Guía de montaje del Karman's Tube Solar

Introducción

Esta guía te ayudará a montar un nodo solar autónomo de guerrilla con antena omnidireccional y sellado climatológicamente con un coste total de unos 25€ (aproximadamente, a Junio de 2025) cada nodo.

Este nodo ha sido diseñado para ser lo mas simple posible de modo que sea económico y sencillo de ensamblar con la idea de instalarlo en ubicaciones altas para extender la red LoRa de Meshtastic. Por este motivo carece de otras comodidades como pantalla, botones externos, GPS o avisadores.

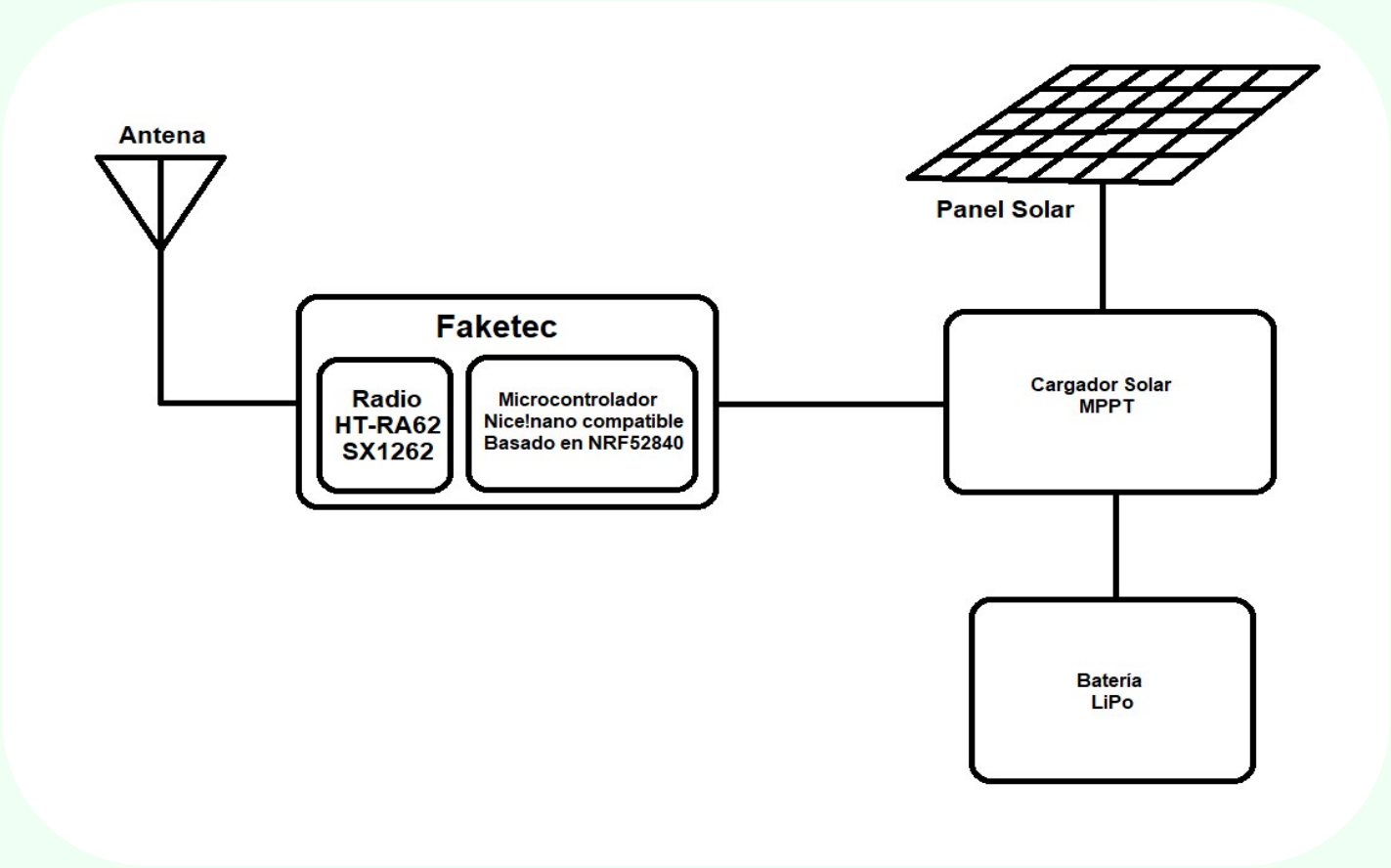
En la guía se van a cubrir los siguientes puntos:

- Descripcion del montaje
- Piezas y lista de la compra
- Pidiendo las placas Faketec
- Primer arranque
- Montaje Faketek
- Diagrama de conexionado eléctrico
- Antena
- Montaje final
- Configuración básica.

En la guía se va a asumir que se posee cierto material y herramientas de base, véase:

- Soldador y estaño
- Pinzas (yo para SMD lo necesito).
- Silicona.
- Taladro.
- Sierra para cortar el tubo, como una sencilla de arco.
- Cinta capton.
- NanoVNA si se opta por fabricar la antena.

Que vamos a montar



El diseño de nodo se basa en el conocido y mas que probado diseño Faketec v4. La Faketec es una plaquita económica y sencilla de pedir (mas abajo se indica como) que sirve para interconectar el módulo de radio con el microcontrolador (MCU). Por conveniencia la placa incorpora un divisor de tensión (dos resistencias) para medir la batería y los botones de usuario y reset. Aquí no vamos a usar el botón de usuario, pero el reset es conveniente para poner la MCU en modo de actualización (DFU) y cargarle el firmware de Meshtastic.

Vamos a describir un poco cada componente del diagrama:

- **Microcontrolador o MCU:** Nice!Nano compatible. Contiene todo el programa (software, también llamado firmware) de Meshtastic. Gestiona toda la lógica detrás del tráfico LoRa y el protocolo de red Meshtastic e incorpora bluetooth para conexión local directa.
- **Módulo de Radio:** Se encarga de gestionar, emitir y recibir los datos. Obedece al microcontrolador.
- **Faketec:** Plaquita que contiene e interconecta la MCU y la Radio.
- **Cargador MPPT:** Circuito que gestiona la carga de la batería a partir de la energía proporcionada por el panel solar. Optimiza la energía solar y consigue cargar incluso en condiciones pobres de luz, como en días nublados.
- **Batería LiPo:** Nuestro depósito de energía. Almacena la energía eléctrica proveniente de la solar y alimenta nuestro nodo cuando no hay sol.
- **Panel Solar:** Nos recarga la batería y proporcia autonomía energética sin conexión.
- **Antena:** Transceptor eléctrico a radiofrecuencia y viceversa, convierte una señal eléctrica en ondas que viajan por el aire y a la inversa.

Además de los componentes descritos emplearemos un tubo de PVC para introducir y sellar los componentes y emplearemos un soporte para la placa solar que se puede imprimir en impresora 3D que nos servirá tanto para poner el panel solar en ángulo y aprovechar mejor el sol como para sujetar todo el montaje prácticamente a cualquier superficie.

Hay muchas versiones de Faketec, ¿Por qué la v4?

Para este nodo se van a emplear los FETs por lo que se puede usar una v1, una v2 o una v3, o la v4 sin soldar los FETs. Yo he usado la v4 y las imágenes que se ven mas abajo de montaje corresponden a la v4.

Tambien las hay mas modernas, ¿Por qué no emplear una v5 o una v6?

Por simplicidad del diseño y adquisición de componentes, el BMS irá integrado en la batería, descartando la necesidad del v5. Por otro lado se opta por un cargador solar MPPT externo fácil de cablear, descartando también la Faketec v6.

¿Por qué no monitorizar la batería con un INA3221 o similares?

En mi opinión ver los amperios mediante un SHUNT no aporta información útil, hay que sumar el gasto económico del sensor y el gasto energético del mismo. Con ver el 'porcentaje' de batería basándose en el divisor de tensión incorporado en el Faketec v4 es suficiente para hacerse una idea del consumo y recarga de la batería.

La batería parece pequeña. ¿Y si ponemos una mas grande?

La MCU NRF52 consume poco. Realmente poco. 5mA en standby/recepción y unos 64mA en emisión. 1500mA en caso de oscuridad total es mas que suficiente para 5 a 8 días, en función de la carga de transmisión. Sin embargo el MPPT hace milagros cargando en condiciones de luz pobres por lo que no espero que llegue a apagarse el nodo.

Hay cajas disponibles y también se pueden imprimir, ¿Por qué un tubo?

Es lo mas barato de conseguir para sellar tanto la electrónica como la antena, todo junto, con solamente un par de tapones y un agujero por donde entre el cable del panel solar. Si bien es cierto que no está expuesto el USB y actualizarlo es un dolor en el culo, es poco probable que una actualización a estas alturas sea tan importante que requiera actualizar forzosamente el nodo. En cualquier caso el método recomendado es preparar otro nodo solar bien configurado y actualizado y reemplazar en el sitio el viejo por el actualizado.

Piezas y lista de la compra

A continuación detallo la lista de la compra recomendada:

- **Microcontrolador:** https://es.aliexpress.com/item/1005006446457448.html
- **Modulo Radio:** https://es.aliexpress.com/item/1005008691299351.html
- **Botones:** https://es.aliexpress.com/item/4001125532910.html
- **Resistencias (1x 689k y 1x 1M por PCB):** https://es.aliexpress.com/item/1005002991902748.html
- **Panel Solar:** https://es.aliexpress.com/item/1005004580265551.html
- **Cargador Solar MPPT:** https://es.aliexpress.com/item/4000235650965.html
- **Baterias (3€/cada una pidiendo 6):** https://es.aliexpress.com/item/1005007701459460.html
- **Pigtails para soldar la J-pole:** https://es.aliexpress.com/item/1005006962068226.html
- **Soporte para la placa al tubo impreso en 3D (coste estimado 3€ en PETG):** https://www.printables.com/model/1316317-meshtastic-solar-tube-node-diy-pvc-od325mm
- **El tubo**: 25mm ID, 32.5mm OD, 2.5 metros, y 10 tapones, sobre los 7€ en total. Da para 5 nodos y lo compro localmente en el Leroy Merlin.
- **Los PCB faketec:** Un pedido de 30 in jlcpcb me ha costado 10€ con envio e importación incluidos.
- **Cable de cobre rígido:** ideal para fabricar la antena. En cualquier ferretería tienen.

Notas sobre los componentes.

Asegurate de que compras el material correcto: Es normal entrar en aliexpress, buscar los componentes mas baratos y comprarlos ignorando los enlaces de arriba. Estos enlaces no son afiliados, no me pagan por ellos y no gano nada por ponerlos. Los comparto por que mis nodos están todos construidos con los enlaces de arriba y funcionando, de modo que es material probado.

Asegurate que funciona la MCU antes de soldar: Se que algunos módulos de imitación del nice!nano vienen con un bootloader malo o sin bootloader y que hay que usar un ESP32 para reprogrammarlos ANTES de soldarlos a la Faketec. Al soldarlos a la Faketec se quedan escondidos los pads de programación del NRF52 y se hace muy difícil, si no imposible, recuperar la plaquita. Personalmente no me ha pasado nunca tener que recuperar una MCU de esta manera y por lo tanto no tengo experiencia.

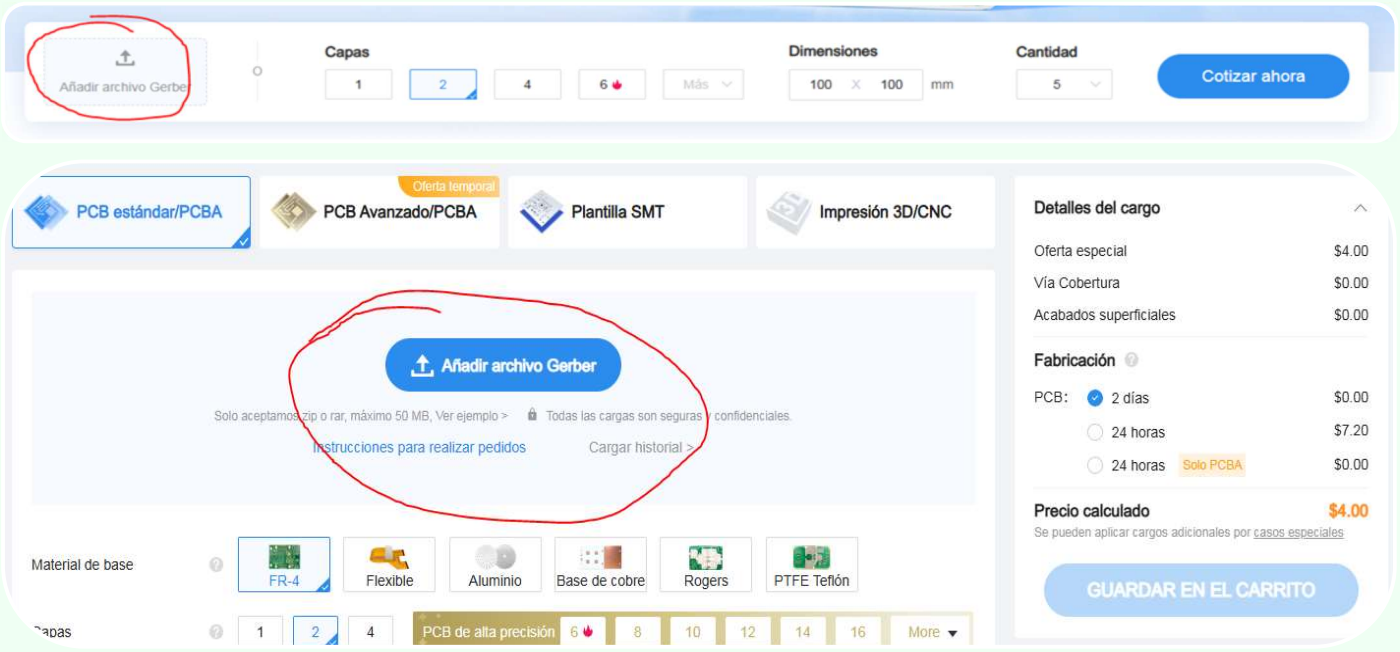
Comprueba las medidas del tubo: El soporte 3D que he diseñado y que está enlazado arriba ha sido diseñado para la placa solar que he comentado y para el diámetro exterior del tubo de 32,5mm, por lo que es recomendable respetar esos componentes para no descuadrar la medidas.

Pidiendo las Faketec

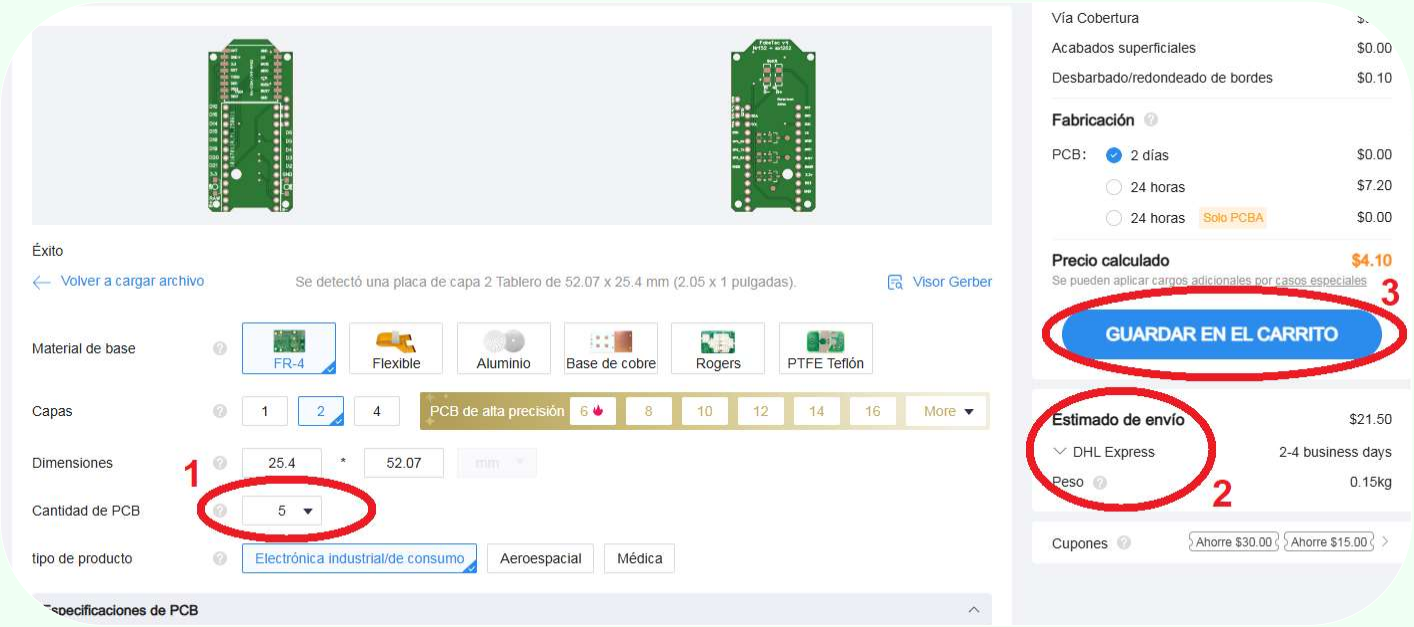
Los PCBs se piden en https://jlcpcb.com/es/. Primero hay que descargar el archivo ya preparado a tal efecto desde el repositio de github de su creador aquí:

https://github.com/user-attachments/files/18377935/fakeTec_pcb_v4_GERBER.zip

Una vez descargado, en la pagina de JLCPCB podemos subirlo:

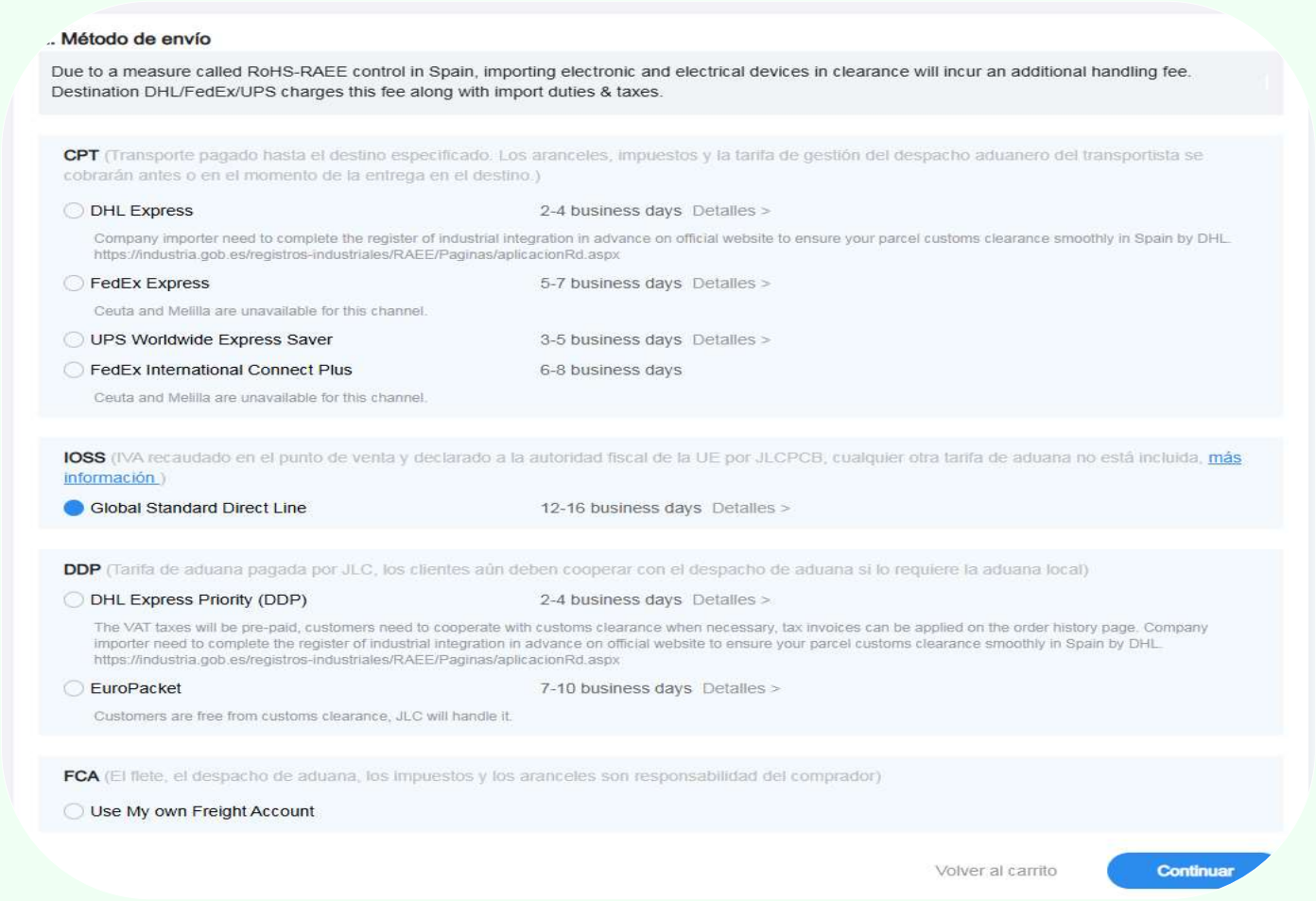


Nos autocompletará todo el formulario y podremos escoger varias opciones. Yo elijo 10 (1), método de envío IOSS (2) y al carrito (3):

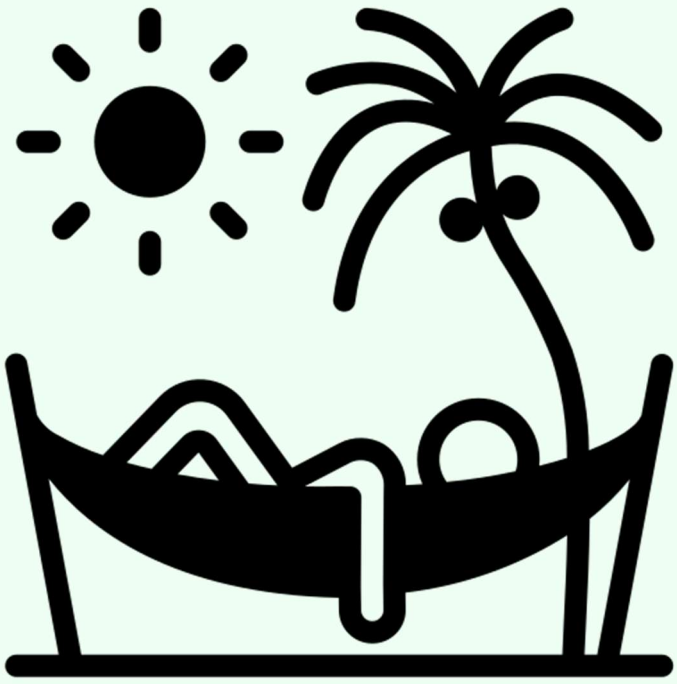


Nos vamos al carrito y revisamos que todo esté bien, especialmente el método de envío.

El método de envío es muy importante seleccionarlo correctamente ya que una opción incorrecta resultará en sorpresa en las aduanas. El coste aduanero no suele ser alto, pero la gestión de la misma sí (por ejemplo, aquí DHL cobra unos 22€ por la gestión + IVA).



Se puede pagar con Paypal y a esperar tranquilamente a que llegue todo el material :)



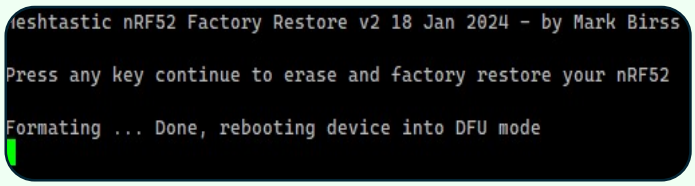
Primer arranque.

Antes de pasar a montar y soldar el Faketec es necesario verificar que la placa que hemos recibido con el microcontrolador funciona correctamente y actualizar el bootloader.

Meter en modo de actualización (DFU): Conectamos la plaquita a un USB en nuestro ordenador y hacemos un corto entre GND y reset dos veces muy seguidas. Si lo hemos hecho bien nos aparecerá una unidad de disco de unos 32Mb.

Versión bootloader: dentro de la unidad veremos un archivo llamado INFO_UF2.TXT que podemos abrir y leer y que contiene información sobre el bootloader. Si no está en 0.9.x, es demasiado antiguo y hay que actualizar. Los mios por ejemplo vienen con 0.6: UF2 Bootloader 0.6.0 lib/nrfx.

Borrado de memoria: descargamos el siguiente archivo (https://flasher.meshtastic.org/uf2/nrf_erase2.uf2) y lo copiamos dentro de la unidad. Cuando termine de copiarse la unidad se desconectará (no pasa nada, es normal). Hay que conectarse meditante un cliente de terminal (yo gasto Putty) (revisar en administrador de dispositivos que puerto COM es y conectarse con 9600) y confirmar el borrado pulsando cualquier tecla.



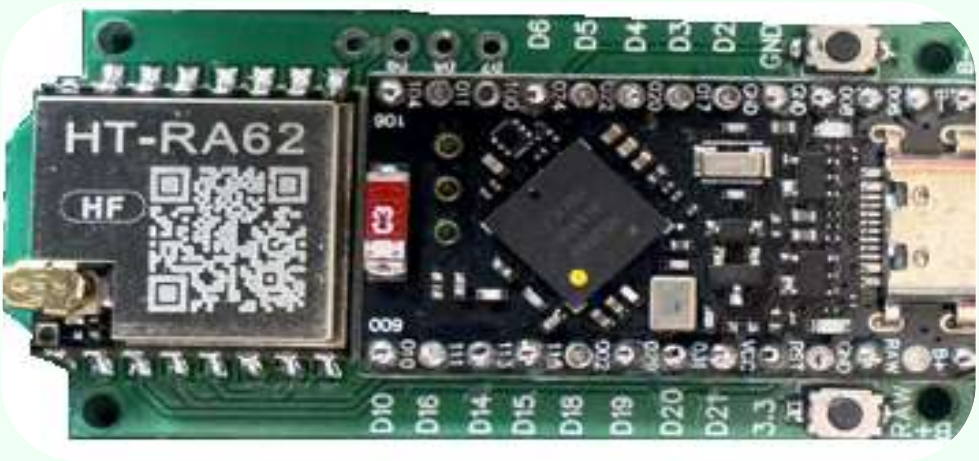
Actualizar bootloader: repetimos el proceso de meterlo en DFU con doble reset para que nos aparezca la unidad de disco en donde copiaremos el archivo que podemos descargar desde el siguiente enlace: https://github.com/adafruit/Adafruit_nRF52_Bootloader/releases/download/0.9.2/update-nice_nano_bootloader-0.9.2_nosd.uf2 Una vez tengamos el actualizador de bootloader lo copiamos en la unidad y esperamos hasta que se desconecte automáticamente. Volvemos a conectar mediante Serial al COM y volvemos a pulsar la tecla ANY. Si volvemos a meterlo en DFU veremos en INFO_UF2.txt lo siguiente: UF2 Bootloader 0.9.2 lib/nrfx, indicando que ha sido actualizado correctamente.

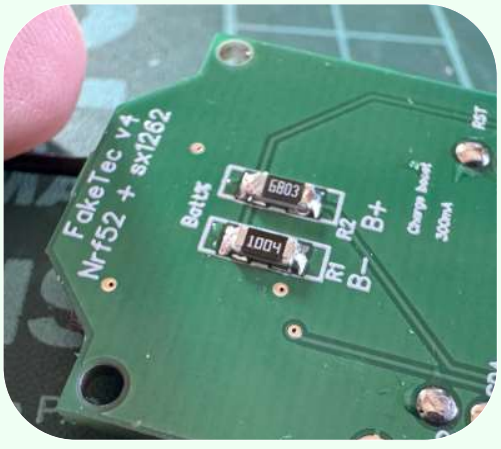
Flahsear Meshtastic: descargamos la versión pertinente desde la web de Mestastic seleccionando promicro DIY: https://flasher.meshtastic.org/, volvemos a entrar en DFU y copiamos la imagen. Tras el reinicio veremos el led rojo parpadear muy levemente. Esto es el heartbeat de Meshtastic indicando que el firmware se ha cargado correctamente e incluso podemos conectar por bluetooth con la APP.

Montaje del Faketek

No voy a hacer un tutorial sobre como soldar en SMD por que entonces este manual no termina nunca. Pero si que vamos a pasar a comentar algunas indicaciones:

- Soldador de punta fina. Si es de temperatura regulable, mejor. A 300ºC le cuestan algunos contactos que son GND. En mi experiencia 330 o 340ºC es como mejor se trabajan estas placas.
- A mi me gusta usar estaño/plomo 60/40 con anima de resina/flux, y me gusta fino (0.6mm) para evitar hacer puentes.
- La MCU la he soldado directa sin pines. No pasa nada por poner pines, pero es el doble de soldaduras (soldar en MCU y luego en la faketec).
- Para soldar los SMD, primero se estaña únicamente uno de los pads, y se suelda sobre ese pad. Por ejemplo con las resistencias, se estaña un pad, se apoya el extremo de la resistencia sobre dicho pad mientras se le aplica calor con el soldador y cuando se licue el estaño se aprieta la resistencia contra el PCB. Por ultimo se suelda el lado opuesto. Para soldar la radio lo mismo, se elige y se estaña un pad de cualquiera de las esquinas, se alinea manualmente la radio, se calienta el pad estañado y se aplica presión. Si no lo vemos bien alineado, podemos volver a calentar ese pad y mover la radio hasta que estemos contentos. Una vez contentos se sueldan el resto de contactos.
- No es necesario soldar las dos esquinas casi flotantes de la radio. Una es masa para antena y la otra masa general. Ambas están repetidas a lo largo del resto de pads.
- Las resistencias van una de 680k en R2 y una de 1M en R1 y configuro el ADC a 1.713.
- La orientación de las resistencias o la de los botones no es importante, ¡pero la de los módulos sí! Fijate bien.





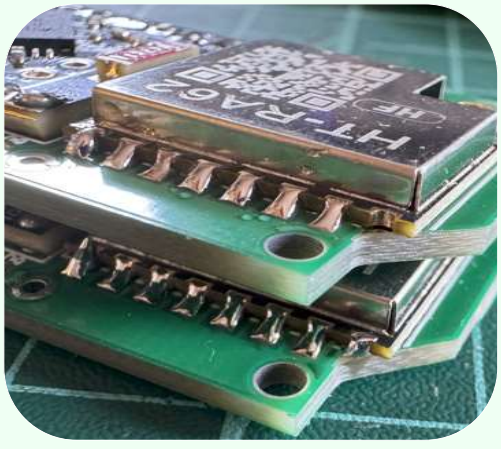
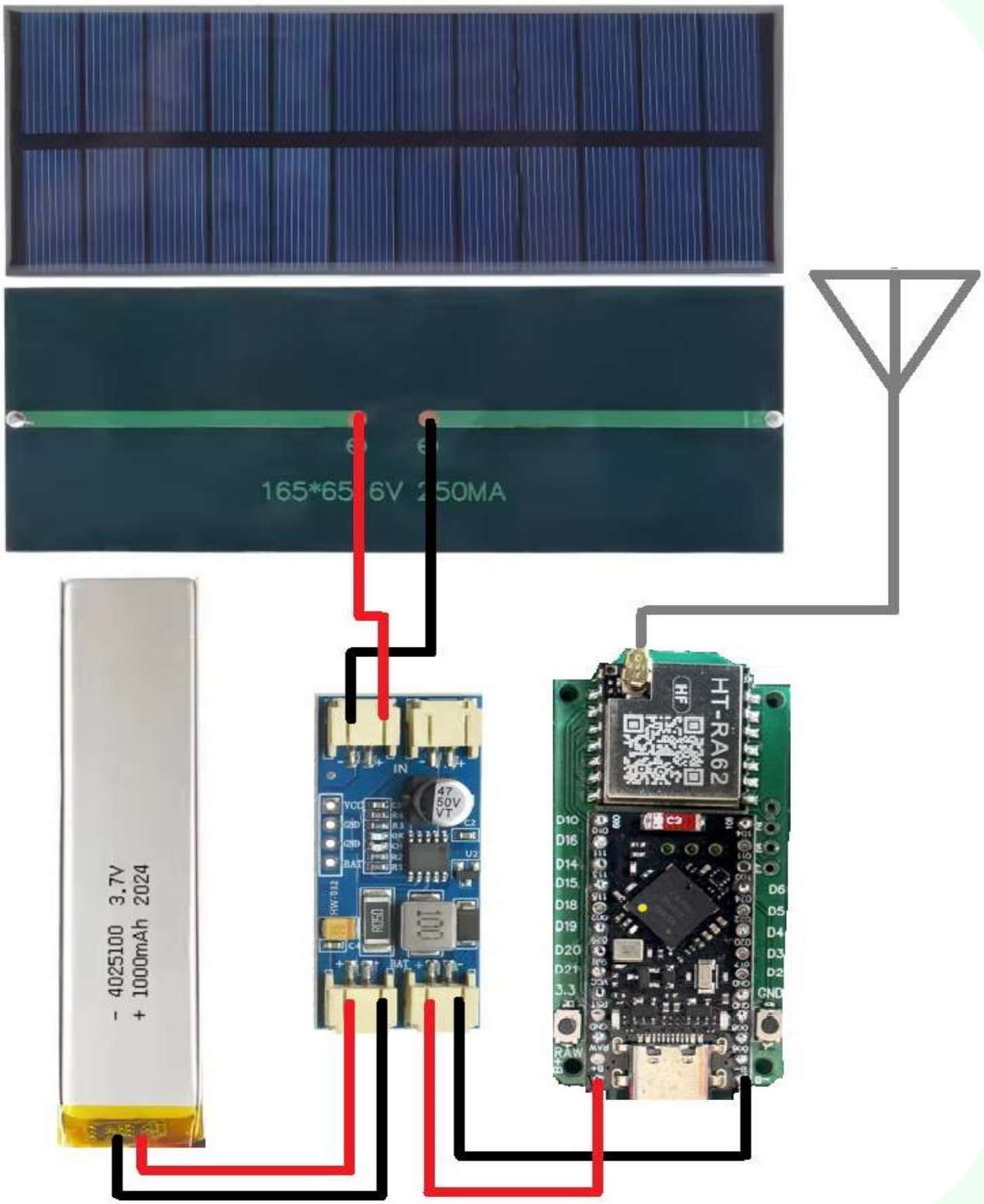
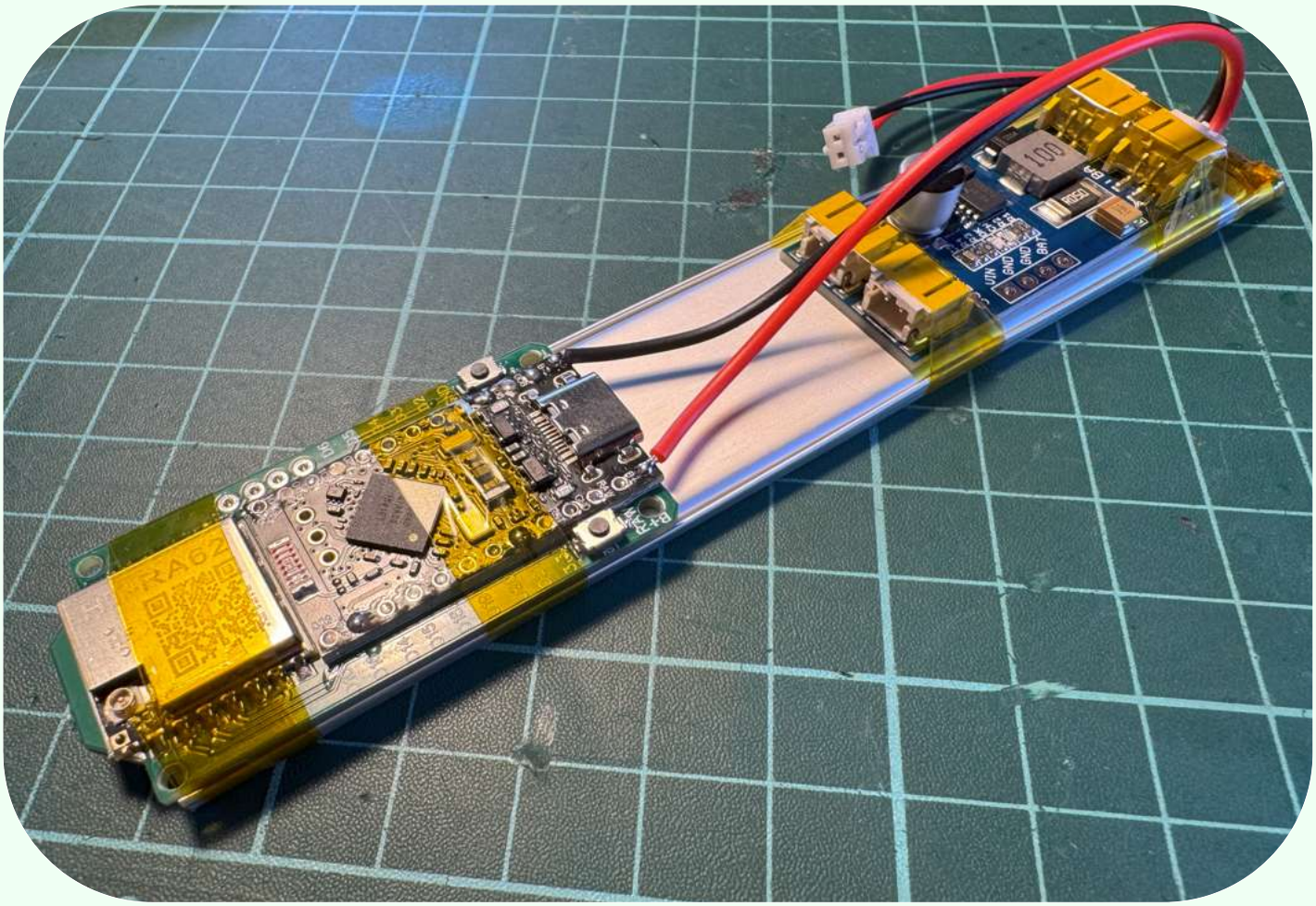


Diagrama de cableado



A mi me gusta usar la batería LiPo como base para sujetar la electrónica. La encinto con cinta capton y dado que la batería tiene el mismo diámetro que el diámetro interior del tubo, el conjunto queda encajado perfectamente.



Por el momento vamos a dejar el cable del Faketec conectado al MPPT pero sin conectar la batería. La batería será lo ultimo que conectemos antes de sellar el tubo.

Antena

Para minimizar el coste por nodo me fabrico la antena de manera casera. Y para poder maximizar el rendimiento de la misma uso un NanoVNA de modo que pueda observar su comportamiento y poder ajustarla adecuadamente. La frecuencia de resonancia de la antena debe de estar centrada sobre los 869.500 Mhz ya que esta es la frecuencia sobre la que trabaja LoRa en la UE.

Cortamos un trozo de cobre de unos 40 cm y lo estirarmos hasta que quede recto. Cortamos los extremos que hemos usado para sujetarlo mientras estirábamos.

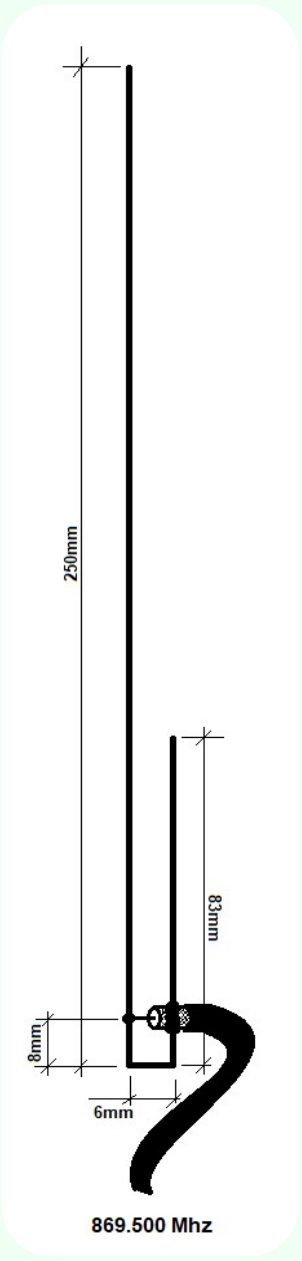
Desde un extremo, medimos 250mm, doblamos 90º, medimos 6mm y volvemos a doblar 90º. Nos sobrará mas de los 83 mm.

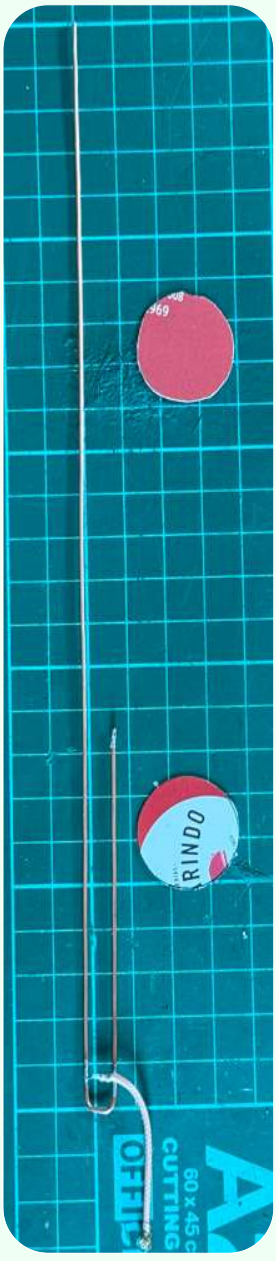
Soldamos el cable en transversal como se muestra en el diagrama de la derecha. No es necesario mas de 4 o 5 cm de cable.

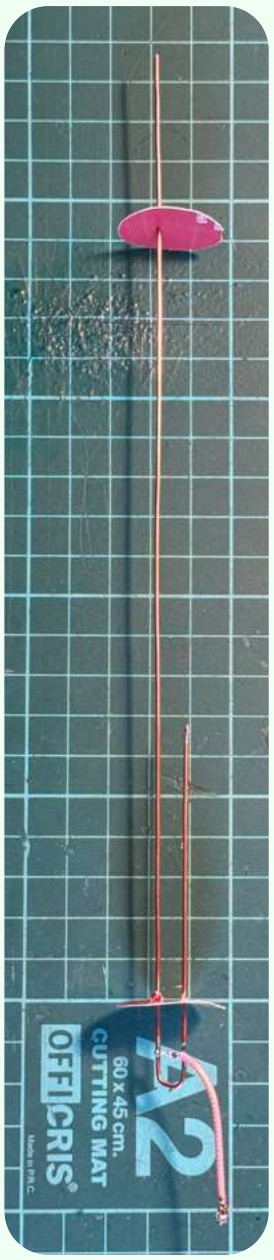
Si no tenemos NanoVNA, cortamos la sección de la derecha a 83mm. Si tenemos NanoVNA cortamos a 85mm. Luego iremos recortando de aquí para afinar la antena.

Instalamos los dos discos de cartón de 24mm que servirán para mantener el dipolo centrado y que no toque el PVC ya que si toca el PVC se verá muy afectada la resonancia.

¡Muy importante! En caso de tener NanoVNA las mediciones han de hacerse con el resto de componentes que afectan a la atena. Esto es, los discos de cartón instalados y la antena introducida en el tubo.







Para afinar la antena conectaremos el NanoVNA e iremos recortando del trozo de cobre de la derecha por la parte superior reduciendo los 85mm poco a poco. El proceso es el siguiente: se monta dentro del tubo, se mide con NanoVNA, y si la frecuencia está por debajo, se saca antena, se corta un pelín (menos de 1mm a ser posible), se introduce nuevamente y se mide de nuevo. Repetir hasta que esté en 869.500Mhz.

Si nos pasamos cortando y la frecuencia queda por encima de lo deseado, ¡Don't Panic! Podemos soldar un trozo de cobre para alargarlo nuevamente (bajando así la frecuencia) y volver a repetir el proceso de prueba y error.

A continuación comparto dos capturas del NanoVNA para ilustrar la diferencia y cuanto afecta al funcionamiento de la antena. Ambas imágenes están midiendo exactamente la misma antena sin cambiarle nada. La diferencia es que la foto de la izquierda es con el tubo y la de la derecha es sin el tubo de PVC:

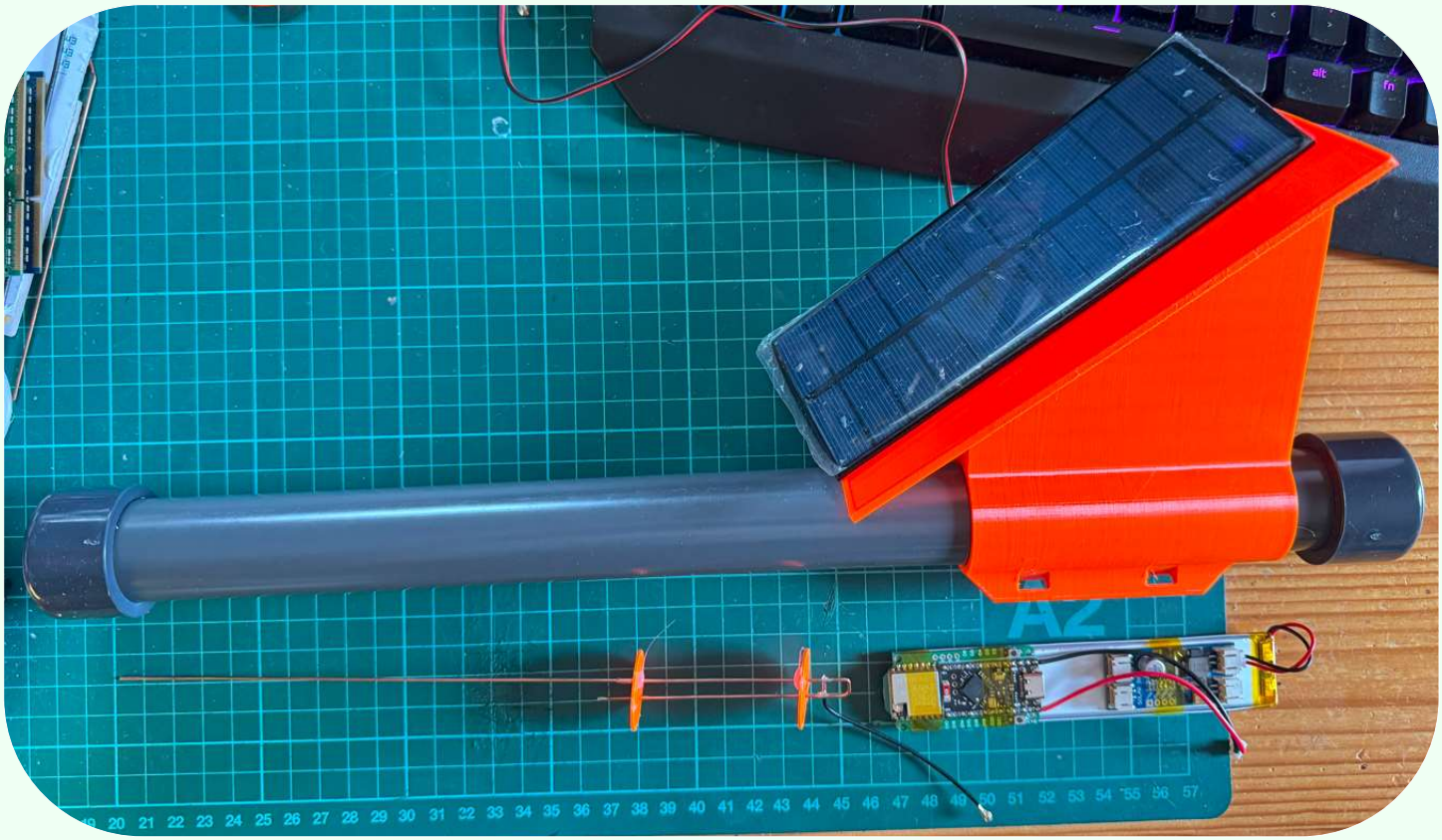
Como se puede observar, en la imagen de la izquierda la frecuencia está centrada en 869 mientras en la de la derecha se ha subido sobre los 880Mhz.

Las medidas están calculadas con la siguiente calculadora para J-Pole:

https://m0ukd.com/calculators/slim-jim-and-j-pole-calculator/

Alternativamente se puede emplear en su lugar cualquier antena palo y un latiguillo SMA-U.FL.

Montaje Final



Empezamos con un trozo de tubo de unos 40cm. Realizamos un agujero a unos 4 cm de lo que será el extremo inferior e introducimos el soporte impreso en 3D con el panel mirando hacia lo que será la parte superior y alinearemos los agujeros del soporte y del tubo. Lo fijamos con silicona tanto en el anillo superior del soporte como en el inferior.

Pasamos los cable del panel solar y cuando quede nada por pasar metemos silicona en el tubo de los cables para evitar que se cuele agua por ahi. Ponemos también silicona en el borde del panel para sujetarlo firmemente al soporte.

Desde el lado inferior comenzamos introduciendo la antena con cuidado del cable del panel solar. Cuando solo nos quede el cable de la antena lo conectamos a la electrónica y aseguramos el conector con silicona o punto de cola caliente o cinta capton para asegurarnos que no se desconecte accidentamente mientras empujamos todo el conjunto.

Recortamos y soldamos los cables del panel al conector para poder conectarlo al MPPT, o bien lo soldamos directamente al MPPT, antes introducir electrónica. Cuando empujemos la electrónica lo haremos suavemente ya que también estaremos empujando la antena por el interior del tubo.

Por ultimo conectaremos la batería al MPPT y cerraremos ambos extremos con los tapones. Es conveniente sellar el tapón inferior también con silicona.

Ahora ya podemos conectar por bluetooth y configurar el nodo :)

Configuración inicial

No voy a extenderme en esta guía con la configuración de Meshtastic, pero si resaltaré los puntos iniciales importantes.

Descarga e instala la APP Meshtastic. Conecta por bluetooth usando la APP. Se verá un nodo 'Meshtastic XXXX' con buena intensidad de señal bluetooth. Al no tener pantalla la clave de bluetooth por defecto de Meshtastic es **123456**.

Configuramos la región LoRa **EU_868**, configuramos el preset de Radio a **LongFast**, habilitamos TX y le damos a salvar. El nodo se reiniciará para aplicar los cambios y volverá en unos 15 segundos.

En el apartado User podemos configurar el nombre largo y corto del nodo. Y ya está, ya tenemos un nodo funcional.

Para mas detalles está la documentación de Meshtastic y la comunidad Meshtastic española en https://meshtastic.es.