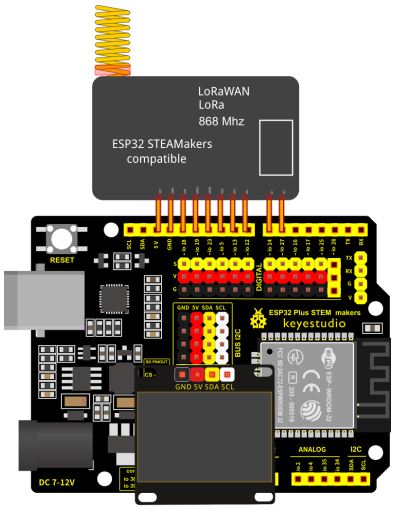
.

LoRa y LoRaWAN

Arduinoblocks + ESP32 STEAMakers con



Autor: Juanjo López

Índice

LoRa y LoRaWAN

LoRa (Long Range) es una tecnología de comunicación inalámbrica diseñada para transmitir datos a largas distancias con un consumo de energía muy bajo. Permite enviar pequeños paquetes de información, como temperatura o ubicación, de un dispositivo a otro, incluso cuando están bastante separados, como a kilómetros de distancia. Es ideal para aplicaciones como monitoreo de sensores remotos o seguimiento de activos.

La tecnología se desarrolló en Francia en el 2012 por Cycleo y adquirida posteriormente por Semtech que se encargaría de impulsarla. **Usa un tipo de modulación de amplio espectro**, ideal para tolerar el ruido y para que una señal realice caminos múltiples..

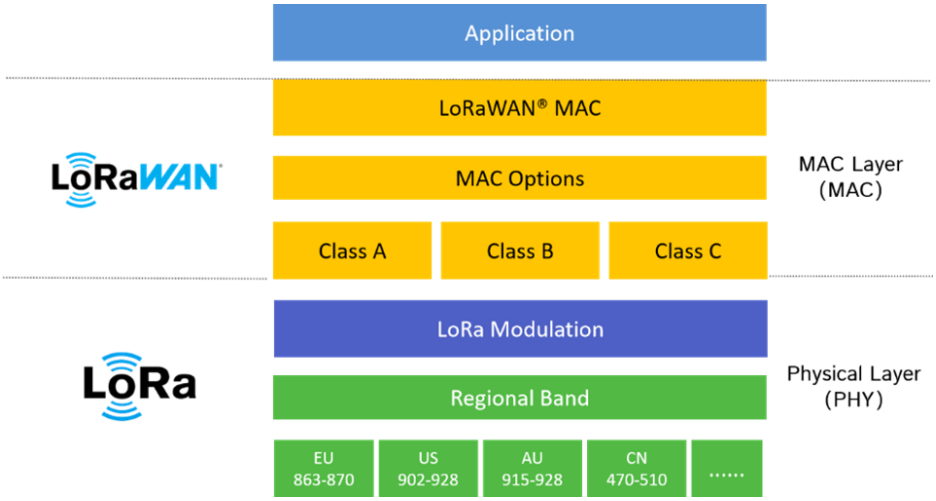
Para utilizar LoRa solo necesitamos al menos dos dispositivos con un módulo LoRa para enviar y recibir información entre ellos.

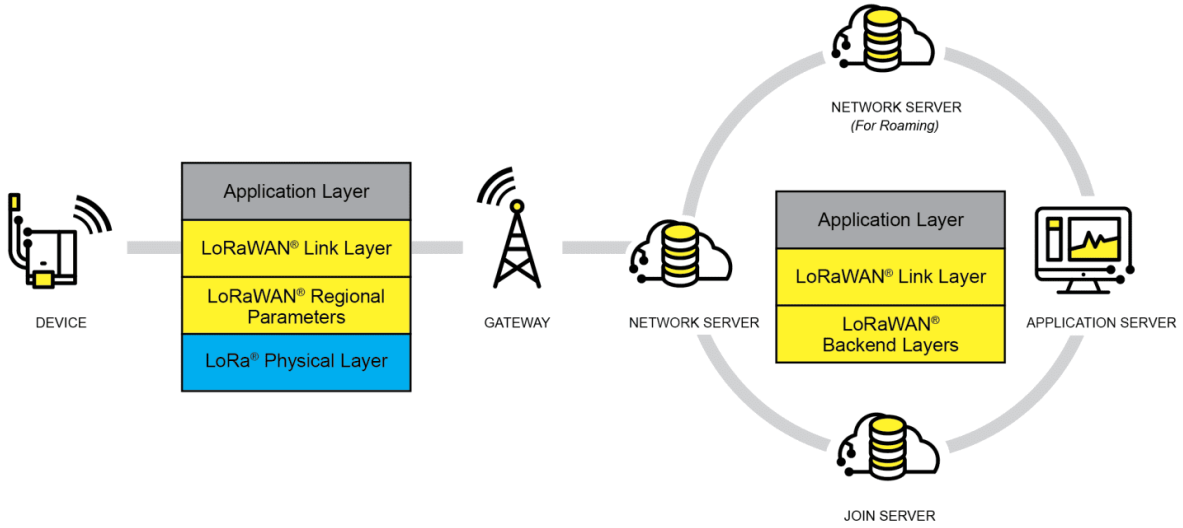
Las frecuencias de funcionamiento varían dependiendo del país y suelen ser las bandas **433 MHz**, **868 MHz** y **915 MHz**.

LoRaWAN (Long Range Wide Area Network), por otro lado, es un protocolo de red que utiliza la tecnología LoRa para conectar múltiples dispositivos a una red central. Imagina que LoRa es como el camino por el que viajan los datos y LoRaWAN es la autopista que organiza y gestiona ese tráfico de datos. LoRaWAN permite que muchos dispositivos LoRa se comuniquen de manera eficiente con una estación base o una red central, lo que es útil para casos de uso como ciudades inteligentes o agricultura de precisión.

Para utilizar LoRaWAN, necesitas algunos componentes y seguir algunos pasos clave:

1. **Dispositivos LoRaWAN**: Necesitarás dispositivos o sensores que estén equipados con tecnología LoRa para capturar datos y enviarlos a través de la red LoRaWAN. Estos dispositivos pueden variar según tu aplicación, como sensores de temperatura, dispositivos de seguimiento GPS o medidores de humedad, entre otros.
2. **Gateway LoRaWAN**: Debes tener al menos un gateway LoRaWAN. Este es un dispositivo que recibe señales de los dispositivos LoRa y las transmite a la red LoRaWAN. Los gateways suelen estar conectados a Internet y aportan la conectividad a la red global.
3. **Plataforma de Gestión y Aplicaciones**: Utilizarás una plataforma de gestión y aplicaciones para administrar tus dispositivos LoRaWAN y los datos que recopilan. Estas plataformas te permiten configurar y monitorear tus dispositivos, así como recibir y analizar los datos que generan.
4. **Configuración y Programación**: Los dispositivos LoRaWAN necesitarán ser configurados y programados para enviar datos a través de la red. Esto a menudo implica el uso de software o herramientas de desarrollo específicas para tu aplicación.





Conexión de dispositivos

Un solo gateway permite conectar miles de dispositivos, una cifra que aumenta con cada nueva puerta que se añade. Así, se facilita la creación de una red barata, amplia y con un consumo energético bajo. Los aparatos ligados mandarán sus datos en tiempo real y durante largos periodos. Para ello, existen diferentes formas de cobertura LoRawan: redes privadas, redes de terceros y operadoras de dispositivos. Además, estas características ayudan a escalar la arquitectura.
El proceso de escalado se efectúa añadiendo módulos a todo el sistema. Esto hace posible la conexión de millones de sensores que se siguen mediante geolocalización. Cada puerta de enlace se encarga de gestionar miles de dispositivos, toda una ayuda para aumentar la capacidad de la red.

Largo Alcance

Esta es una de las características más destacadas por las implicaciones que conlleva. La tecnología está diseñada para funcionar en ciudades y atravesar todo tipo de obstáculos. En presencia de numerosos edificios y construcciones, dispone de un alcance de tres kilómetros. Sin embargo, **la capacidad aumenta a los 20 km en zonas abiertas**.

El parámetro SF (Spreading Factor) permite variar el factor de "*esparcimiento*" que varía la velocidad y el alcance de la emisión.

Valores con ancho de banda de 125Khz (por defecto)

Spreading Factor	Data Rate	Range	Time on-Air
SF7	5470 bps	2 km	56 ms
SF8	3125 bps	4 km	100 ms
SF9	1760 bps	6 km	200 ms
SF10	980 bps	8 km	370 ms
SF11	440 bps	11 km	40 ms
SF12	290 bps	14 km	1400 ms

https://www.thethingsnetwork.org/docs/lorawan/spreading-factors/

https://docs.arduino.cc/learn/communication/lorawan-101

Transmisión de datos baja

La velocidad de transmisión de datos es baja, pero no es importante para la mayoría de procesos. La información se envía desde miles de dispositivos de forma continuada. Pese a que la **velocidad es de entre 0,3 y 50 Kbps**, es suficiente para enfrentarse al volumen generado por la red.

Bajo consumo energético y coste

Permite mantener dispositivos con baterías pequeñas sin necesidad de recargarlos durante largos periodos. Esta característica **reduce la intervención humana**, así como las necesidades energéticas. No importa que la red se extienda a través de decenas de kilómetros, ya que estará optimizada desde un punto de vista energético. De este modo, es más sencillo escalarla sin incurrir en grandes costes.

Amplia variedad de dispositivos y aplicaciones

Los dispositivos que se pueden emplear son muy variados y **dependen del objetivo de la red**. **Ayudan a adelantarse a problemas en ciernes y prevenirlos de manera adecuada**. Algunos ejemplos son los sensores de humedad, temperatura o de conductividad eléctrica.

Estas son sus principales aplicaciones:

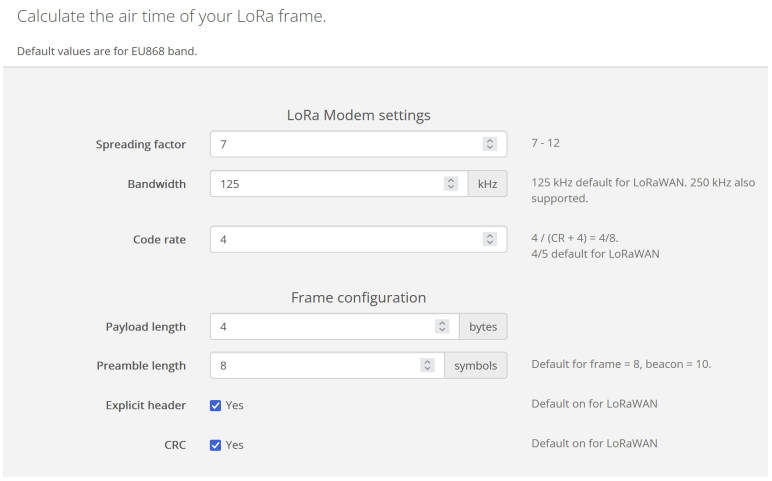
- *Smart cities.*
- *Smart industry.*
- *Agricultura.*
- *Logística.*
- *Cadena de suministro.*

Seguridad
La seguridad de la red es primordial en despliegues IoT y LoRaWAN define dos capas de criptografía. Una única clave de sesión de red de 128bit compartida por el end-point y servidor de red. Una única clave (AppSKey) de aplicación de 128bit compartida end-to-end y la capa de aplicación

La regla del 1%

En Europa la banda 868 MHz tiene un par de limitaciones. La primera es la potencia de emisión: 25 mW, que no nos preocupa mucho ya que los módulos que utilizaremos no llegan a tanta. Pero la segunda si que es importante y debemos evitar violar la regulación.

Esta regla simplificadamente lo que dice es que no podemos transmitir más que el 1% del tiempo. Es decir si por ejemplo enviar un paquete nos lleva 100 ms, tendremos que mantenernos sin emitir por 900 ms. Como norma general, no envíes más de una vez cada 3 minutos y cumplirás la reglamentación. Si quieres enviar más a menudo, existen calculadoras para obtener los tiempos entre envío mínimos.

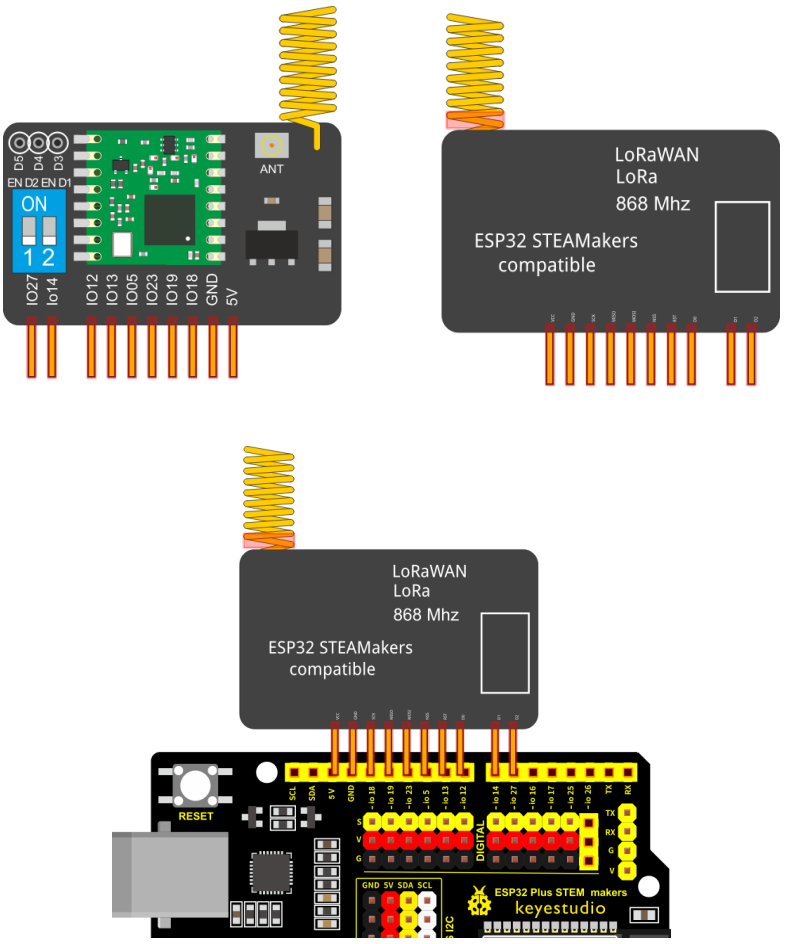


https://loratools.nl/#/airtime

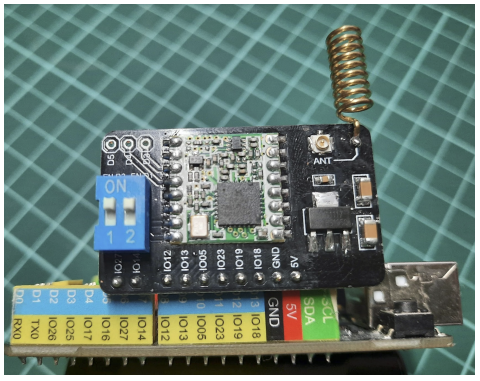
Módulo LoRa para ESP32 STEAMakers

Para utilizar la comunicación LoRa desde ESP32 STEAMakers debemos añadir un módulo capaz de trabajar con la modulación LoRa, para ello utilizaremos un módulo basado en el chip de Semtech SX1276 (módulo RFM95)

El módulo utiliza conexión SPI y algunas señales de control extra dependiendo de si utilizamos LoRa o LoRaWAN en nuestro dispositivo. Para facilidad del conexionado se ha diseñado un módulo específico listo para conectar a la placa ESP32 STEAMakers directamente:



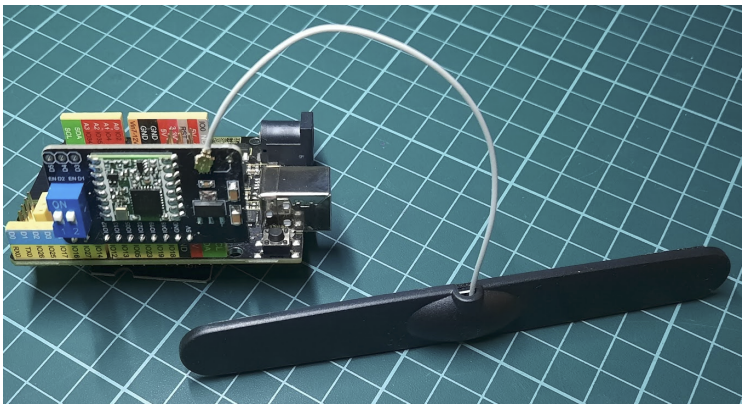
Vista real del módulo LoRa/LoRaWAN conectado a ESP32 STEAMakers:



Antena externa:

El módulo permite conectar una antena externa mediante el conector IPX. En caso de utilizar antena externa se debe quitar la antena integrada. La antena externa debe estar diseñada para trabajar en la frecuencia correcta (868 Mhz, 915 Mhz, etc.)

Módulo LoRa con antena externa para 868Mhz:

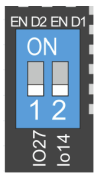


Configuración del módulo:

El módulo permite habilitar los 2 pines extras D1 (io14) y D2 (io27).

En caso de utilizar LoRa (sin WAN) podemos deshabilitar los dos pines y así utilizar esos pines con otros usos, aunque si los dejamos a ON funcionará el modo LoRa y esos pines debemos no conectarlo a nada.

Por otro lado, si usamos LoRaWAN obligatoriamente el módulo debe tener los dos microinterruptores en posición ON y no podremos conectar ningún sensor a esos pines.

	Modo LoRaWAN	**D1 = ON**	**D2 = ON**
	Modo LoRa *(dejando libre los pines io27, io14 para otras conexiones)*	**D1 = OFF**	**D2 = OFF**

Recomendación: Deja siempre los microinterruptores a ON y en caso de necesitar pines extras y utilizar solo conexión tipo LoRa puedes ponerlos a OFF para habilitarlos.

**ESP32 STEAMakers y Módulo LoRa:*

https://shop.innovadidactic.com/es/standard-perifericos/1663-modulo-lora-lorawan-8436574314656.html

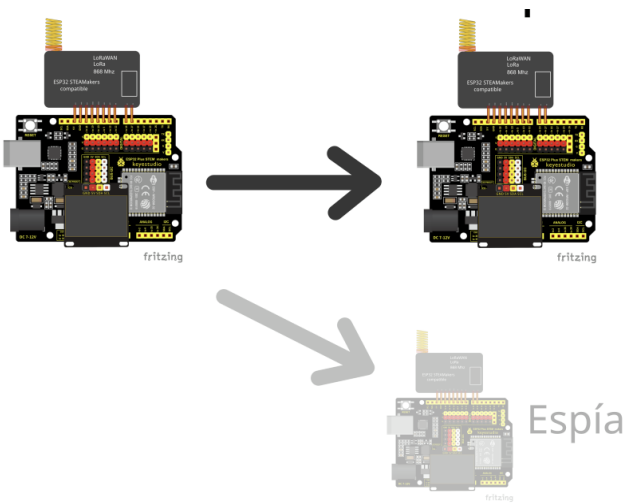
https://shop.innovadidactic.com/es/standard-placas-shields-y-kits/1567-placa-esp32-steamakers-no-incluye-cable-usb.html

LoRa con arduinoblocks

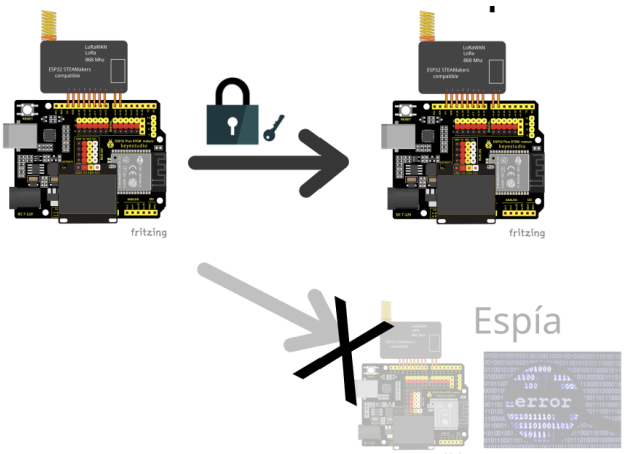
Los bloques LoRa permiten trabajar con comunicación LoRa entre dispositivos, realizando conexiones punto a punto. En realidad la emisión de datos LoRa de esta forma es captada por cualquier dispositivo LoRa dentro del alcance y que trabaje con los mismos parámetros de frecuencia y ajustes internos del módulo LoRa, por eso la importancia de la cifrar los datos para que no sean capturados por cualquier otro módulo y puedan espiar la información.

En este modo tampoco hay un control de acceso al medio ni validación de los datos (ACK) , todo ese proceso lo debemos supervisar nosotros mismos. Lo habitual son sistemas simples de emisor-receptor, o un modelo maestros-esclavos donde un dispositivo inicia siempre la comunicación pidiendo la información a uno de los esclavos que contestará cuando el maestro le requiera.

(En caso de sistemas complejos con multitud de dispositivos se recomienda implementar o utilizar una red LoRaWAN donde los gateways y servidores de aplicación gestionan la comunicación, la seguridad, el encriptado de datos y otros aspectos automáticamente)

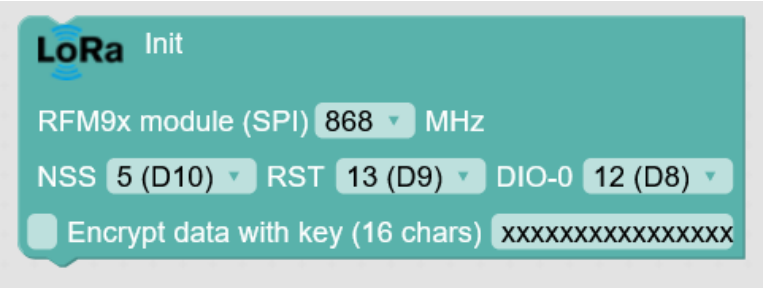


Añadiendo cifrado de datos en emisor-receptor:

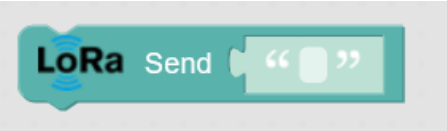


Bloques LoRa

Init: Configura el módulo LoRa (ajustado por defecto para el módulo ESP32 STEAMakres LoRa). Si seleccionamos la opción de encriptación se debe especificar la misma clave de 16 caracteres en el emisor y receptor (clave de encriptación con caracteres alfabéticos).



8
Send: Envia una trama de datos (máxima longitud 51 ~ 242 bytes/ caracteres)



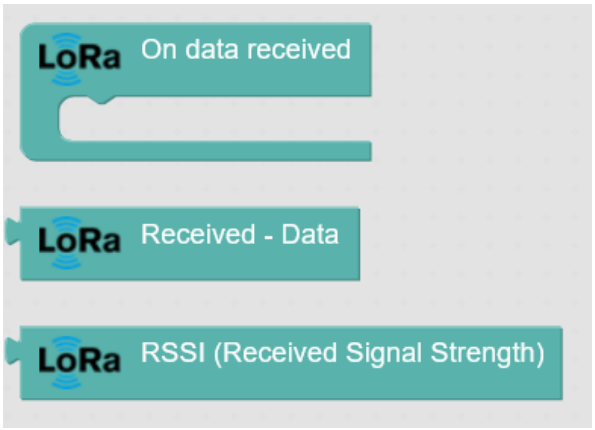
La longitud máxima de la trama de datos dependerá de la frecuencia (zona del mundo) y de parámetros internos de la modulación (SF, Bandwith, etc.)

Ejemplo de longitud máxima de la trama de datos según varias configuraciones:

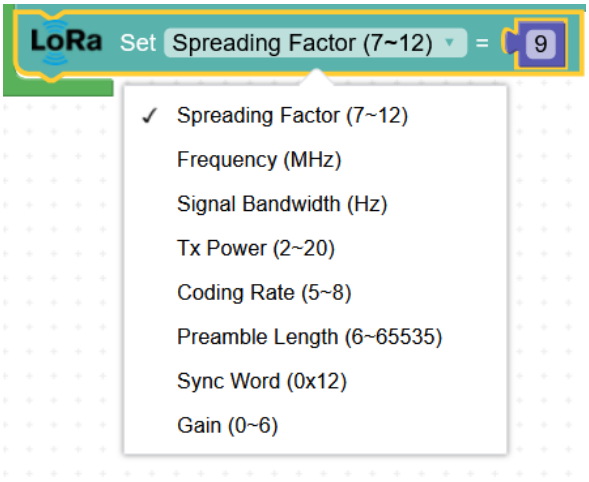
Data Rate	Configuration (SF+BW)	Maximum application payload size (bytes)
0	LoRa: SF12 / 125 kHz	51
1	LoRa: SF11 / 125 kHz	51
2	LoRa: SF10 / 125 kHz	51
3	LoRa: SF9 / 125 kHz	115
4	LoRa: SF8 / 125 kHz	242
5	LoRa: SF7 / 125 kHz	242
6	LoRa: SF7 / 250 kHz	242

https://www.thethingsnetwork.org/docs/lorawan/regional-parameters/

On Data Received: Evento que se produce cuando se reciben datos. Dentro de ese bloque de evento el valor del bloque "**Received - Data**" tendrá el texto con la trama de datos recibida y el valor **RSSI** indicando la intensidad de la señal recibida.



El bloque de ajuste de parámetros avanzados permite ajustar algunos valores internos:



Spreading Factor (SF): es el factor de esparcimiento, permite valores entre 7 y 12.

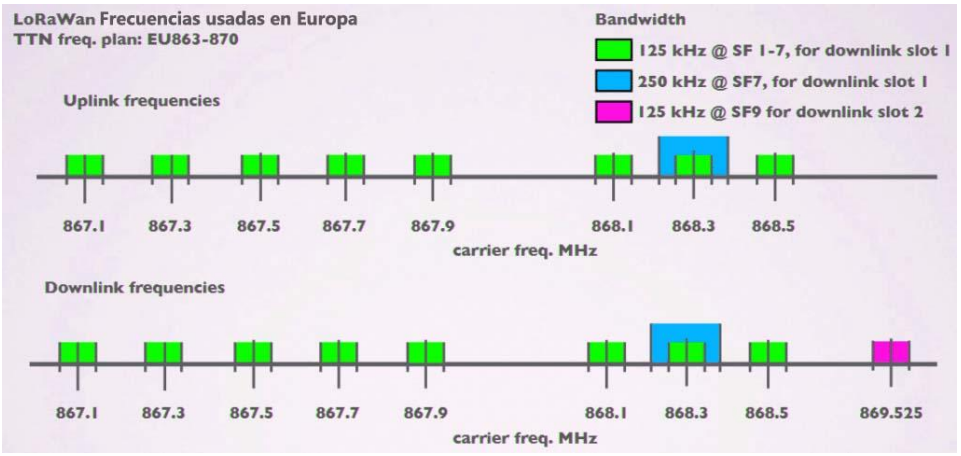
(Valor por defecto = 7)

Spreading Factor	Data Rate	Range	Time on-Air
SF7	5470 bps	2 km	56 ms
SF8	3125 bps	4 km	100 ms
SF9	1760 bps	6 km	200 ms
SF10	980 bps	8 km	370 ms
SF11	440 bps	11 km	40 ms
SF12	290 bps	14 km	1400 ms

Frequency (MHZ): valor en Mhz en la que trabaja el módulo LoRa. Podemos especificar una banda de frecuencia específica dentro de los márgenes de nuestro módulo LoRa.

(Valor por defecto = 868)

Por ejemplo si estamos en zona Europea con 868MHz, podemos variar entre: 867.0 y 869.0 MHz



Signal Bandwith: Ancho de banda de la señal LoRa. Valores posibles:

(Valor por defecto = 125000)

7800	10400	15600	20800	312500	41700	62500	**125000**	250000	500000

Tx Power: Potencia de transmisión del módulo LoRa. Valor entre 2 y 20 dB.

(Valor por defecto = 17)

Coding Rate: Los valores admitidos están entre 5 y 8, estos corresponden a tasas de codificación de 4/5 y 4/8. El numerador de la tasa de codificación se fija en 4.

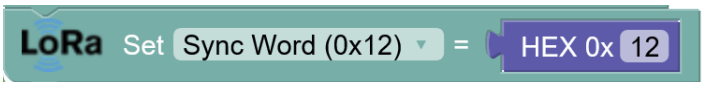
(Valor por defecto =5)

Preamble Length: Los valores admitidos están entre 6 y 65535.

(Valor por defecto = 8)

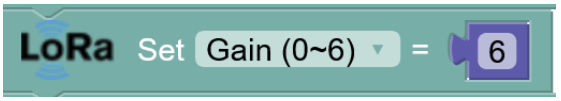
Sync Word: Valor de sincronización, por defecto 0x12

(Valor por defecto = 0x12)



Gain: Configura la ganancia de LNA para obtener una mejor sensibilidad de RX; de forma predeterminada, se usa AGC (control automático de ganancia) y no se usa la ganancia de LNA.
Valores de 0 (ganancia automática) hasta el 6.

(Valor por defecto = 0 auto)



JSON formato para intercambio de datos

A la hora de intercambiar información entre dispositivos, y sobre todo en comunicaciones de baja frecuencia como el caso de LoRa, debemos enviar varios valores y de la forma más compacta posible.

El formato de empaquetado de datos “JSON” es una forma sencilla de encapsular varios datos de información en una misma trama de datos con un formato fácilmente entendible y que ocupa poco espacio extra en el envío (existen otros tipos como XML con mucha más carga de datos).

JSON es el acrónimo de “JavaScript Object Notation” y es un formato de texto sencillo que permite encapsular en forma de texto cualquier objeto (un objeto es un concepto dentro de la programación que encapsula las variables, tipos de datos y valores de un estado del programa o de la información necesaria, incluyendo jerarquía, listas, valores, tipos de datos, etc.)

Ejemplo JSON: tenemos en un sistema informático el concepto de objeto “vehículo”, una posible representación en formato JSON sería:

```
{
        “Matricula”: “KLC1245”,
        “Año”: 2021,
        “Conductor”:    {
                        “Principal”: “Juan”,
                        “Secundario”: “María”,

                        },
        “Seguro”: “El piñazo SL”,
        “Gasolina”: True,
        “Gasoil”: False,
        “Eléctrico”: False,
        “Revisiones”: [2021, 2023,2024],
}
```


```
{
   "Matricula": "KLC1245",
   "Anyo": 2021,
   "Conductor": {
      "Principal": "Juan",
      "Secundario": "Maria"
   },
   "Seguro": "El piñazo SL",
   "Gasolina": true,
   "Gasoil": false,
   "Eléctrico": false,
   "Revisiones": [
      2021,
      2023,
      2024
   ]
}
```


https://www.freeformatter.com/json-formatter.html

Para más información consultar la documentación oficial sobre JSON.

https://es.wikipedia.org/wiki/JSON
https://www.youtube.com/watch?v=YYfediyCwAU

El formato JSON de forma práctica en aplicaciones LoRa/LoRaWAN con ESP32 lo vamos a utilizar para encapsular dentro del bloque de datos ({ }) varios pares “clave” : “valor” y poder recuperarlos fácilmente en el receptor a partir del nombre “clave”.

En la práctica con comunicaciones LoRa y ESP32 no utilizaremos estructuras complejas en formato JSON, simplemente es una forma rápida, sencilla y eficiente de codificar y decodificar varios valores (clave/valor) dentro de la misma trama de datos. Ejemplos prácticos:

JSON con datos para controlar un led RGB	{ "R": 100, "G":50, "B": 0 }
JSON con datos para mover dos servos (S1 , S2)	{ "S1": 120, "S2": 45 }
JSON con datos para enviar con un texto para mostrar en varias pantallas remotas (P1, P2)	{ "P1": "Hola", "P2": "Juanjo" }
JSON con datos de eléctrico	{ "V": 232.5 , "I": 0.6 , "Wh": 326.4, }

Ejemplo sencillo:

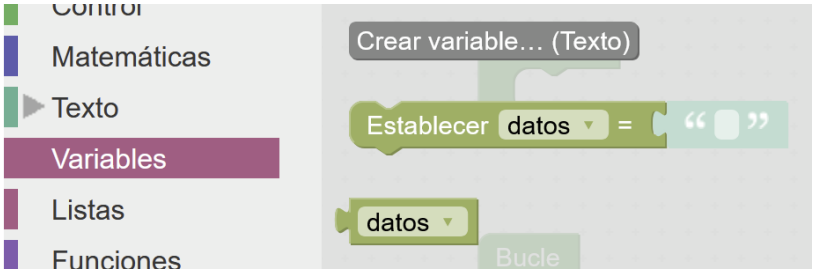
Datos a encapsular de 3 sensores conectados al emisor:

1) Valor de temperatura (*Temp*)
2) Valor de humedad (*Hum*)
3) Nivel de luz (*Luz*)

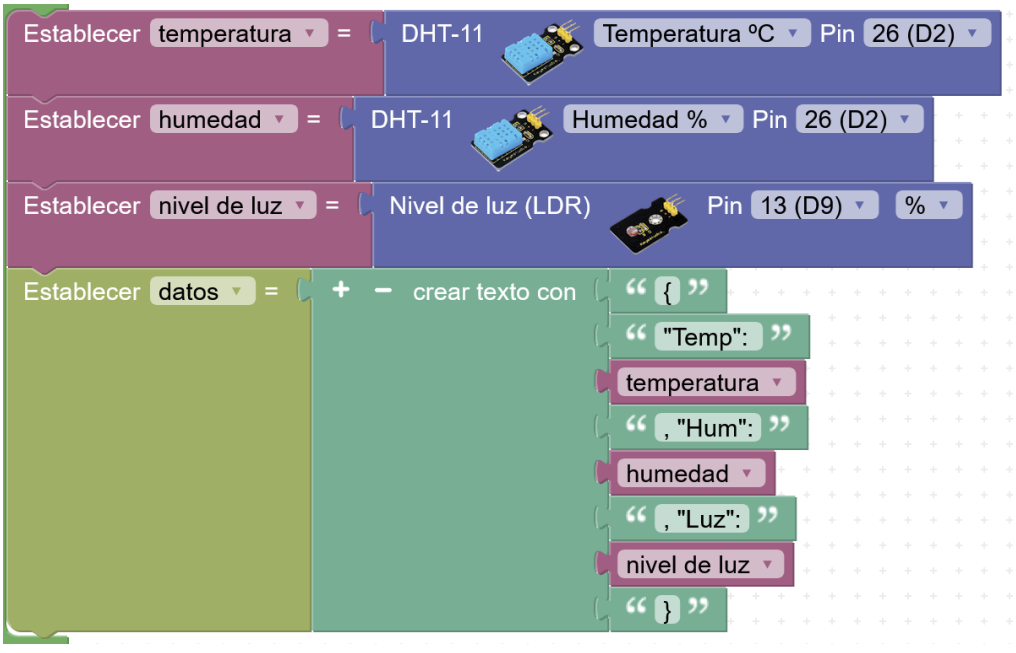
JSON de ejemplo para empaquetar estos 3 valores:

{ "Temp": 23.5, "Hum": 68.3, "Luz": 46 }

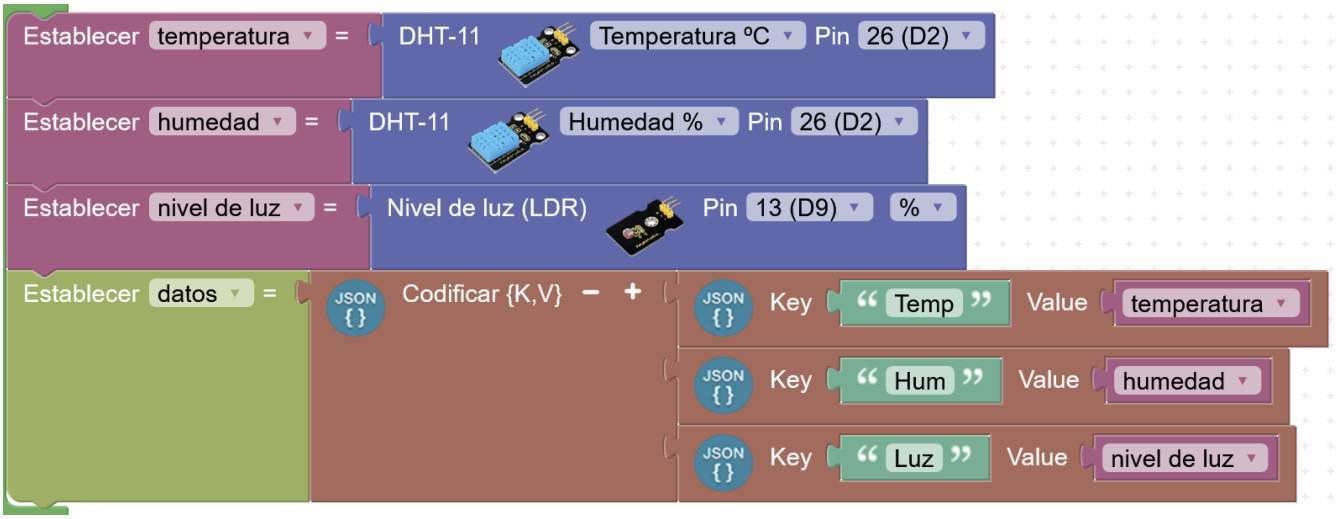
Creación del formato anterior en Arduinoblocks:



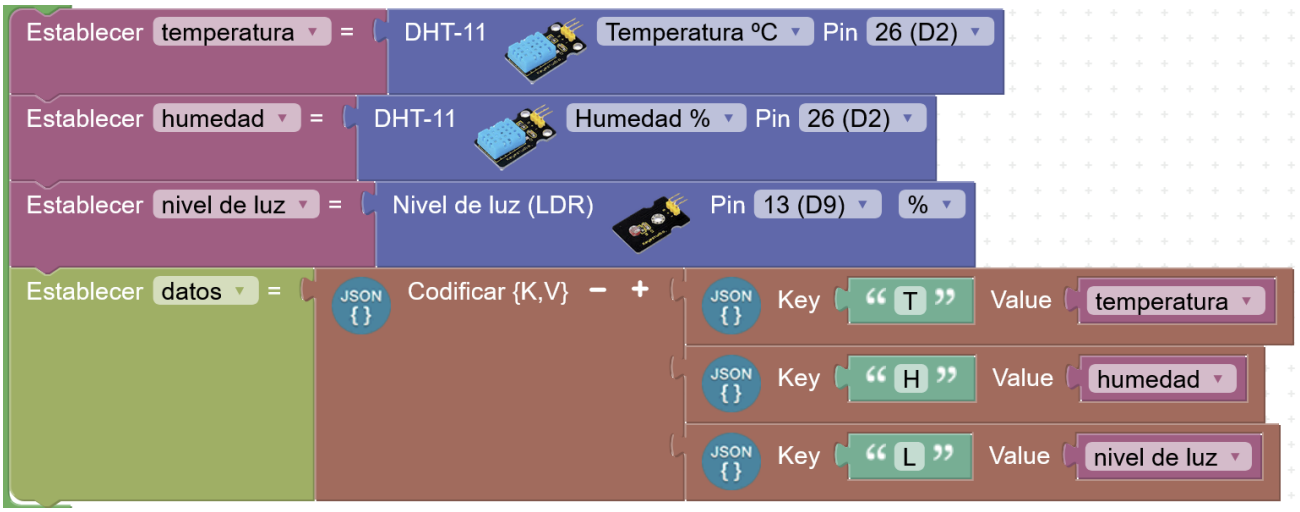
1) Opción manual uniendo textos y variables:



2) Opción con bloques para generar JSON de forma automática (*recomendable*)



LoRa y LoRaWAN permiten tramas de poca longitud, y además la longitud perjudica notablemente el tiempo de envío. Cuanto más ahorremos en espacio mejor, en este ejemplo recomendaría usar nombres "clave" lo más cortos posibles, simplificando lo anterior a *"T", "H", "L"*:

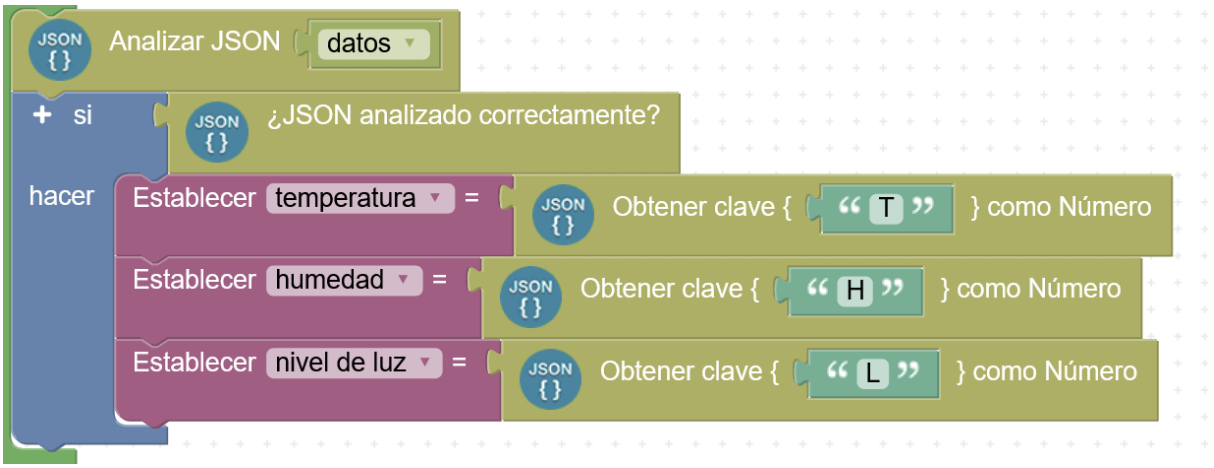


El resultado de la trama a enviar sería por ejemplo algo así (los retornos de carro y espacios no afecta, lo importante es mantener la estructura y ahorrar en número de caracteres/bytes a transmitir):

{"T": 23.52, "H": 68.31,"L": 89.12}

La decodifiación de una cadena de texto en formato JSON es sencilla. Se debe analizar y a partir de ahí podremos extraer los datos de ese nivel. Si hay un subnivel (ramificación) se deberá obtener el valor del subnivel y volverlo a analizar para acceder a sus datos de forma directa. No hay límite de niveles y subniveles.

Ejemplo para extraer los datos codificados en el ejemplo anterior:



Durante la comunicación puede haber errores, o el formato del JSON puede ser incorrecto (o no ser datos JSON) por lo que deberíamso comprobar que se ha podido analizar correctamente los datos.

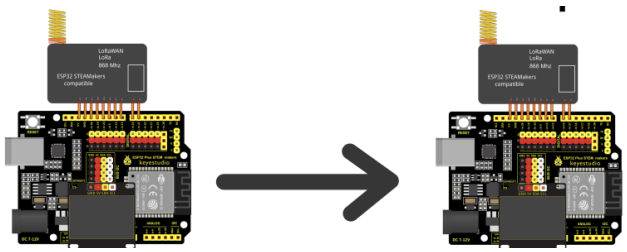
A la hora de extraer los valores de cada clave (“T”, “H”,...) podemos elegir el bloque que procesará y obtendrá el valor en el formato correspondiente. Esta elección es importante para recuperar el valor de la forma correcta. Por ejemplo si recuperamos un valor de forma numérica y no es un valor numérico válido dará internamente un error.

*Más información sobre JSON con Arduinoblocks:

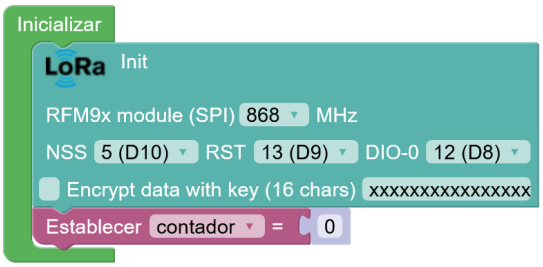
https://drive.google.com/file/d/1r290vEJVVZtt8yp4PELnxgTEFWqUUBZk/view

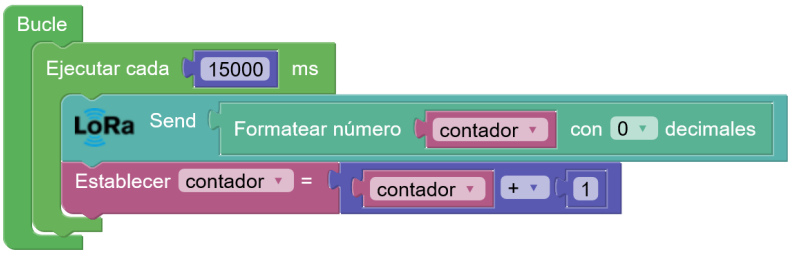
Ejemplos LoRa

LoRa 1: Emisor contador + Receptor OLED

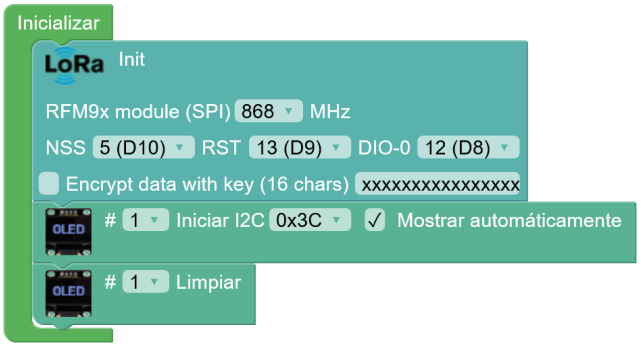


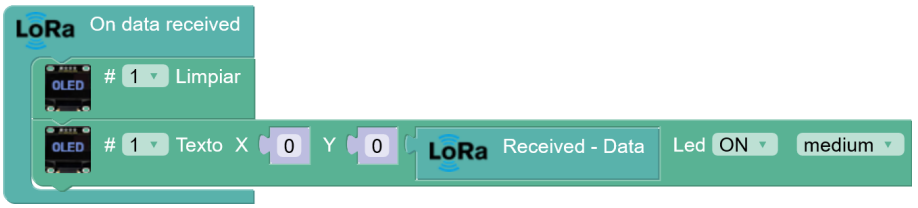
Programa Emisor





Programa receptor:





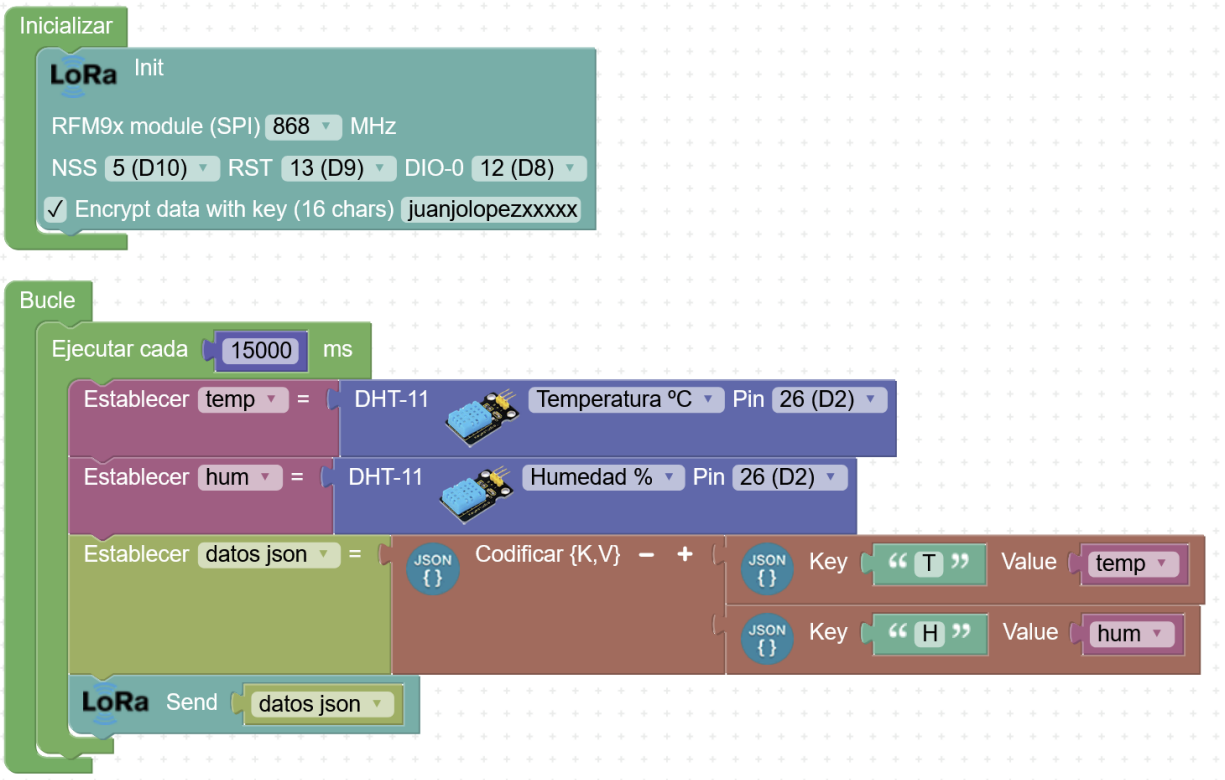
LoRa 2: Emisor T/H + Receptor OLED

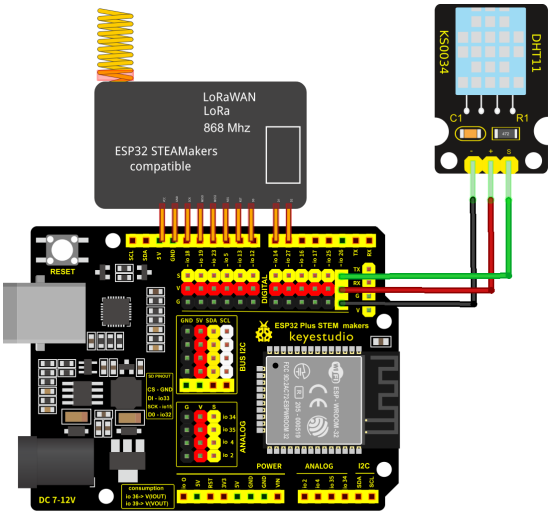
Mediante la codificación de varios datos en formato JSON enviaremos los datos a través de LoRa y en el receptor decodificaremos el formato JSON extrayendo los datos que nos interesen.

Los datos a enviar serán:
“T” -> Temperatura
“H” -> Humedad

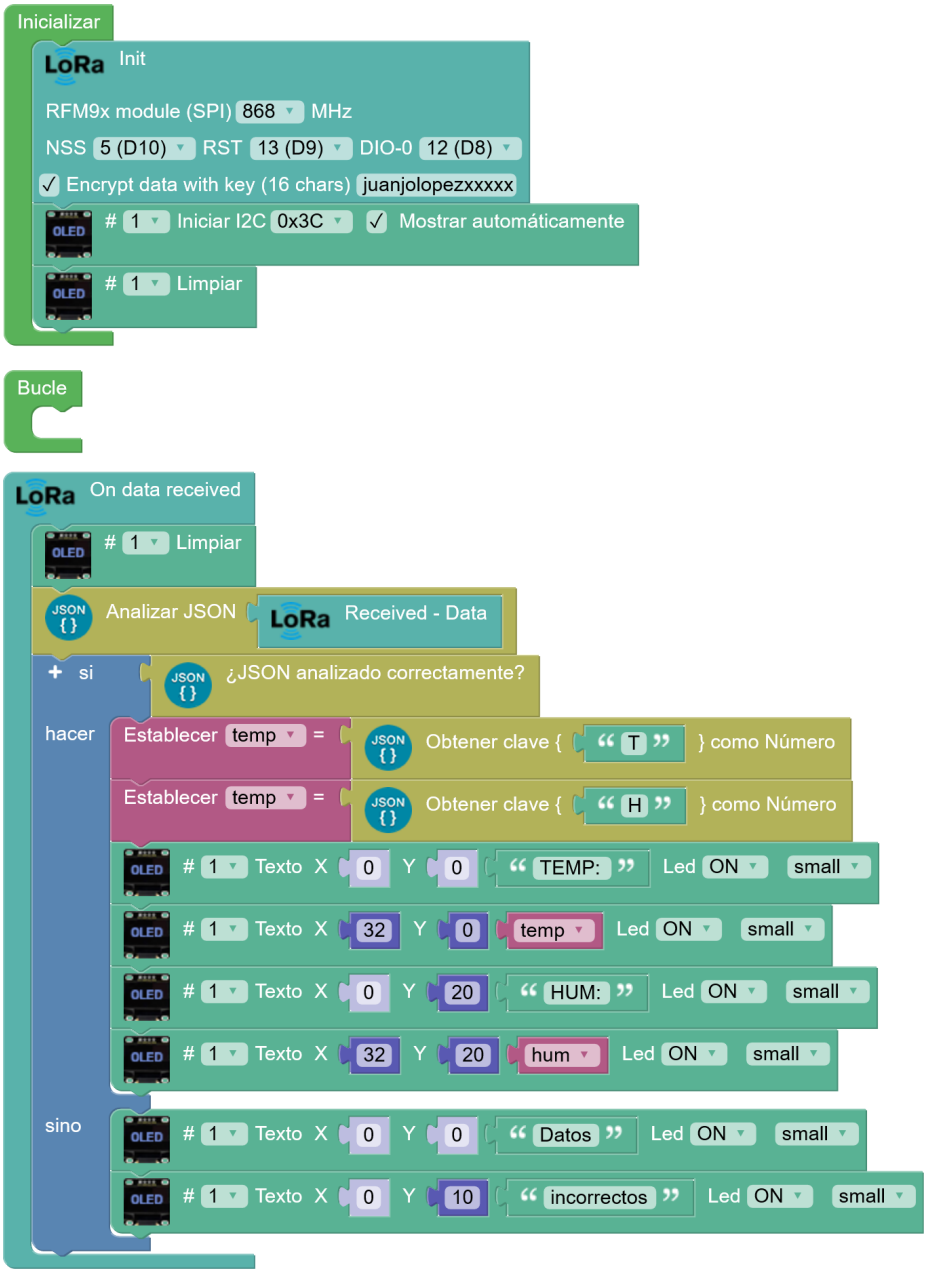
En el receptor se recibe la trama JSON, se analiza y se extraen los datos para visualizar en la pantalla OLED.

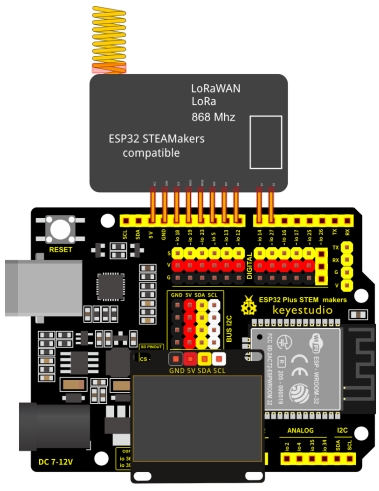
Programa en emisor de datos:





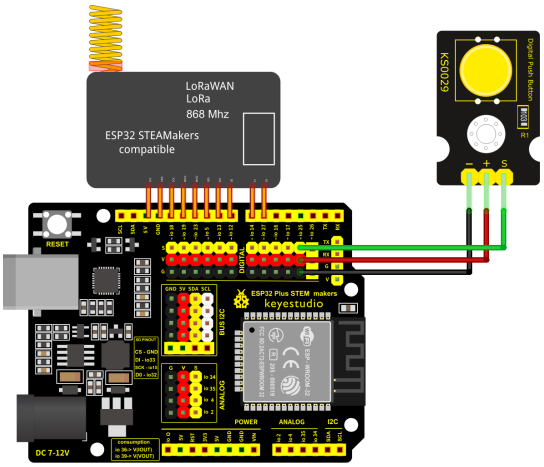
Programa receptor de datos OLED:



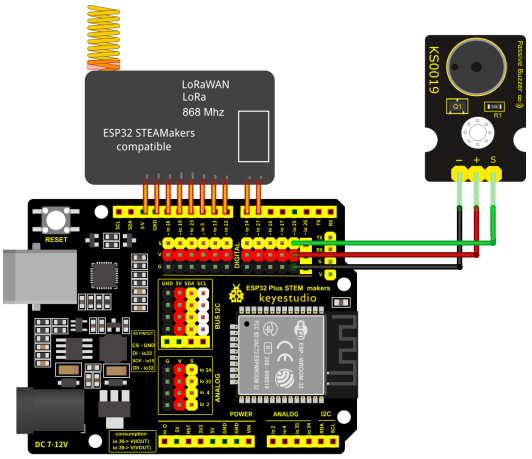


LoRa 3: Timbre remoto

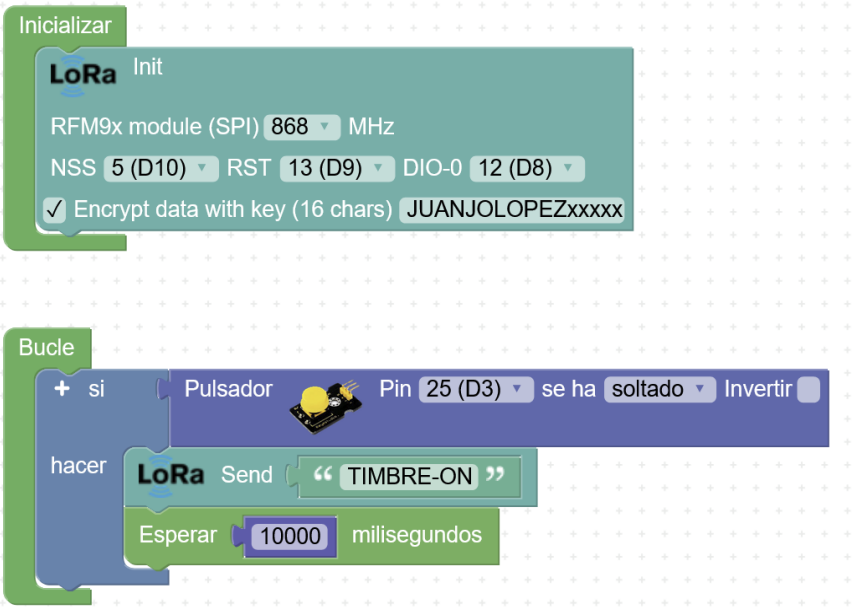
Esquema emisor: pulsador



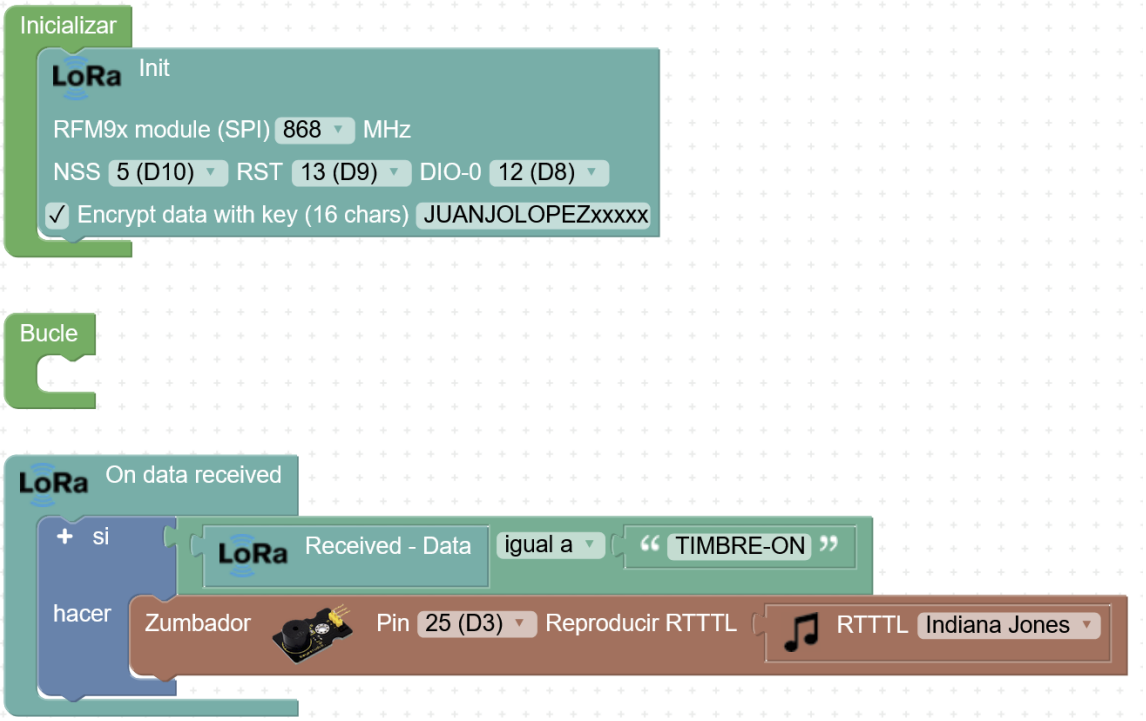
Esquema receptor: zumbador



Programa emisor:



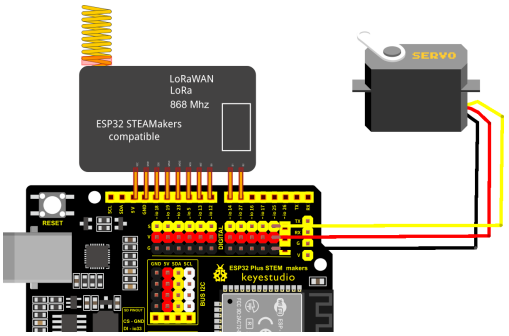
Programa receptor:



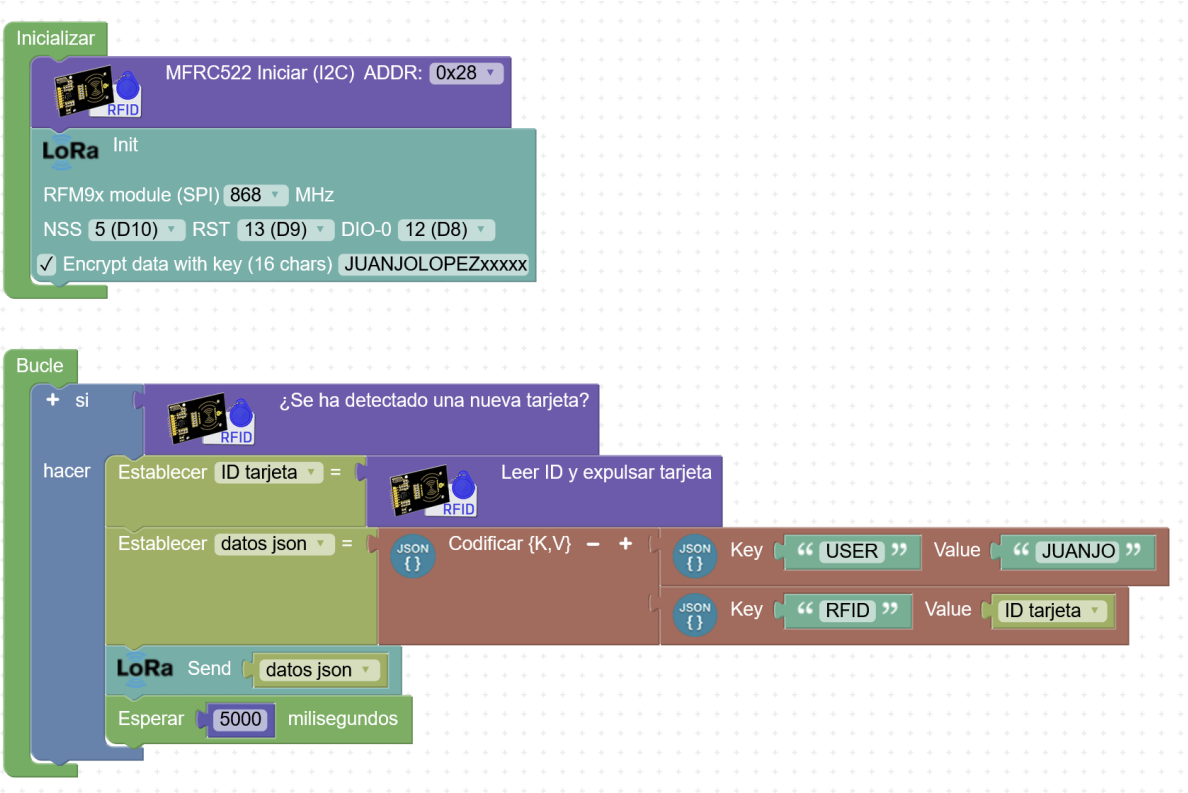
LoRa 4: Apertura de puerta remota

Emisor: lector RFID (i2c) + tarjetas o llaveros de identificación

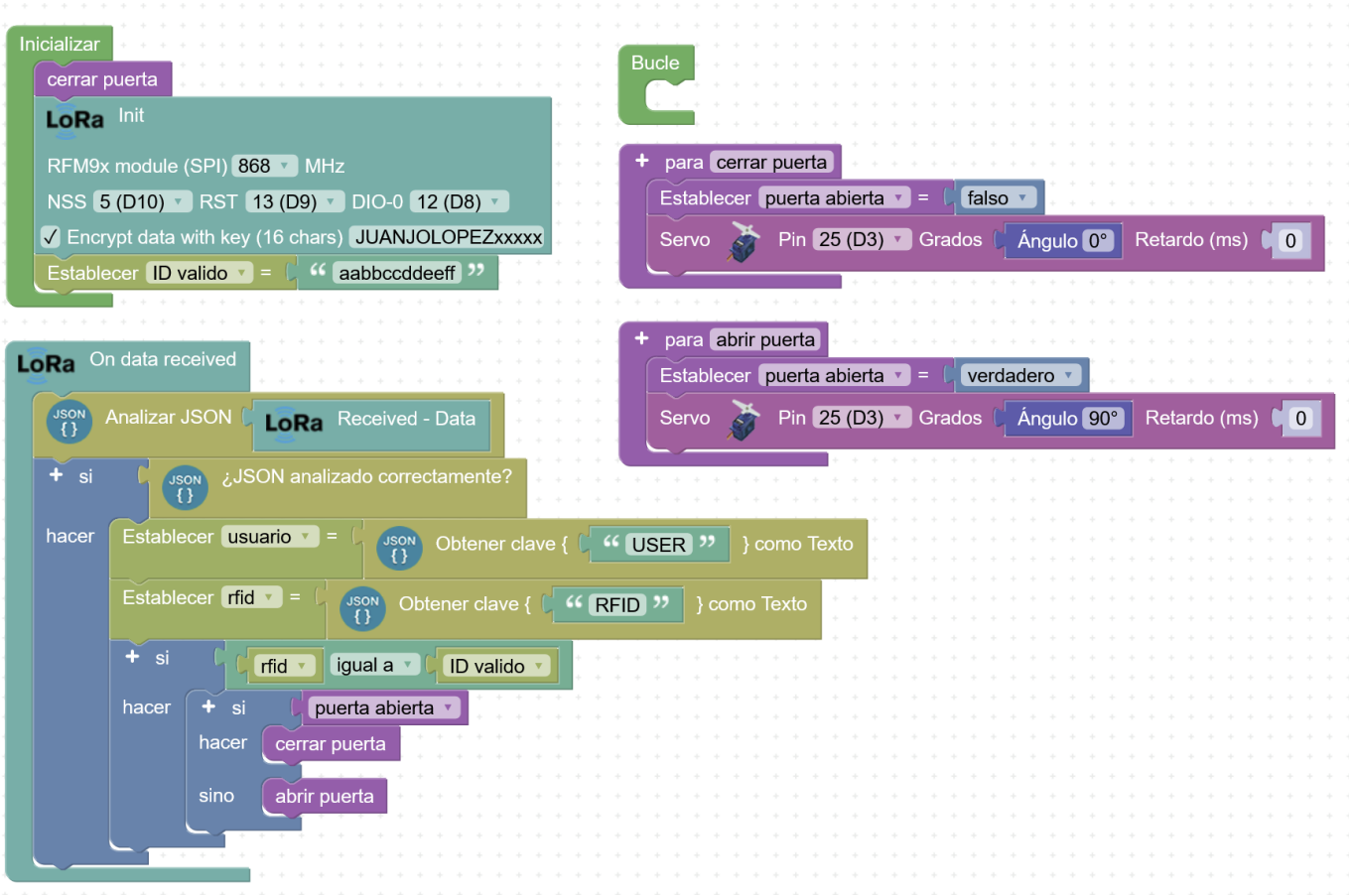
Receptor:



Programa emisor: Lector RFID + tarjeta



Programa receptor: apertura de puerta con servo



LoRa 5: Sensores distribuidos de T/H (maestro-esclavos)

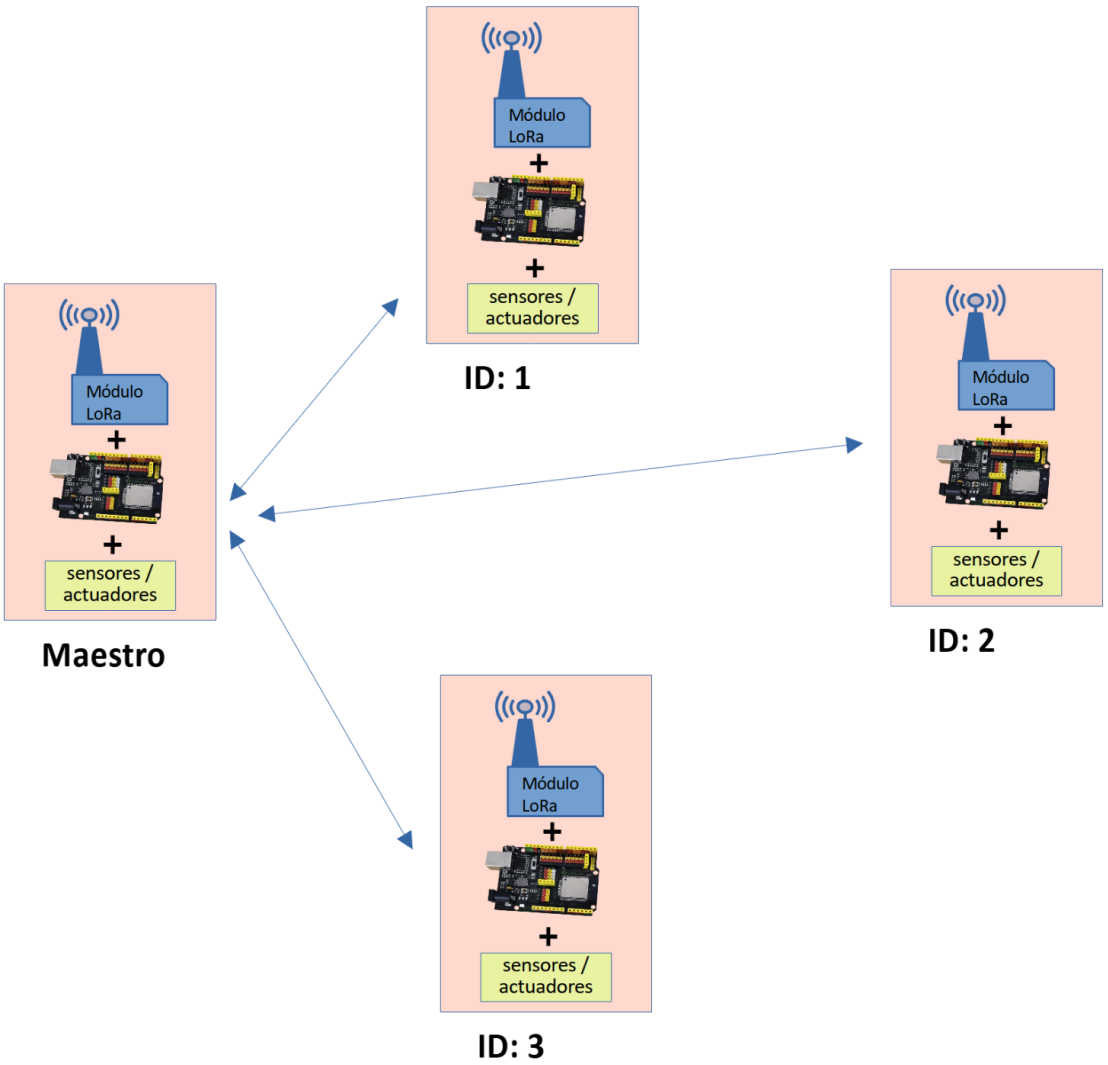
Podemos tener más de dos placas comunicándose entre ellas vía LoRa. Es importante definir un protocolo para evitar que “hablen” varias a la vez y se interfieran. En este ejemplo una placa hace de “*maestro*” y les pide información a los nodos “*esclavos*” que le responden con la información del sensor conectado.

El formato JSON que envía la placa “*maestra*” va a ser simplemente indicando el ID de la placa que debe responder. Cada placa debe tener un ID (número de identificación) asignado en el programa:

{ “ID”: 1 }

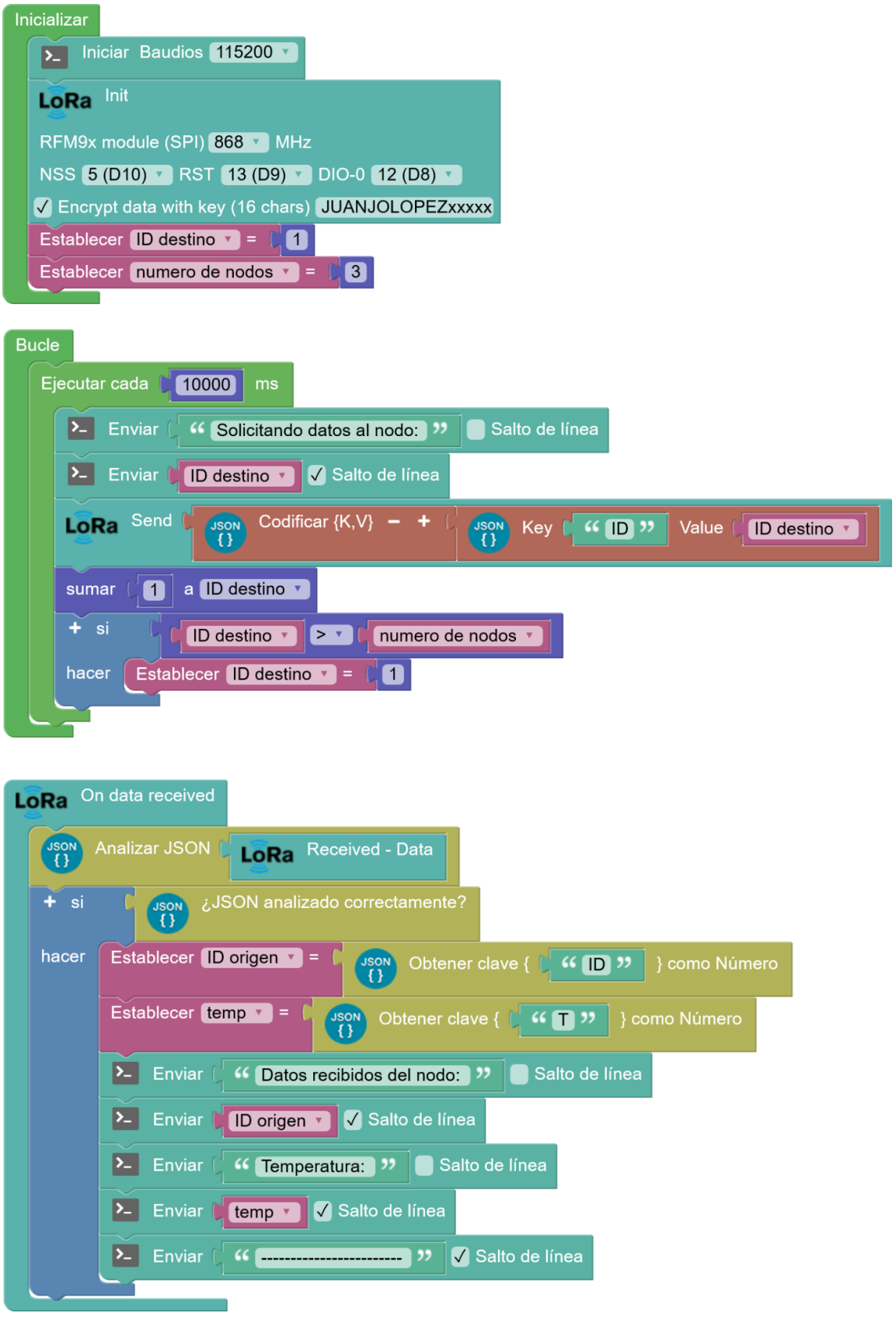
Las placas contestarán con un formato JSON con el mismo ID y el valor del sensor de temperatura:

{ “ID”:1, “T”: 24.5 }



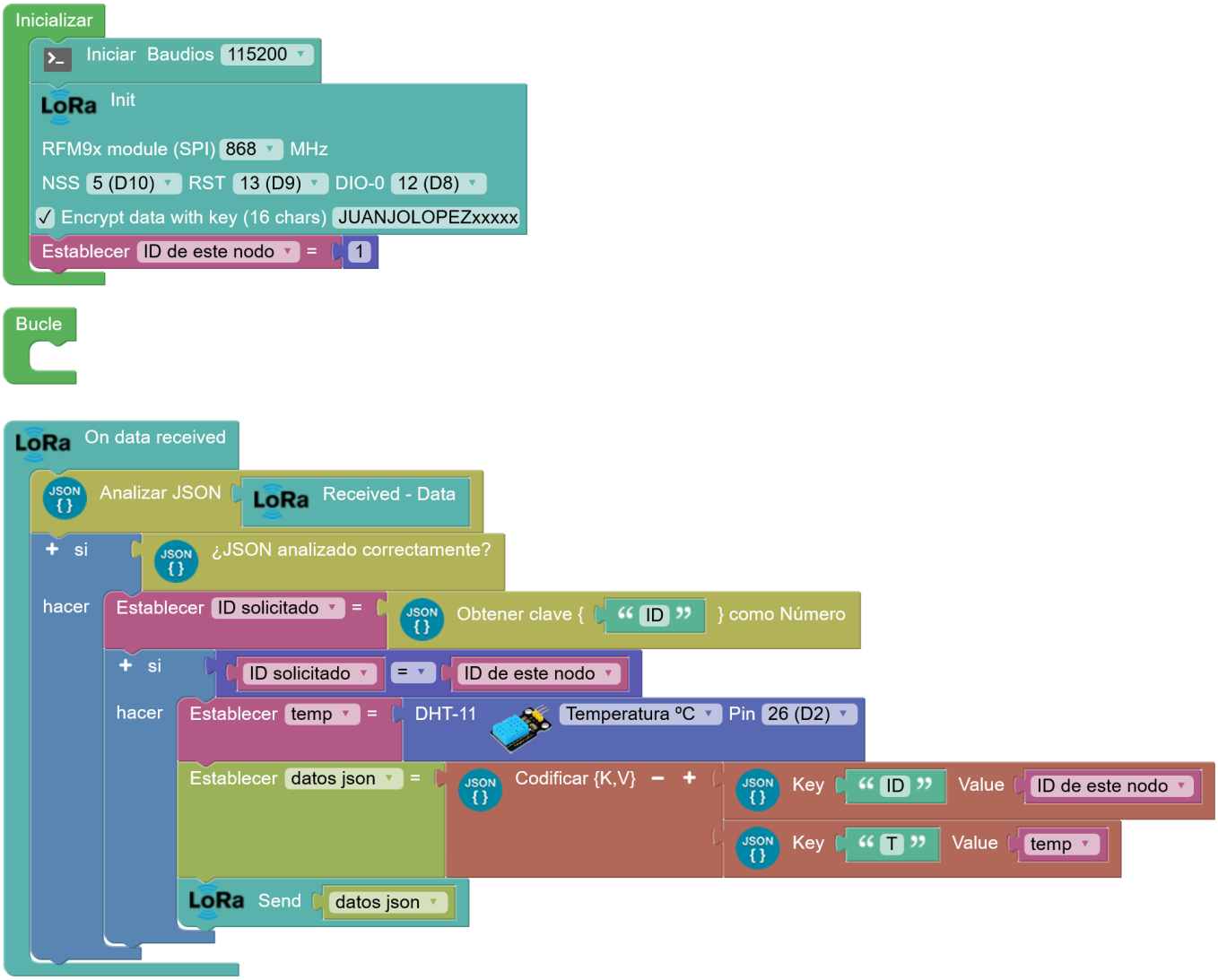
Programa módulo “*maestro*”:

Cada 15s pide los datos a un nodo (primero al nodo 1, después al 2, después al 3, y vuelve al 1)
Al recibir la respuesta la visualiza en la consola serie.

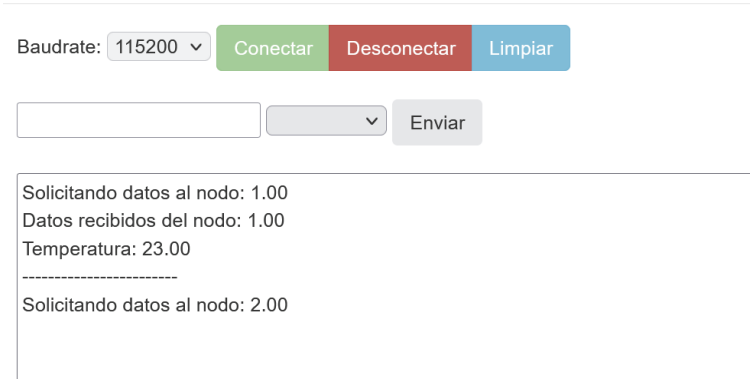


Programa de los nodos “esclavos”:

En una variable inicializamos el número de nodo para cambiarlo fácilmente al subir el programa a cada nodo. En este ejemplo todos los nodos van a tener el mismo sensor y van a devolver el mismo tipo de dato (temperatura). Lo único que varía es el número de nodo (ID).

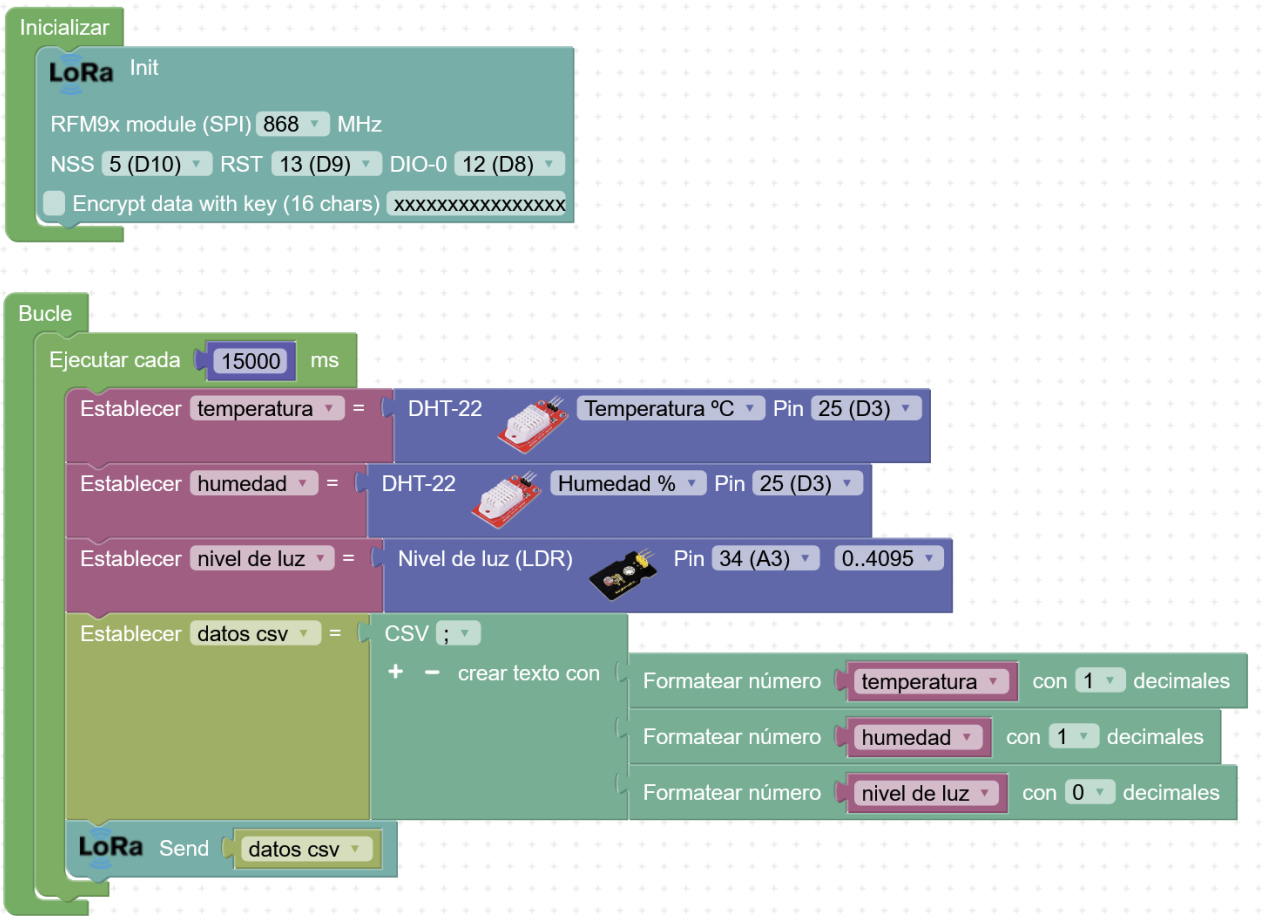


Datos enviados por el módulo maestro en la consola serie:

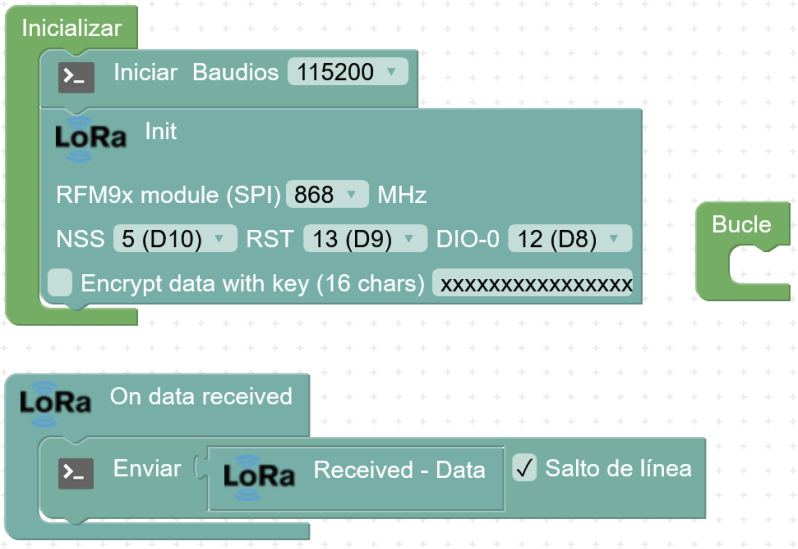


LoRa 6: Datalogger remoto

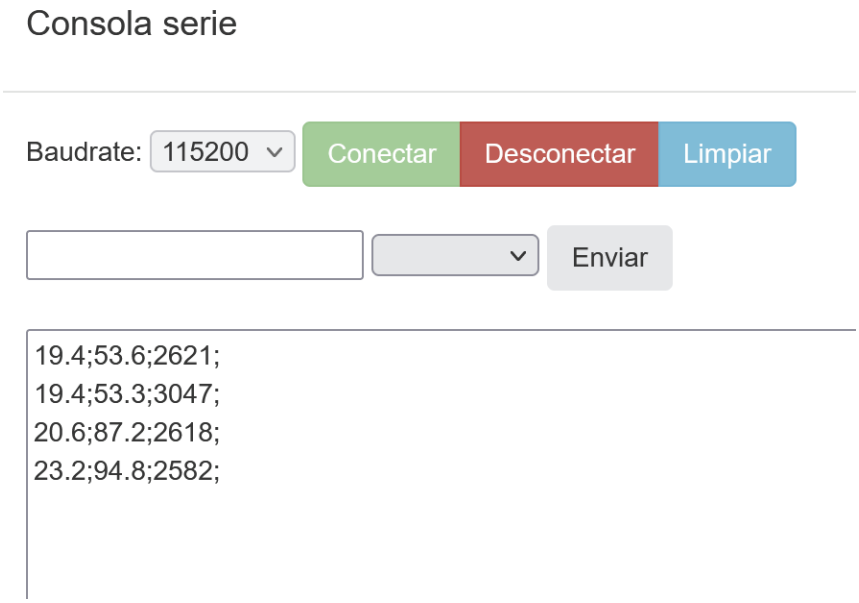
Programa emisor (datos de sensores):



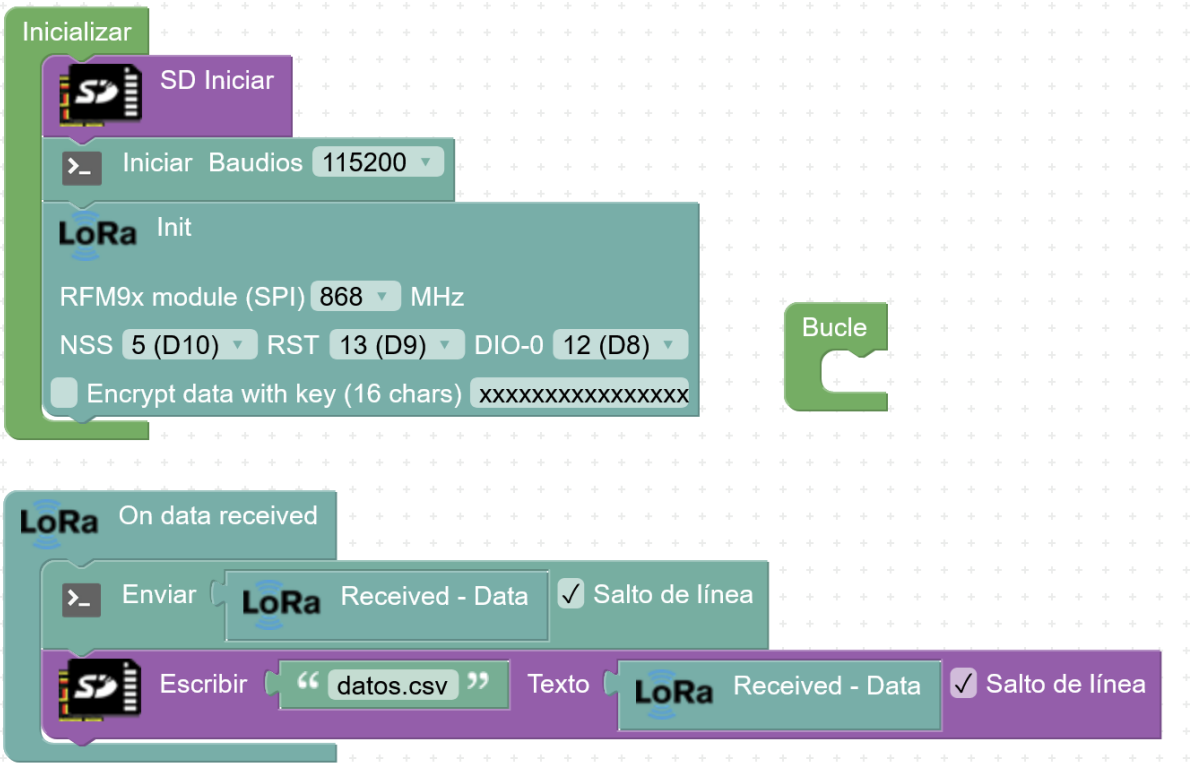
Programa receptor:



Visualización de datos recibidos (formato CSV):



Programa receptor mejorado con grabación de datos en la tarjeta microSD insertada en el zócalo de la ESP32 STEAMakers:

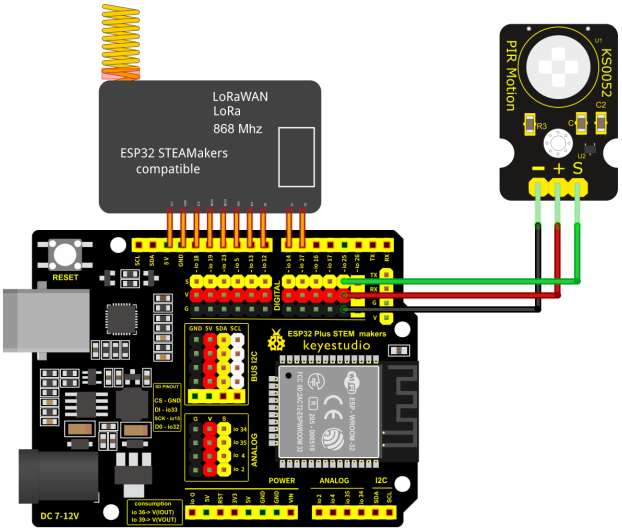


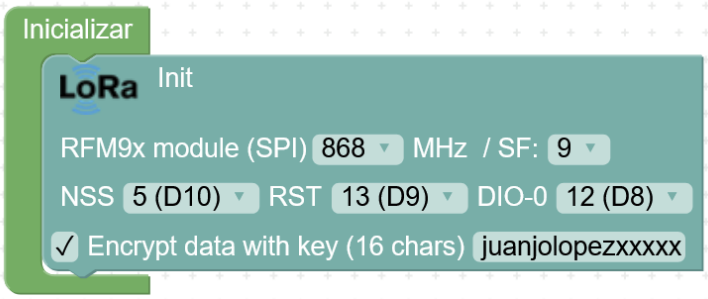
LoRa 7: Central de alarma y sensores de presencia

El módulo con el sensor de movimiento emitirá una trama LoRa con el texto "*SENSORMOV*" en caso de detectar movimiento.

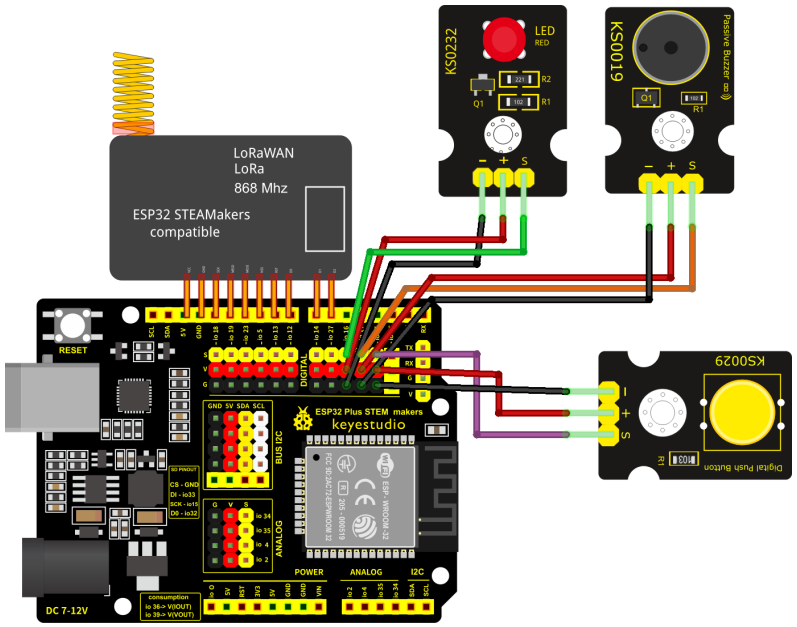
El receptor al recibir una trama LoRa con el texto "*SENSORMOV*" activará un led rojo y un zumbador que empezará a pitar. La alarma se podrá desactivar (resetear) pulsando el pulsador.

Emisor (nodo con sensor movimiento):

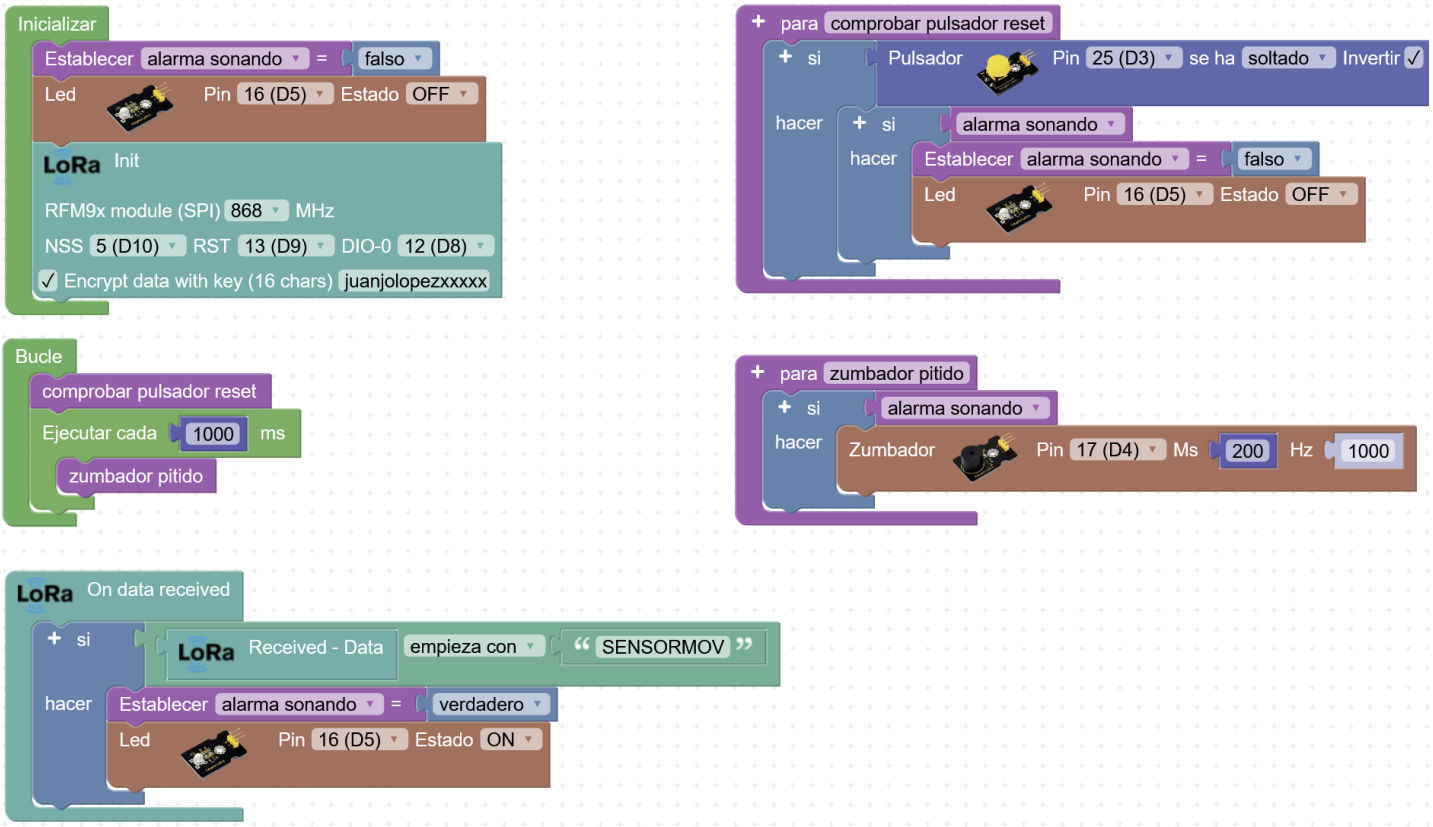




Receptor (central de alarma):



Led rojo -> pin io16
Zumbador -> pin io17
Pulsador -> pin io25



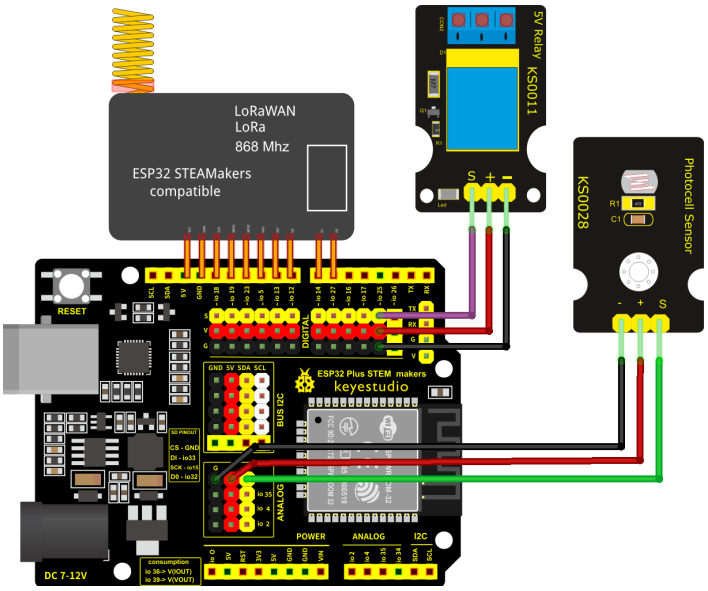
LoRa 8: Gateway LoRa <-> Telegram

Se creará un bot de Telegram conectado a la ESP32 STEAMakers.

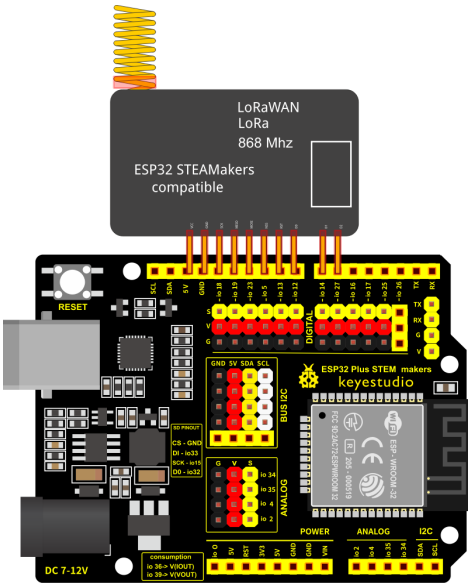
Los datos recibido por LoRa se enviarán directamente al canal de Telegram
Los datos recibidos del canal de Telegram se enviarán vía LoRa.

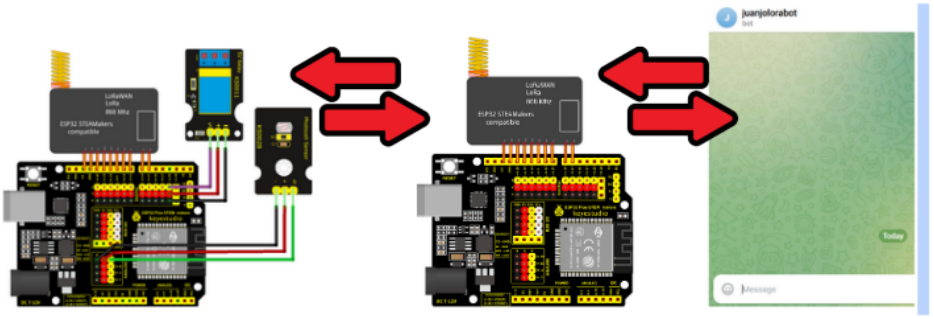
El nodo remoto tendrá un sensor de luz cuyo valor enviará cada 60s
El nodo remoto tendrá un relé conectado, en caso de recibir el comando "*RELE-ON*" se activará
El nodo remoto tendrá un relé conectado, en caso de recibir el comando "*RELE-OFF*" se apagará

Nodo sensor remoto LoRa:

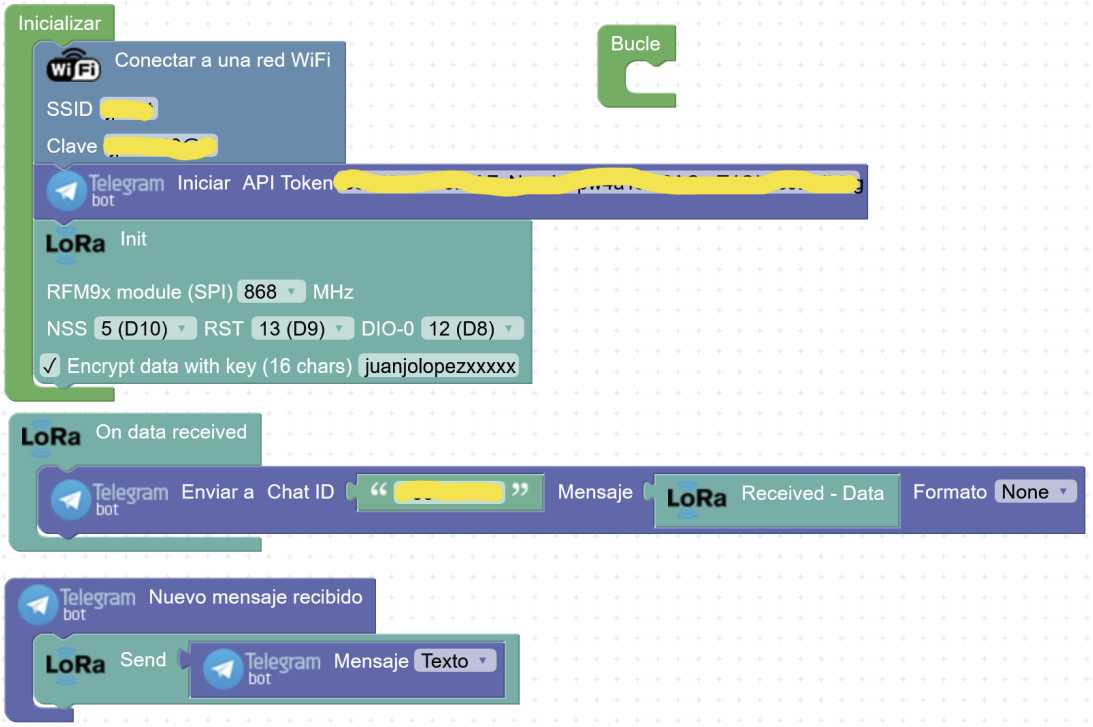


Nodo gateway LoRa <-> Telegram:

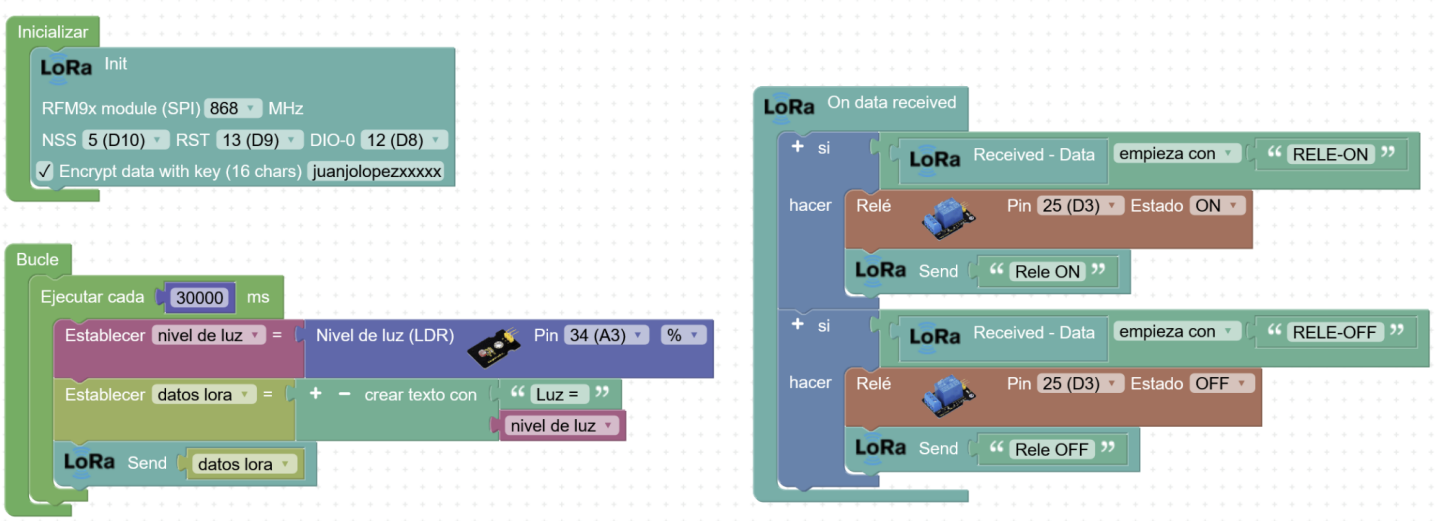




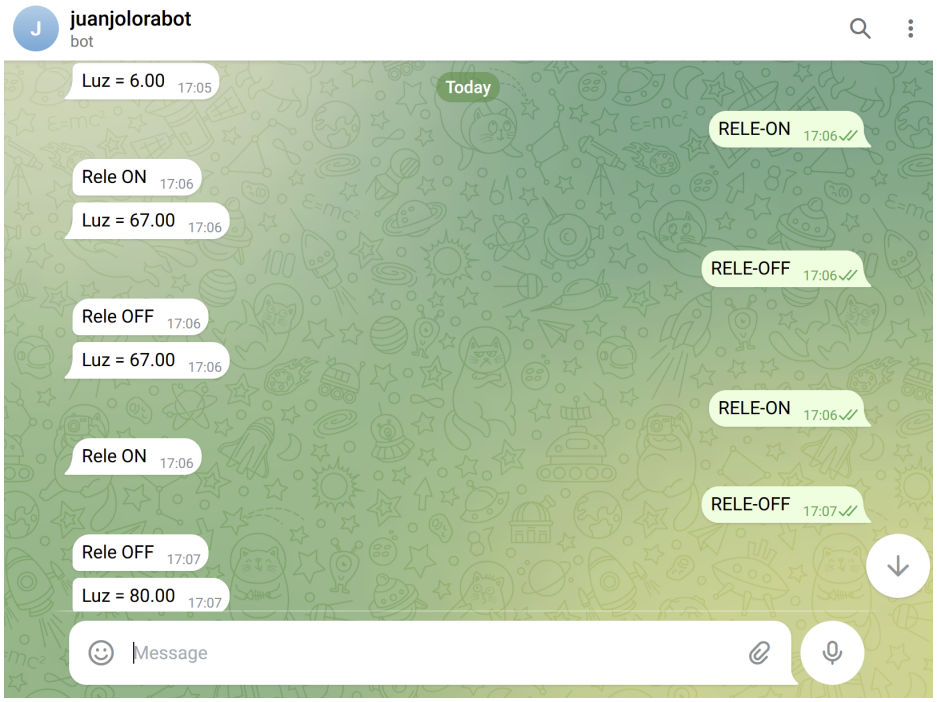
Programa nodo Gateway:



Programa nodo LoRa:



Ejemplo en funcionamiento:



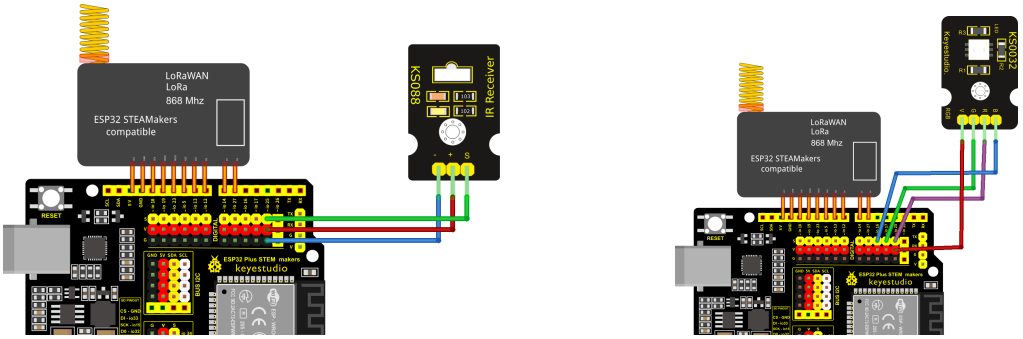
*Más información sobre el uso de Telegram con Arduinoblocks y ESP32 STEAMakers:

https://drive.google.com/file/d/15cfrsSBGjL8pgq67x7Syr32BBO714F7M/view

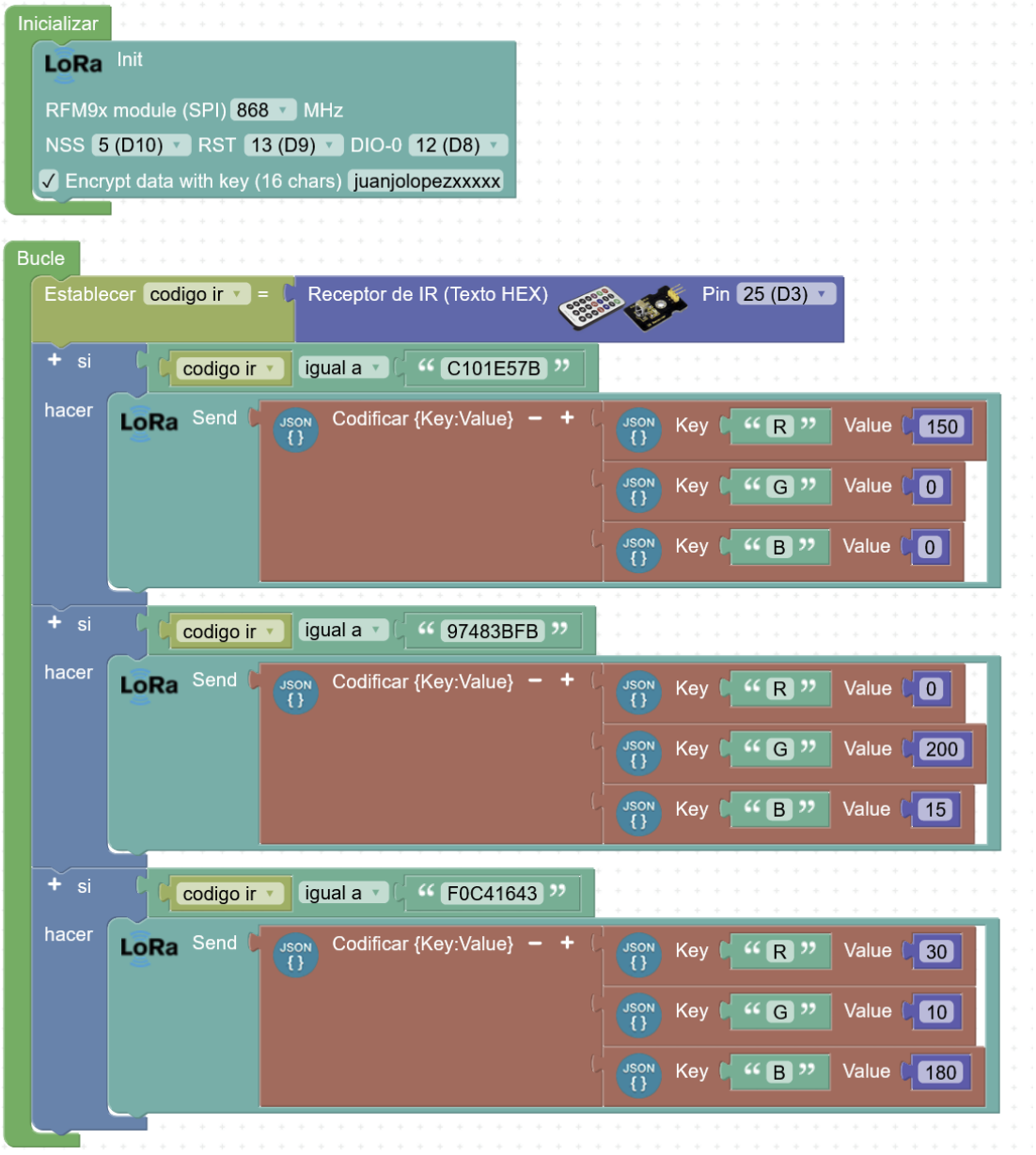
LoRa 9: Control RGB remoto

Mediante un mando IR controlaremos el color de un led RGB remoto via LoRa

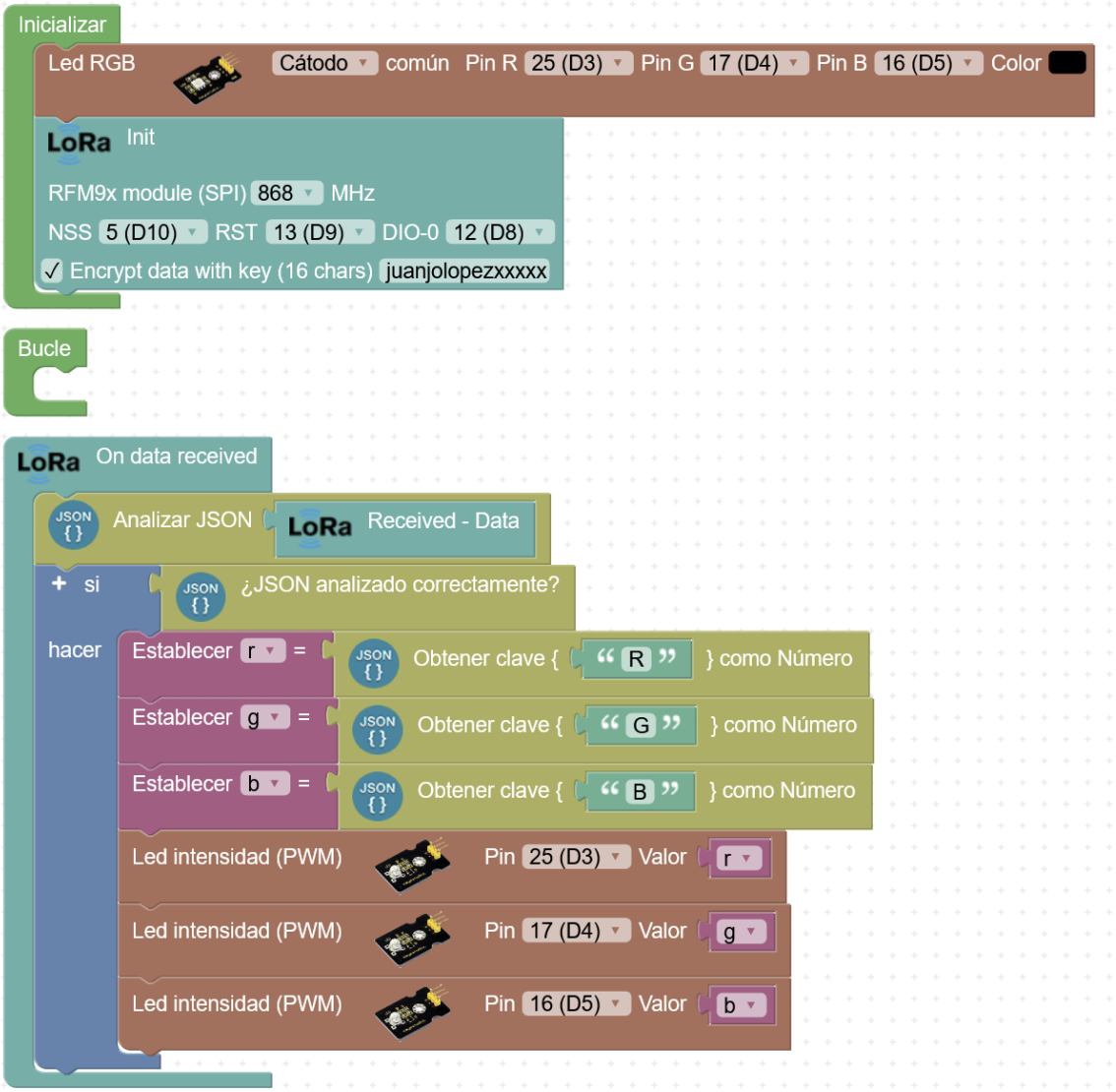
Esquema emisor-receptor:



Programa emisor:



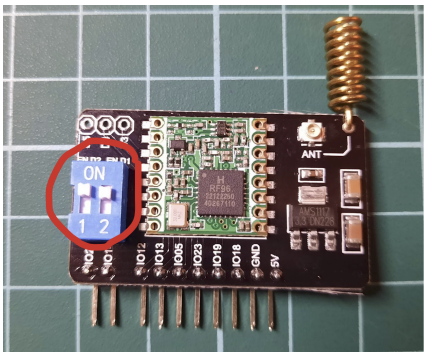
Programa receptor:



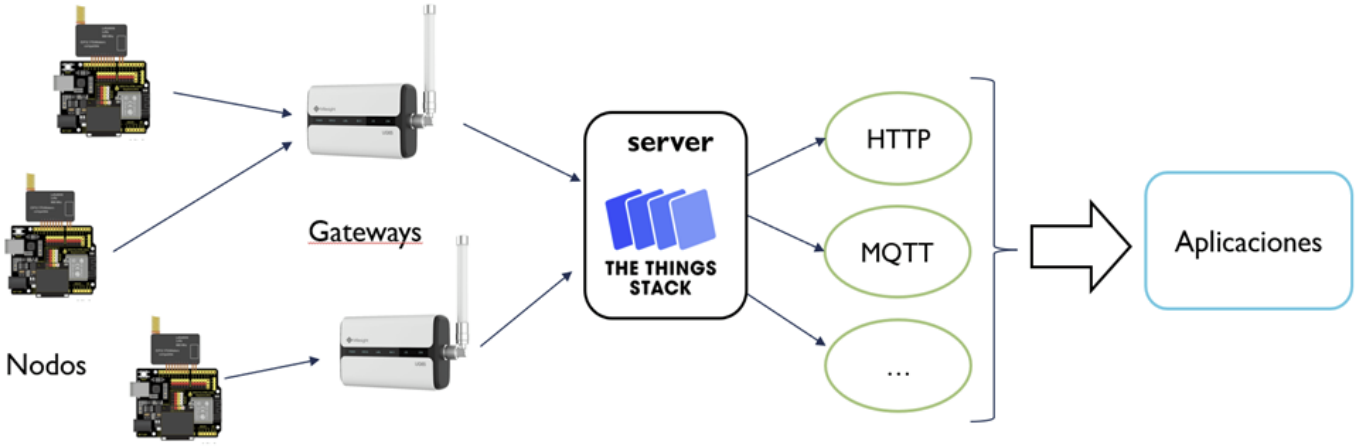
LoRaWAN con arduinoblocks

Para conectar a una red LoRaWAN debemos asegurarnos de tener los dos microinterruptores del módulo LoRa en posición ON conforme se muestra en la siguiente figura:

.



Esquema de una infraestructura LoRaWAN de ejemplo:

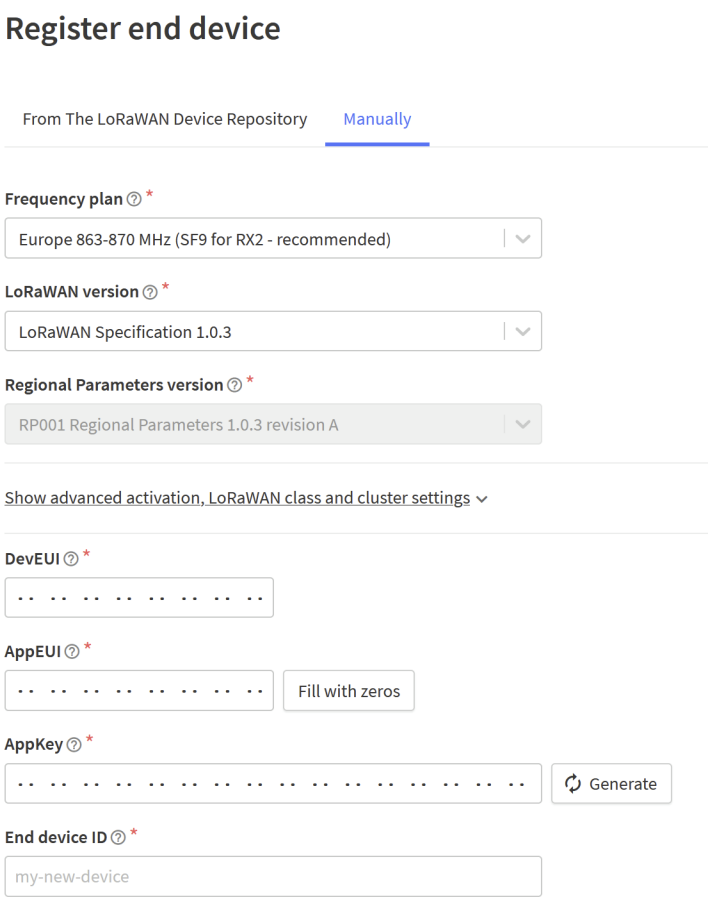


Cada módulo LoRa que se conecte a una infraestructura LoRaWAN necesitará unos datos de conexión que serán configurados dentro del servidor (The Things Stack o similar)

Para la conexión y validación de los nodos a LoRaWAN tenemos dos tipos de conexión:

- **OTAA (Over-the-Air-Activation)**: Permite conectar dispositivos de forma dinámica. Cada vez que el dispositivo se conecta recibe una dirección de red automáticamente.
    - Es el método de conexión recomendado
    - Precisa de que el módulo pueda enviar datos al gateway (bidireccional)
    - Es el método asignado a los módulos utilizados en este curso
- **ABP (Activation by Personalization):** Conecta un dispositivo de forma estática indicando durante la conexión la dirección de la red que se va a utilizar.
    - Es un sistema más sencillo de implementar pues se salta el paso de negociación de la dirección pero es desaconsejado.
    - Los parámetros de conexión internos se preconfiguran de forma fija y si uno cambia en el servidor el dispositivo no se conectará (en OTAA se negocian en cada conexión)

Según configuremos el dispositivo en nuestro servidor LoRaWAN debemos iniciar la conexión.



Los datos identificativos para cada nodo o dispositivo final serán (OTAA):

- **DevEUI (64 bits)**: Identificador único del nodo (especificado en hexadecimal)
- **AppEUI (64 bits):** Identificador de aplicación, puede ser el mismo para todo
- **AppKey (128 bits):** Clave de encriptación para el nodo (recomendable que sea diferente en cada nodo)

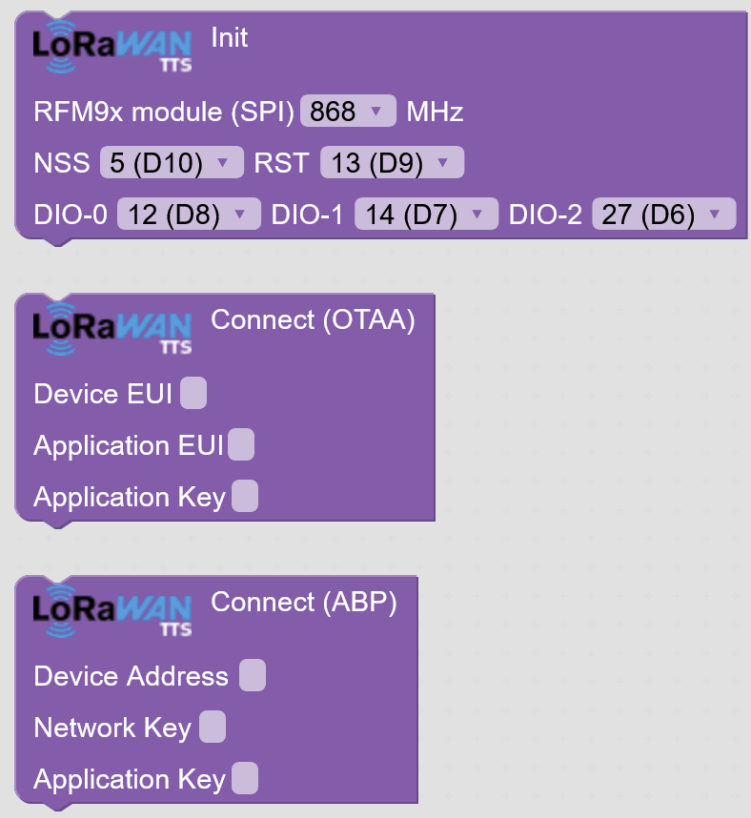
*Más información sobre OTAA y ABP:
https://www.thethingsindustries.com/docs/devices/abp-vs-otaa/

Bloques LoRaWAN:

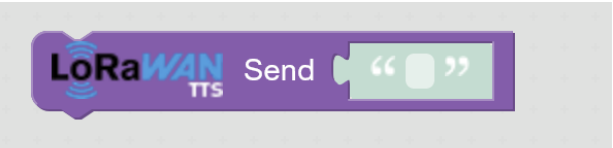
Init: Inicia el módulo para trabajar en modo LoRaWAN (interruptores a ON obligatoriamente). Si usamos el módulo personalizado no debemos cambiar la configuración de pines. La frecuencia LoRaWAN en Europa es 868Mhz, también marcado por defecto.

Connect (OTAA): Conectar (registrarse / JOIN) en la red LoRaWAN mediante autenticación OTAA

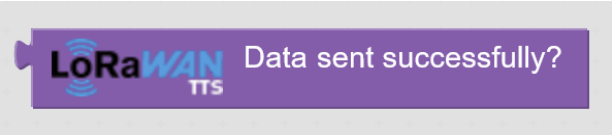
Connect (ABP): Conectar (registrarse / JOIN) en la red LoRaWAN mediante autenticación ABP



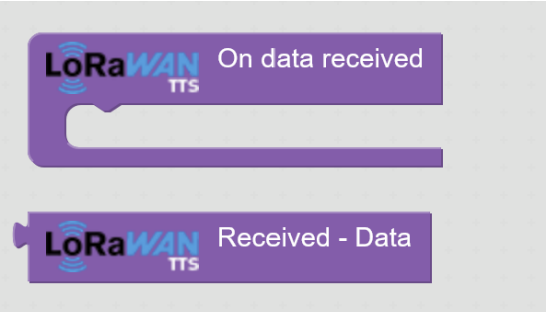
Send: Envía datos a través de la conexión LoRaWAN, los datos llegarán al servidor LoRaWAN quien gestionará el envío o almacenamiento a otras aplicaciones (Web, MQTT, bases de datos, etc.)



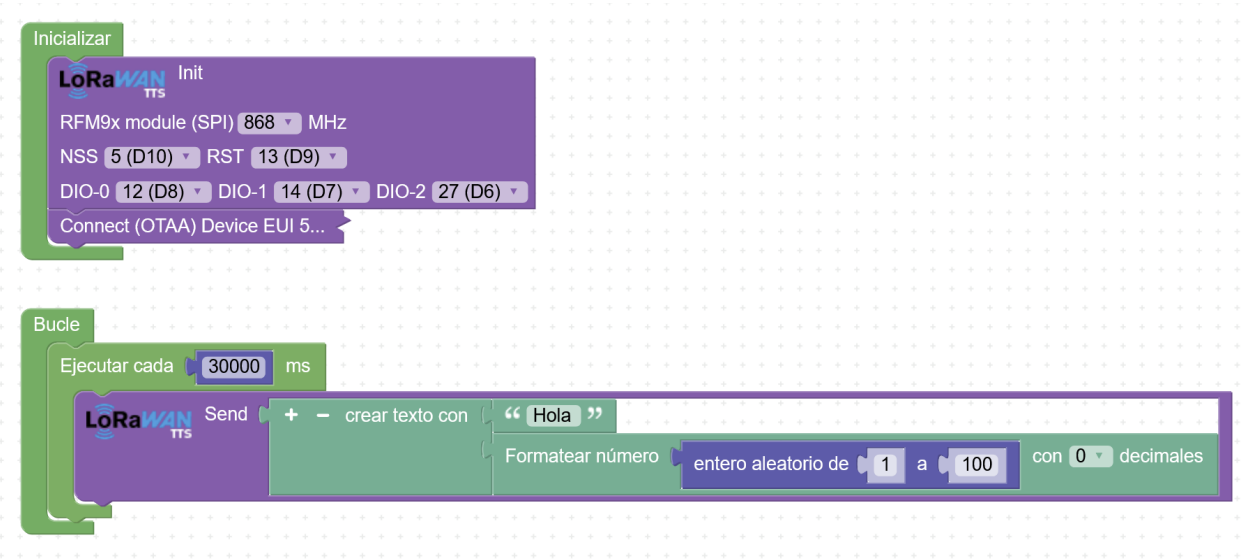
Data sent successfully?: Bloque que permite obtener la confirmación del servidor de que los datos se han podido enviar (en el último “Send”)



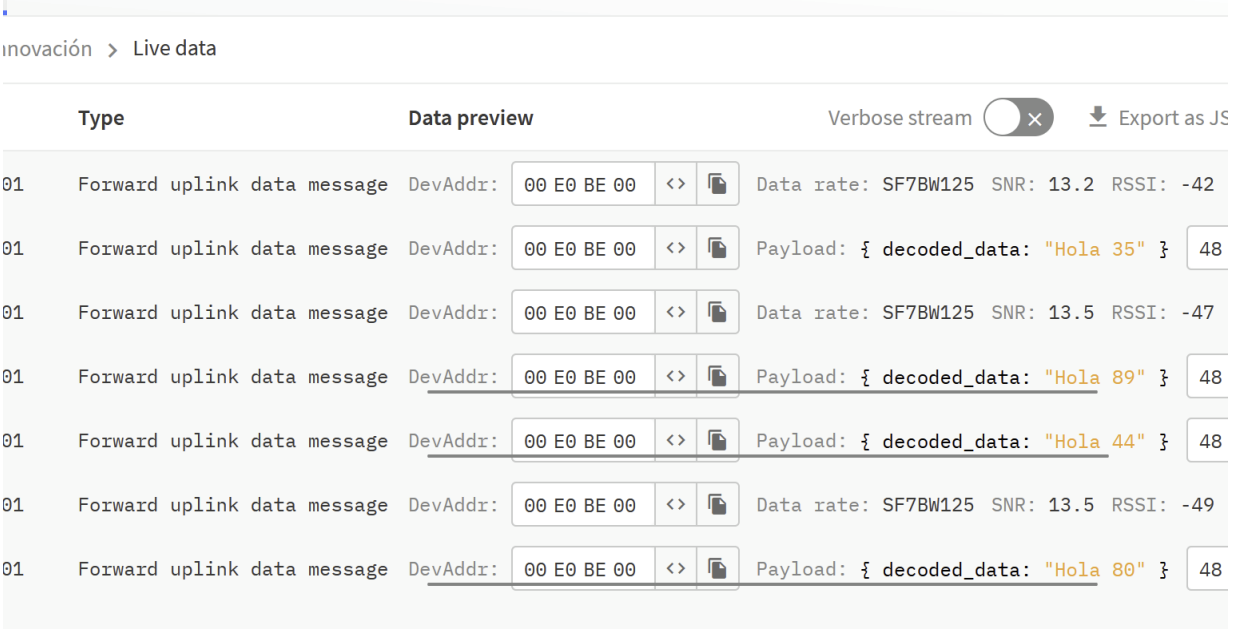
On Data received: Evento que se produce al recibir datos hacia el dispositivo. En caso de producirse los datos los podemos obtener con el bloque “Received data”



Ejemplo de inicialización del módulo (LoRaWAN + OTAA) y envío de datos de prueba:



Ejemplo de visualización en el servidor TTS de los datos recibidos:



Ejemplos LoRaWAN

LoRaWAN 1: Estación meteorológica

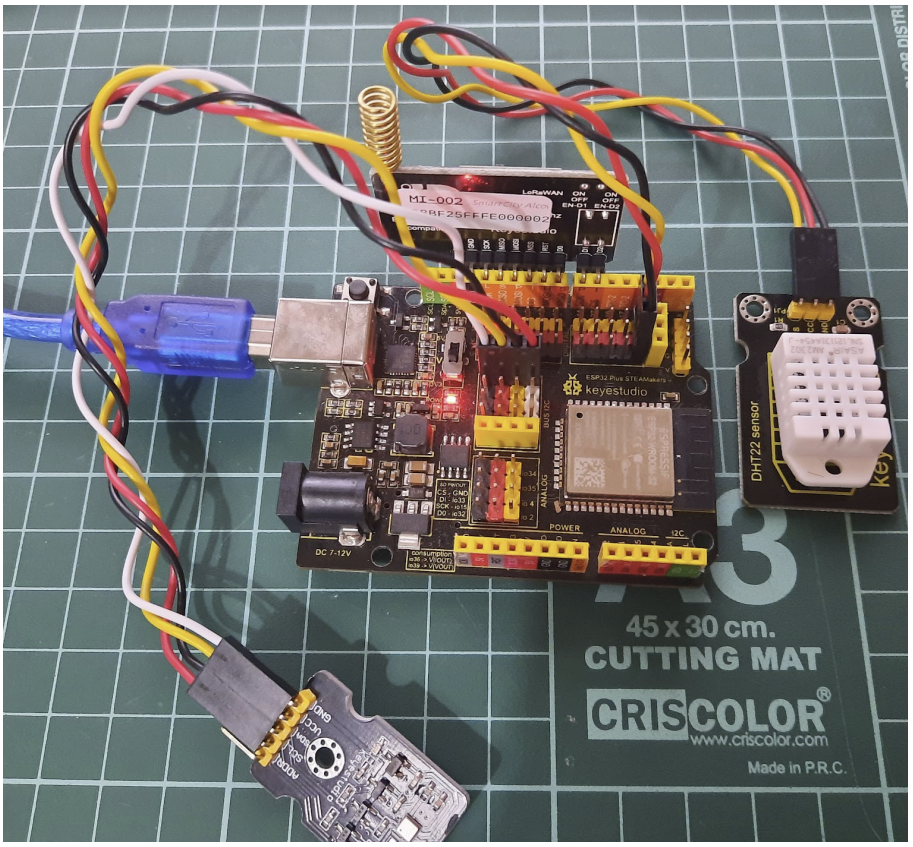
Nodo LoRaWAN para recoger datos medioambientales de temperatura, humedad y nivel de CO2.
En una ciudad con infraestructura LoRaWAN podrían repartirse múltiples nodos en diferentes ubicaciones para recolectar y procesar los datos, así como para emitir avisos.

Sensor DHT22 (temperatura y humedad)
Sensor CO2

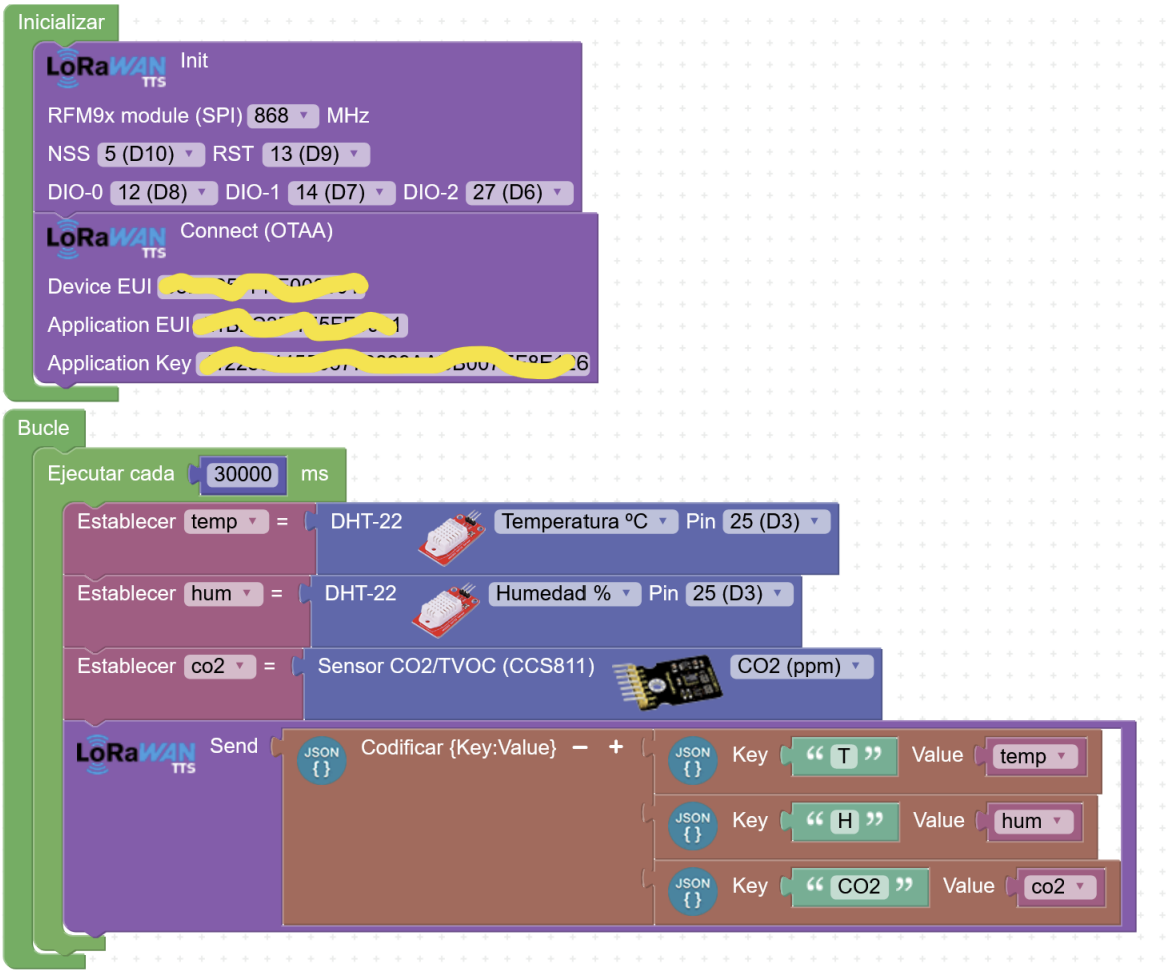
DHT22 -> Pin 25
CO2 -> I2C

Datos en formato JSON:
{“T”: *x* , “H”: *y* , “CO2”: *z* }

Imagen del nodo con los sensores y el módulo LoRa:



Progama:



Datos recibidos en el servidor TTS:

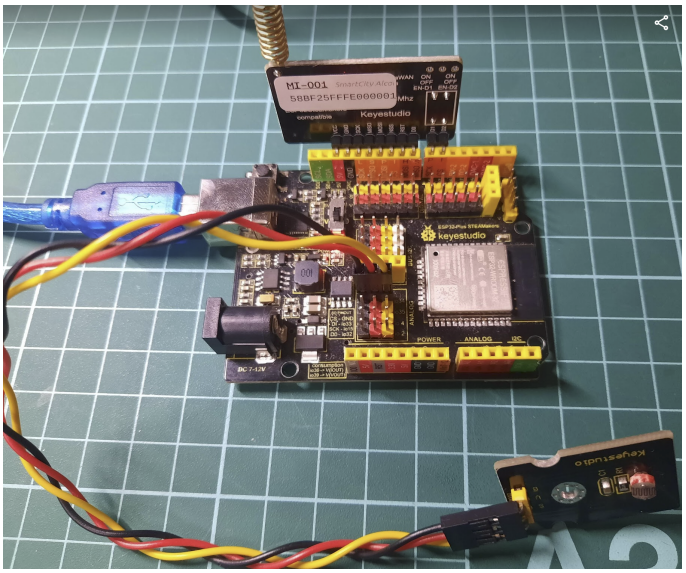
```
[2023-11-06 19:19:45] ID: 58BF25FFFE000001 , DATOS: {"T":19.10,"H":55.90,"CO2":400.00}
```

LoRaWAN 2: Medidor de luz ambiental

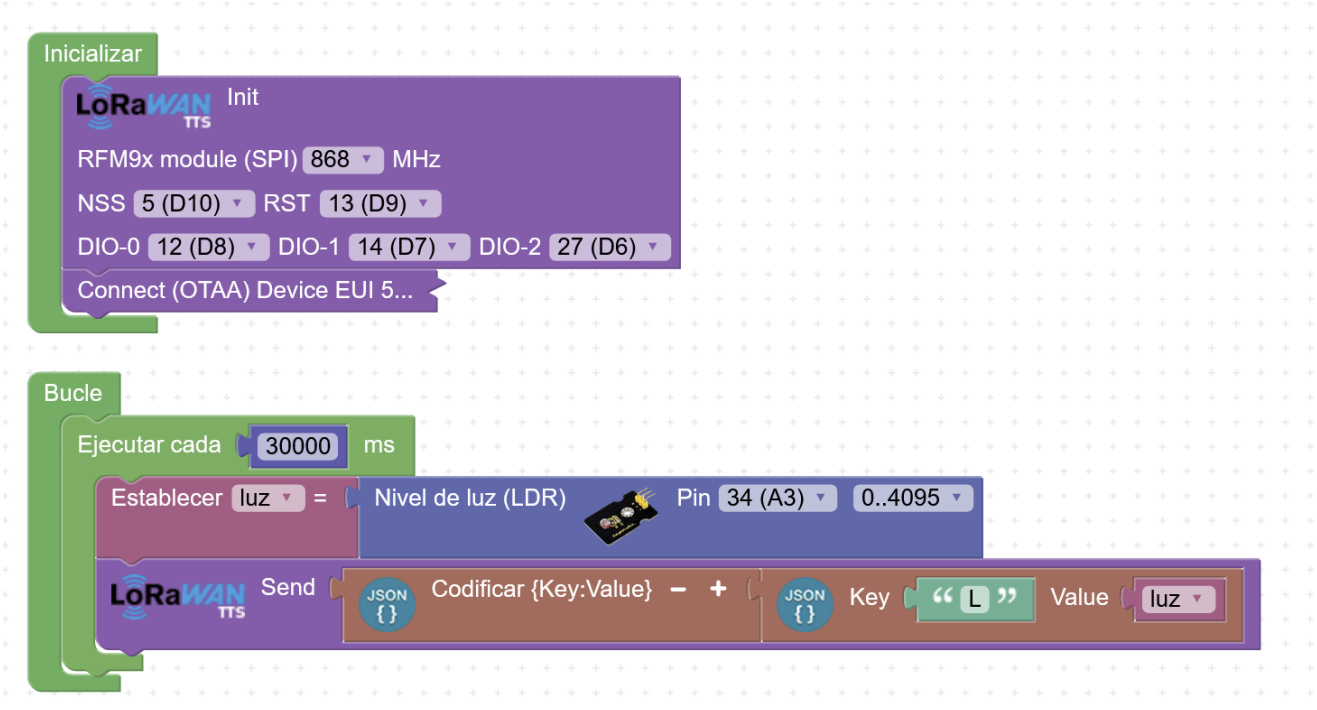
Nodo LoRaWAN para medición de luz o contaminación lumínica.

Sensor nivel de luz LDR

Sensor LDR -> Pin analógico io34 (A3)



Programa:



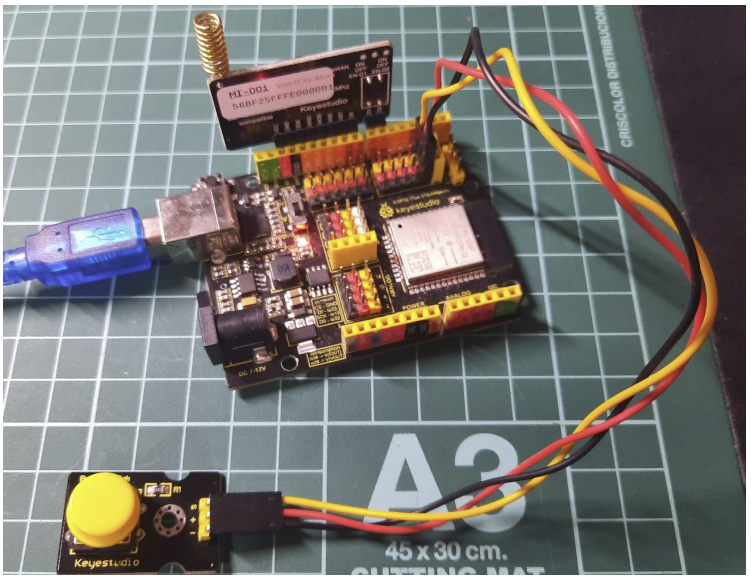
Datos recibidos en el servidor TTS:

```
[2023-11-06 19:26:17] ID: 58BF25FFFE000001 , DATOS: {"L":1195.00}
```

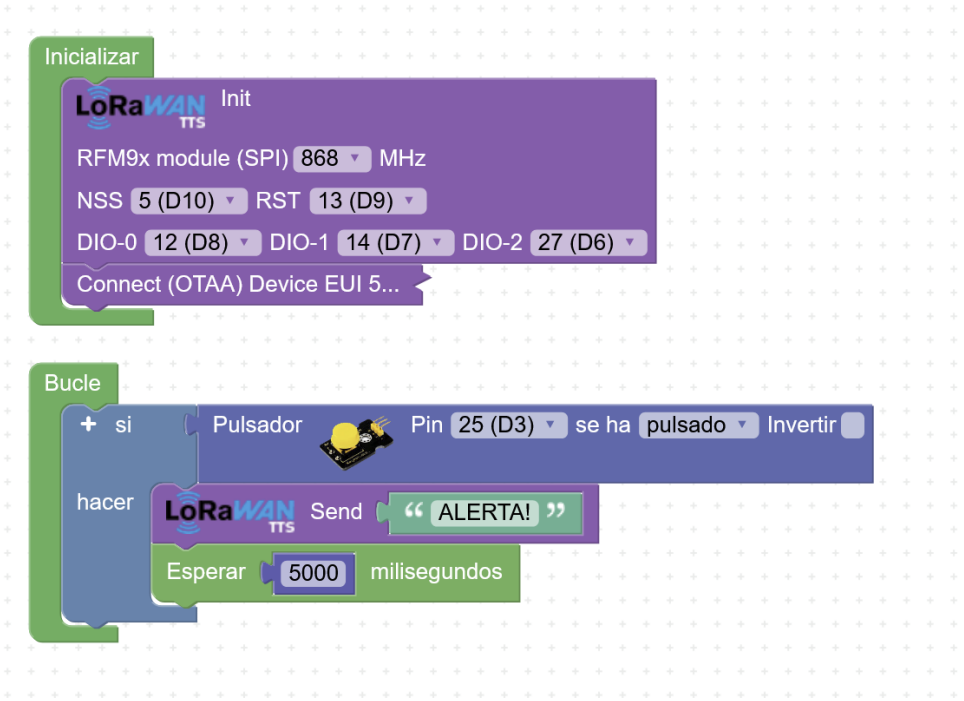
LoRaWAN 3: Pulsador de emergencia

Pulsador para aviso de emergencias, permite lanzar un mensaje de alerta dentro de la cobertura de la red LoRaWAN (por ejemplo para personas mayores dentro de la cobertura de una *smartcity*)

Pulsador -> Pin 25 (pulsador keyestudio funciona a la inversa)



Programa:



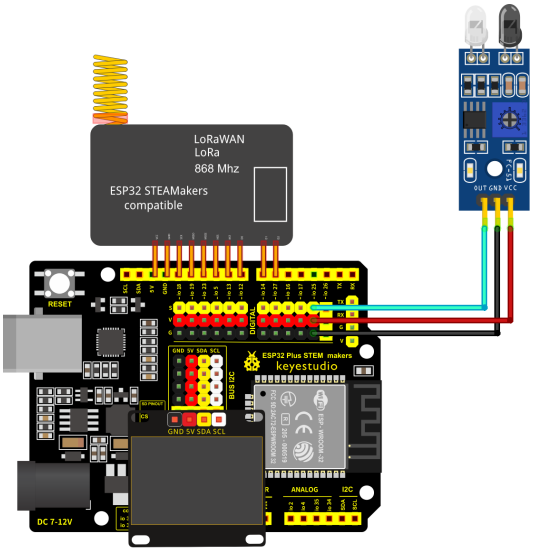
Datos recibidos en el servidor TTS:

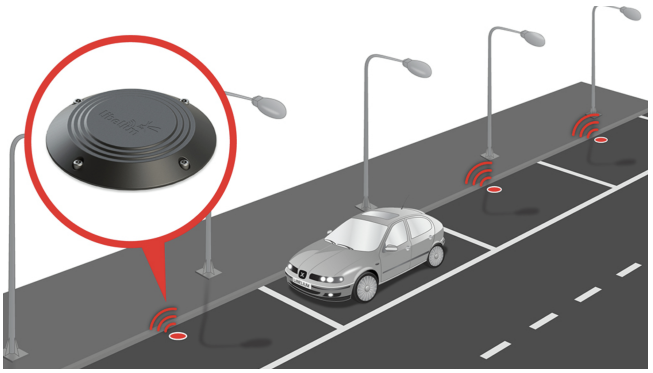
```
[2023-11-06 19:33:13] ID: 58BF25FFFE000001 , DATOS: ALERTA!
```

LoRaWAN 4: Detector de ocupación para plazas de aparcamiento

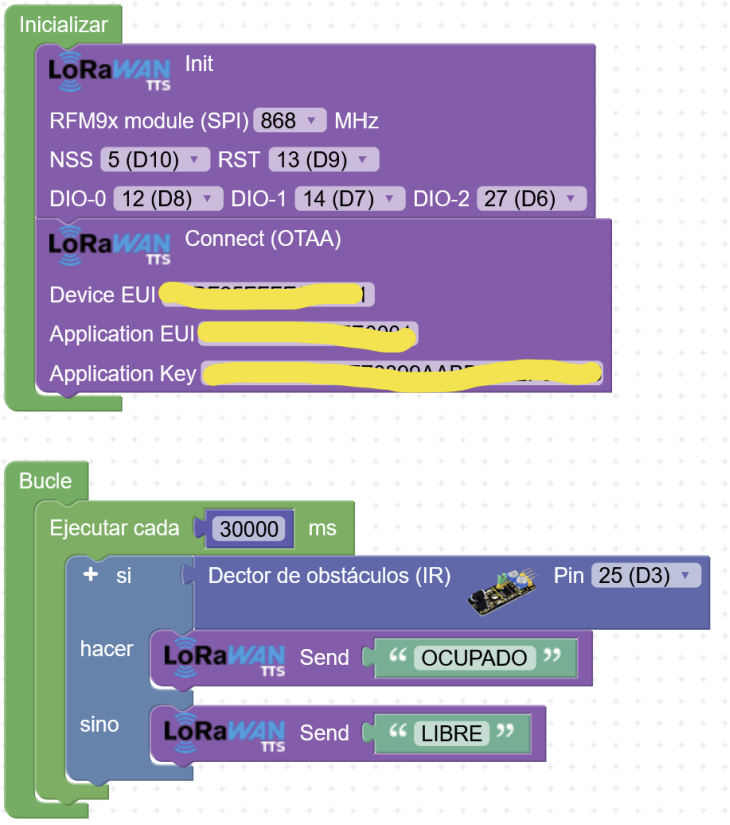
Detecta si la plaza de aparcamiento está ocupada (coche encima) y permite crear un mapa de las plazas libres y ocupadas en la ciudad.

Sensor de obstáculo por IR





Programa:

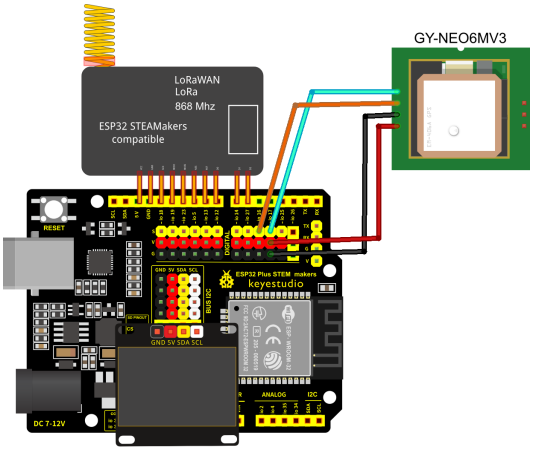


LoRaWAN 4: Geolocalizción GPS en tiempo real

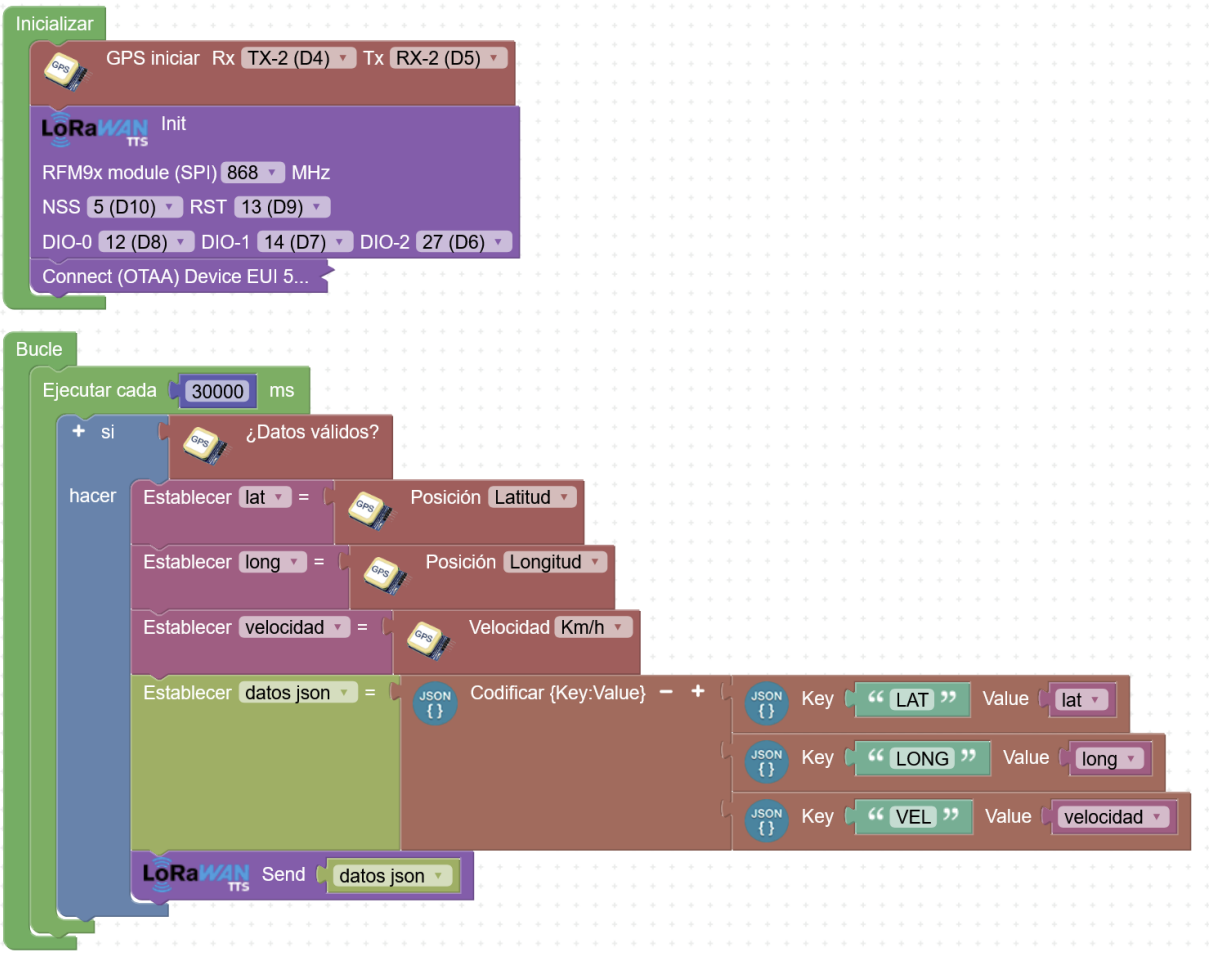
El sistema envía mediante la red LoRaWAN la posición actual obtenida mediante GPS. Permite hacer un seguimiento en tiempo real de un vehículo, personas, etc. y visualizarlo en un mapa.

Sensor -> Módulo GPS Neo6/7

Esquema:



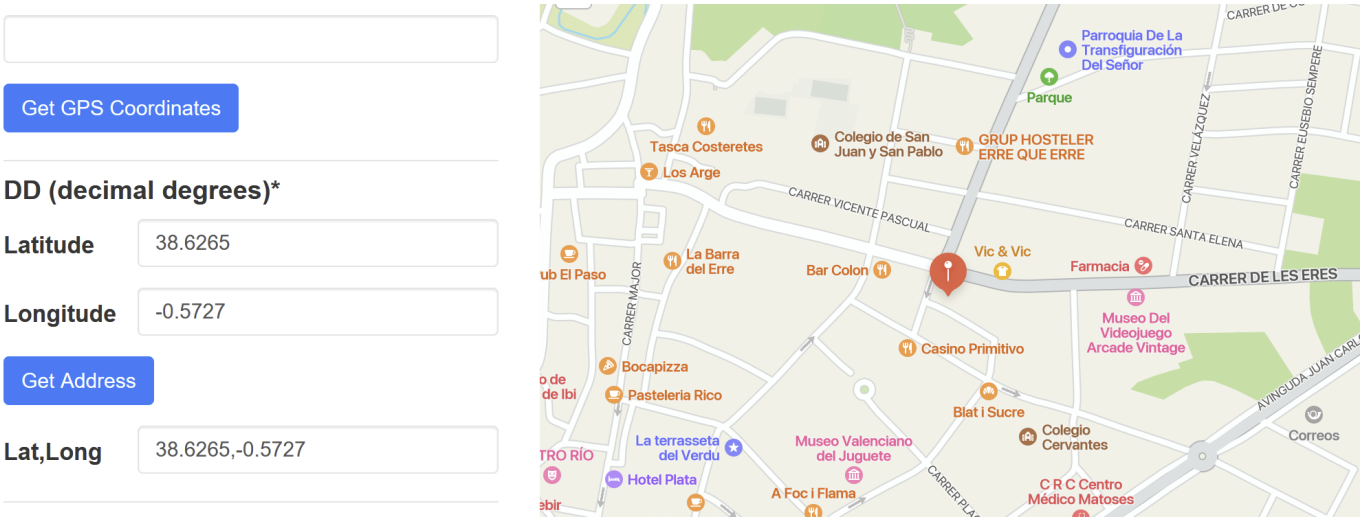
Programa:



Ejemplo de trama de datos recibida:

{ “LAT”: 38.6265 , “LONG”: -0.5727 , “VEL”: 17.4 }

Posicionamiento en un mapa a partir de los datos recibidos:



https://www.gps-coordinates.net/

Información y enlaces:

Arduinoblocks:
http://www.arduinoblocks.com

Documentación, manuales, videos:
http://www.arduinoblocks.com/web/site/doc

Tienda Innovadidàctic - Arduinoblocks:
https://shop.innovadidactic.com

Placa ESP32 STEAMakers:
https://shop.innovadidactic.com/es/standard-placas-shields-y-kits/1567-placa-esp32-steamakers-no-incluye-cable-usb.html

Módulo LoRa/LoRaWAN para ESP32 STEAMakers:
https://shop.innovadidactic.com/es/standard-perifericos/1663-modulo-lora-lorawan-8436574314656.html