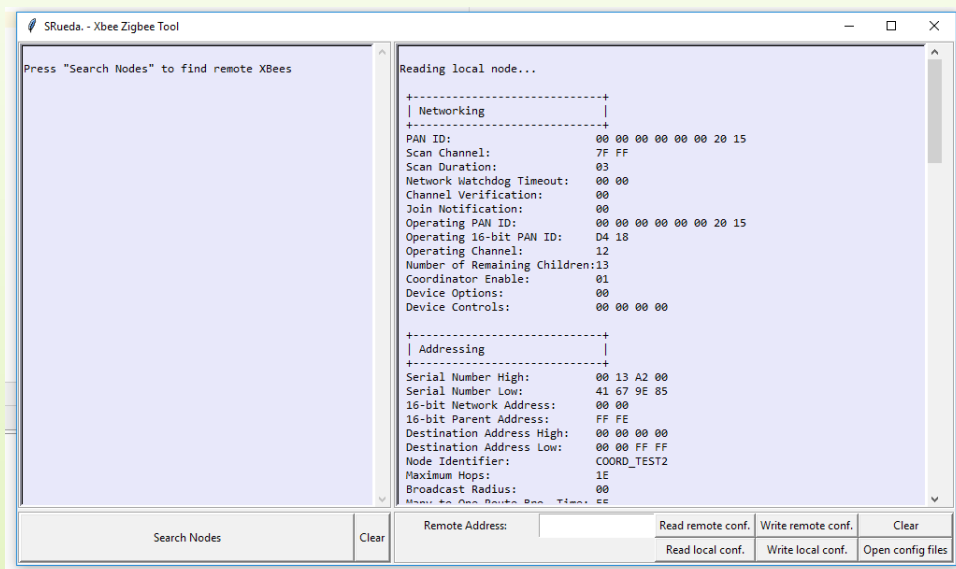
InfluxDB: Es una base de código abierto y multiplataforma pensada para el almacenamiento de datos de series temporales.

Telegraf: Es un plugin o agente ligero de influxDB destinado a la recolección de datos también llamados métricas, su principal propósito es la de servir de *gateway* entre fuentes heterogéneas y la base de datos.

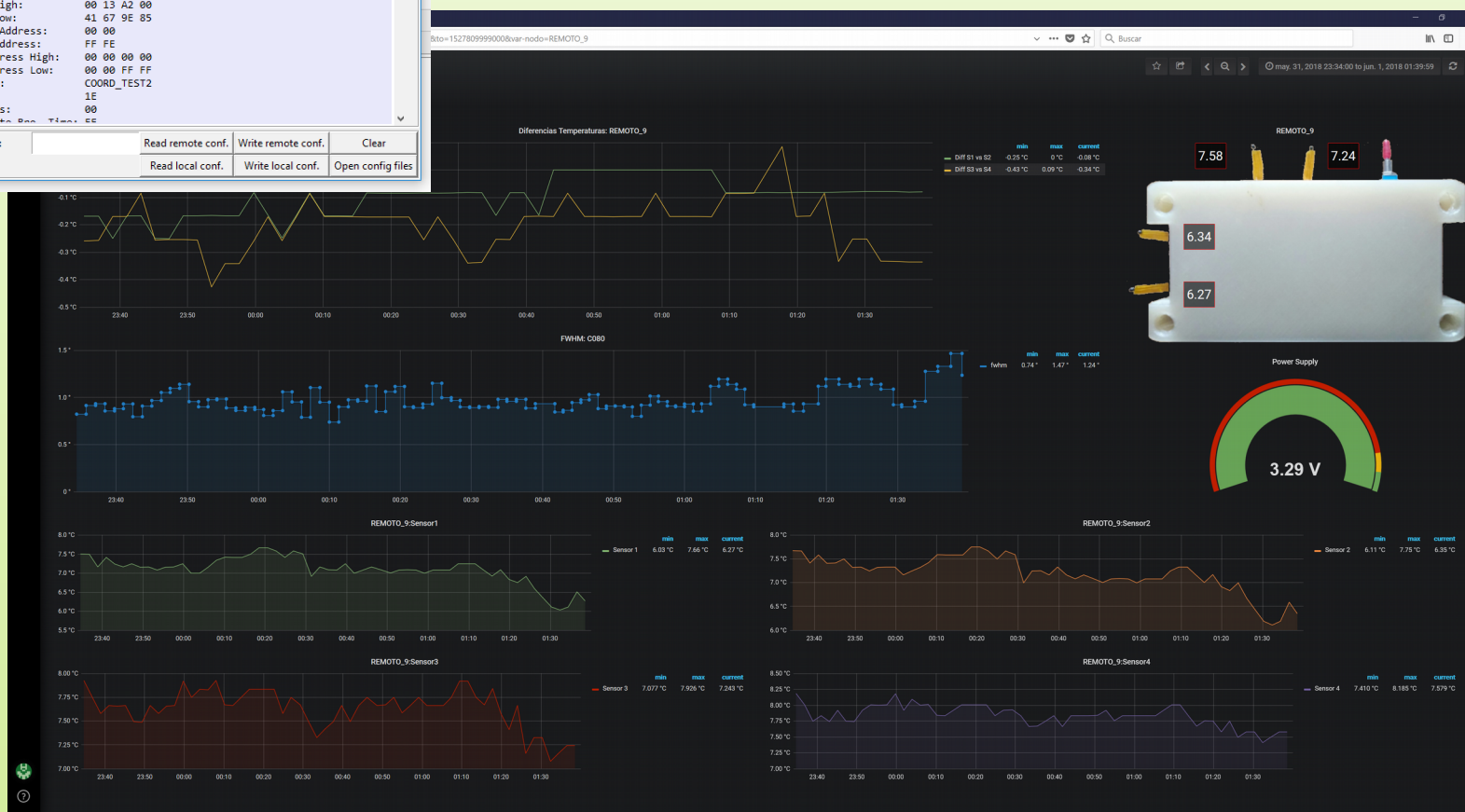
Grafana: Es una herramienta de código abierto para el análisis y visualización de métricas vía web.

- El software desarrollado es versátil y puede ser empleado con diferentes sistemas operativos Windows 10, GNU Linux (Debian/Ubuntu) y macOS (sierra).
- El software se ha hecho correr en PC, raspberry pi 2 y MacBookPro (existen archivos de configuración que permiten pasar de un SO a otro)

Interfaces gráficas diseñadas

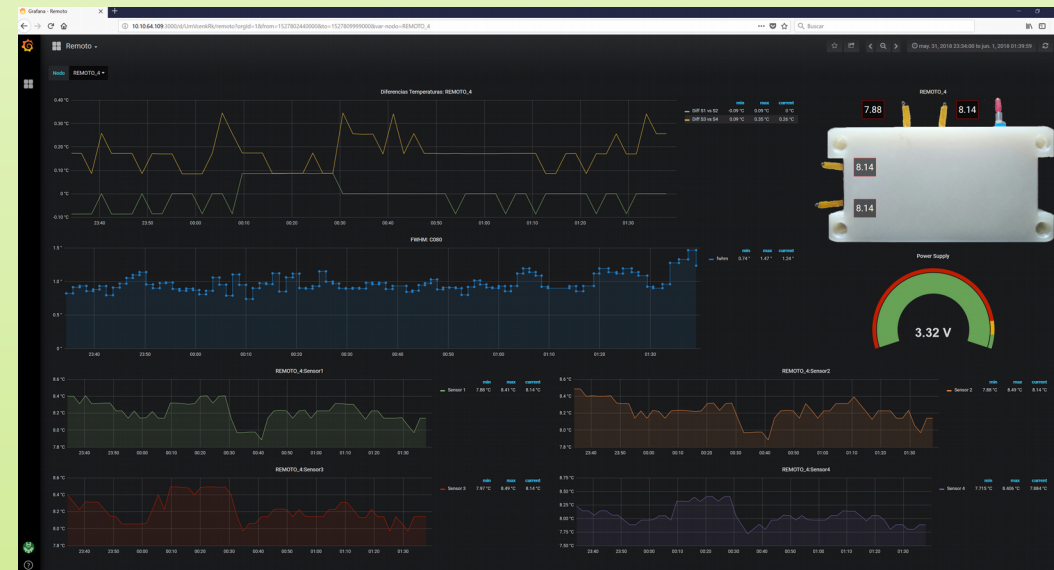


Interfaz gráfica creada en Python3 con Tkinter para la configuración, descubrimiento y lectura de los nodos.



Sistema de monitorización basado en Grafana. Cada nodo es accesible desde el mismo panel mediante su selección en un desplegable.

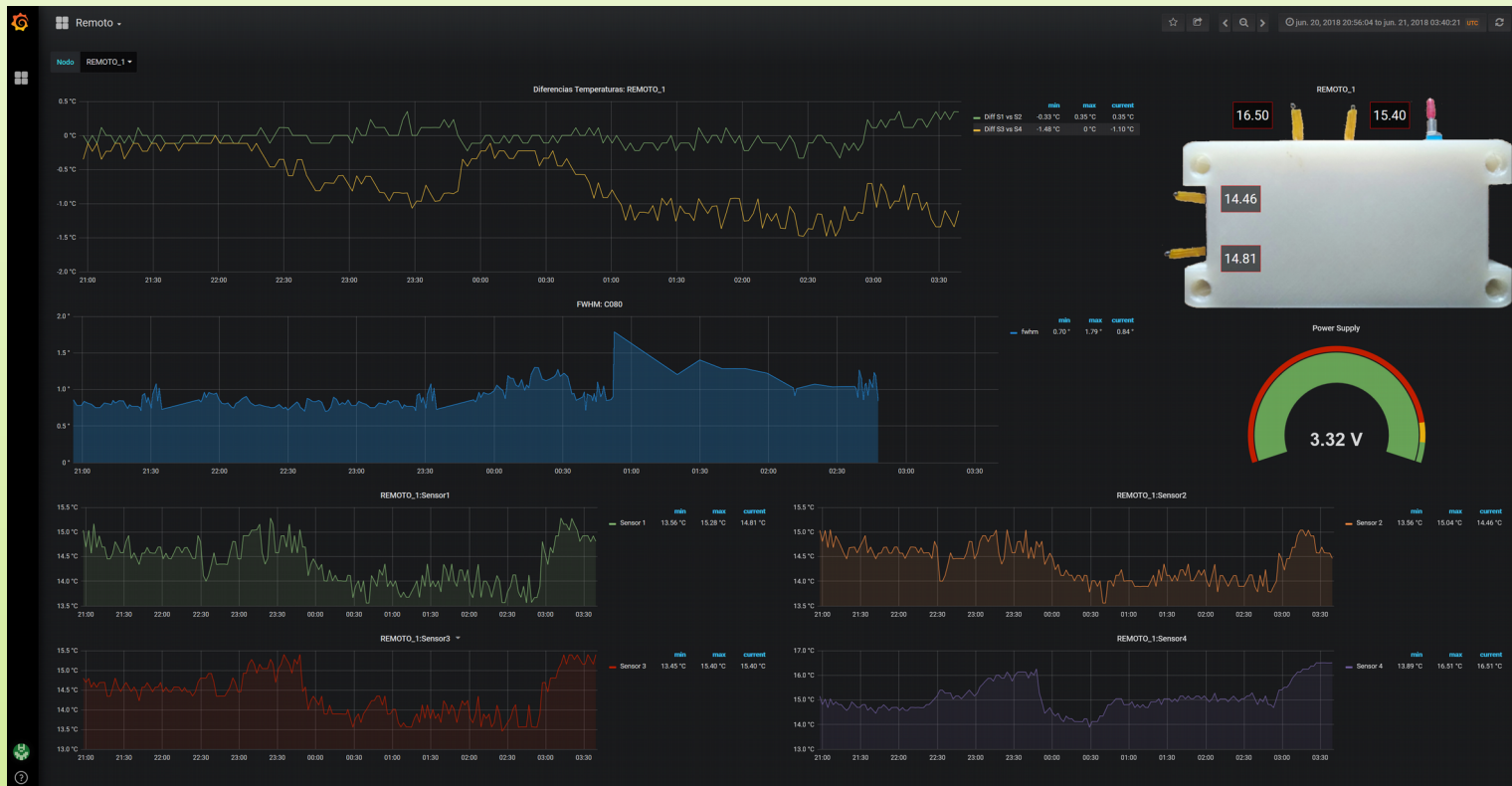
Despliegue en el observatorio



Resultados



- El sistema es plenamente operativo y podemos medir temperaturas con la precisión requerida.
- El sistema es robusto y se comporta bien ante fallo de los nodos.
- Se trata de un sistema flexible que permite añadir y eliminar nodos de forma rápida y sencilla.
- Harán falta meses de estudio para obtener un gran volumen de datos y hacer diferentes pruebas que permitan obtener la contribución de los distintos elementos al seeing local.
- El sistema queda totalmente validado y abre un nuevo camino para la utilización de las redes de sensores en los observatorios astrofísicos profesionales.



En la imagen se observan los datos adquiridos por uno de los sensores en la noche del 20-21 junio de 2018.
(Indicar que en astronomía se trabaja con tiempo UTC)

Resultados



En la imagen se observan los datos adquiridos por uno de los sensores en la noche del 21-22 junio de 2018.
(Indicar que en astronomía se trabaja con tiempo UTC)

Pasos siguientes y mejoras



Mejorar el consumo energético: El sistema diseñado NO ES ÓPTIMO si buscamos gran sincronización entre muestras.

Incrementar tiempo de sueño → Disminuye la sincronización → Aumenta la duración de la batería.

Decrementar tiempo de sueño → Aumenta la sincronización → Disminuye la duración de la batería.

NO PERMITE MODOS DE SUEÑO SÍNCRONOS.

Mejorar el diseño de las cajas para albergar la electrónica: Dadas las duras condiciones climatológicas del pico del buitre se debe mejorar la estanqueidad.

USO DE JUNTAS AISLANTES.

Realizar una calibración exhaustiva de los nodos: Actualmente sólo se calibró frente a una estación meteorológica, un termómetro por infrarrojos, o comparando los valores contra otros nodos.

SE NECESITA UN MEJOR SISTEMA DE REFERENCIA.

Las WSN se presentan como una poderosísima tecnología para ser usada en los observatorios astrofísicos profesionales: Es muy sorprendente la poca aplicación práctica que las redes de sensores tienen en los observatorios astrofísicos profesionales.

EL PROYECTO APORTA UNA NUEVA TECNOLOGÍA PARA SER USADA EN EL OAJ.

Gracias por su atención !!!

