



IoT Day Latin America 2017

#iotdayla

smarthuman[®] (project)

sense.analyze.improve.share.



A decorative graphic in the top right corner consisting of a cluster of overlapping squares in various shades of blue, ranging from light to dark.

COMUNICACIONES LORA CON PIC[®]

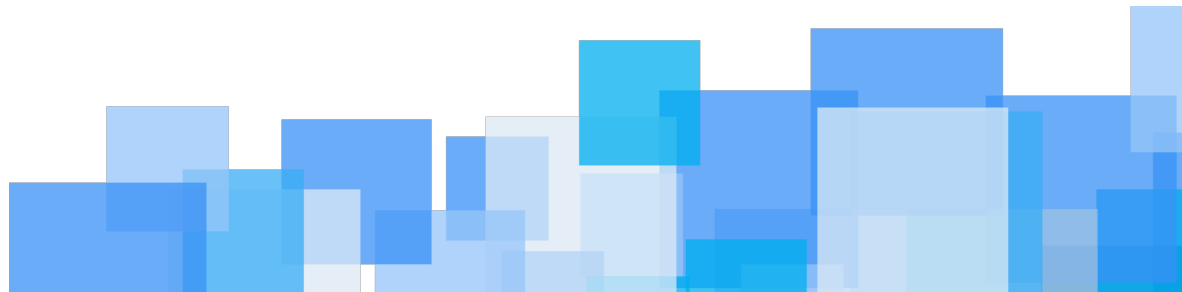
Ing. Alejandro Airoidi



ING. ALEJANDRO AIROLA

Director at mcelectronics, Editor at The Electroners Magazine, Co Founder at 54Designers

COMUNICACIONES LORA CON PIC®



Agenda

- **Internet of Things (IoT)**
- **Protocolo de red LoRaWAN™**
- **Módulos inalámbricos de la tecnología LoRa™**

Agenda

- **Internet of Things (IoT)**
- **Protocolo de red LoRaWAN™**
- **Módulos inalámbricos de la tecnología LoRa™**

Internet of Things (IoT)

Tipos de redes inalámbricas



Área Personal



Área Local



Área Amplia

Bluetooth®



Wi-Fi®

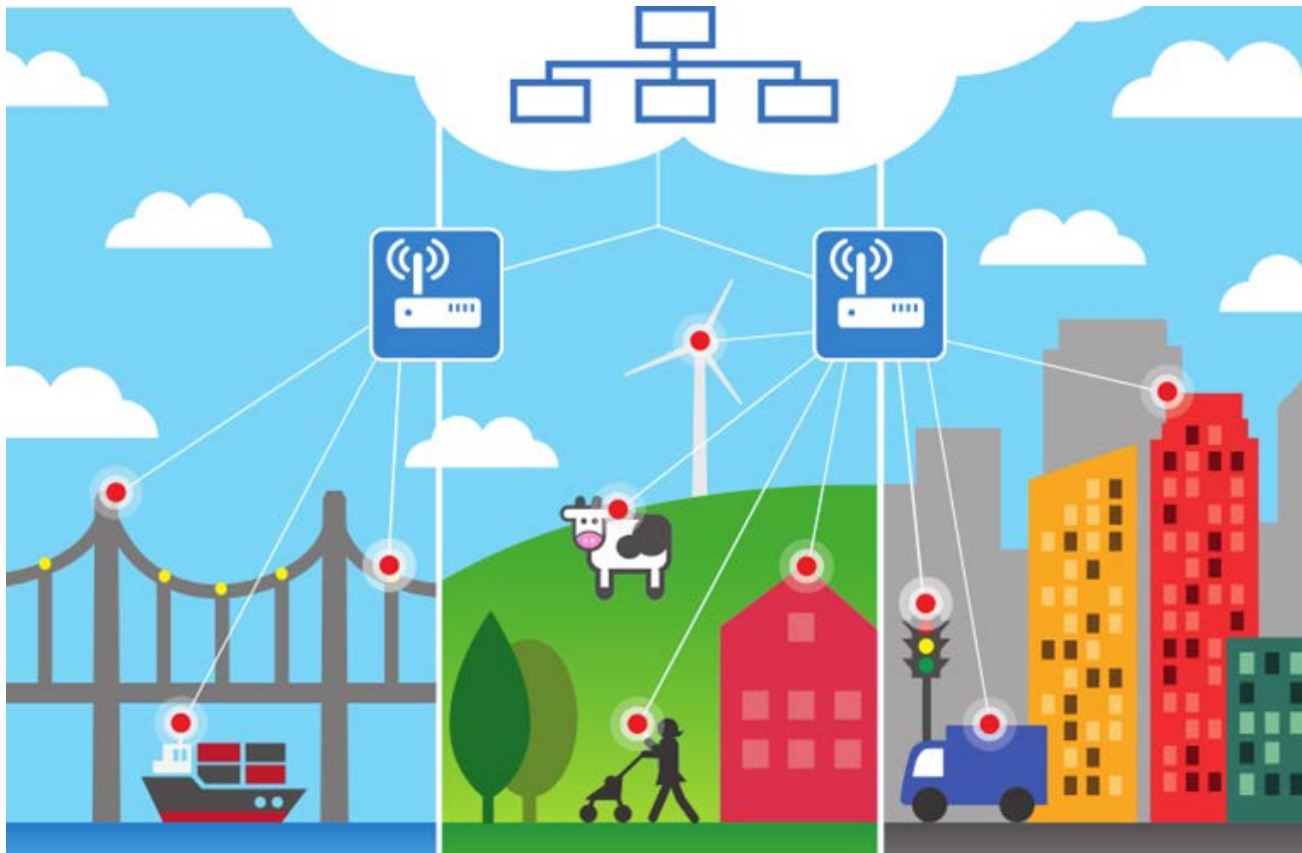


Cellular (2G, 3G, 4G-LTE)



Internet of Things (IoT)

LoRaWAN™ Network



Monitoreo/Control

Energía Inteligente

Ciudad Inteligente

Control de Alumbrado Agricultura Inteligente Casa Inteligente y Seguridad

Internet of Things (IoT)

¿Que es la alianza LoRa™?

- La **Alianza LoRa™** (<http://loro-alliance.org/>) es una organización sin animo de lucro.
- **Misión:** estandarizar las redes de área amplia y de bajo consumo de energía conocidos en Inglés como Low Power Wide Area Networks (LPWAN)
- Miembros de la alianza colaboraran para llevar el protocolo LoRaWAN™ al éxito global





MICROCHIP
MASTERS 2015

Agenda

- Internet of Things (IoT)
- **Protocolo de red LoRaWAN™**
- Módulos inalámbricos de la tecnología LoRa™



Sub-Agenda

- **Protocolo de red LoRaWAN™**
 - **Modulación de la tecnología LoRa™**
 - **Como funciona la tecnología LoRaWAN™?**
 - **Clases de dispositivos finales**
 - **Activación de dispositivos finales (Joining)**
 - **Seguridad**
 - **Comunicación de datos en los dispositivos finales (Clase A)**
 - **Adaptive Data Rate (ADR)**



Sub-Agenda

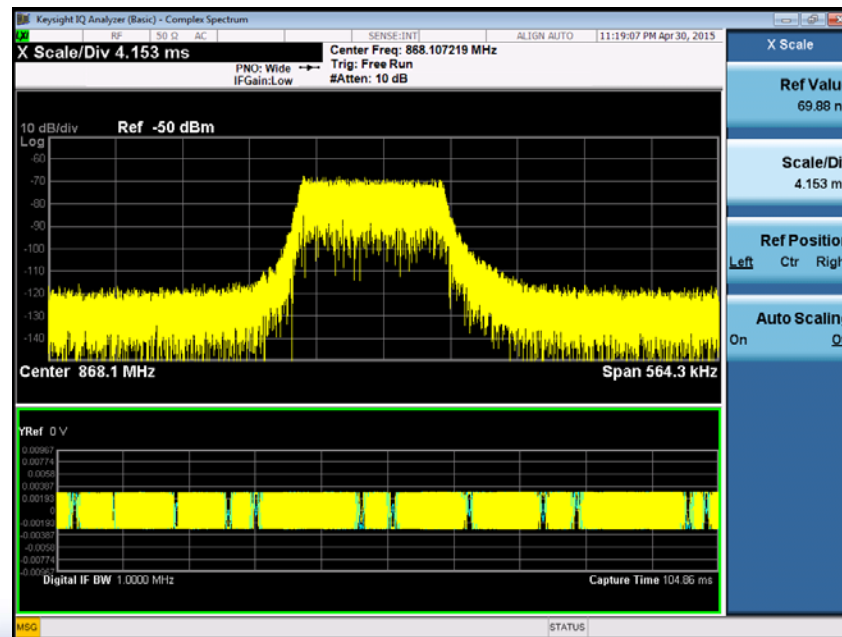
- **Protocolo de red LoRaWAN™**
 - **Modulación de la tecnología LoRa™**
 - Como funciona la tecnología LoRaWAN™?
 - Clases de dispositivos finales
 - Activación de dispositivos finales (Joining)
 - Seguridad
 - Comunicación de datos en los dispositivos finales (Clase A)
 - Adaptive Data Rate (ADR)

Protocolo de red LoRaWAN™

Modulación de la tecnología LoRa™



- **Tecnología de espectro ensanchado propietaria**
 - Desarrollada por Semtech Corporation (<http://www.semtech.com/>)
 - Chirped-FM
 - Ganancia de procesamiento = aumento en la sensibilidad de recepción
 - Permite un mayor alcance a expensas de una menor tasa de datos



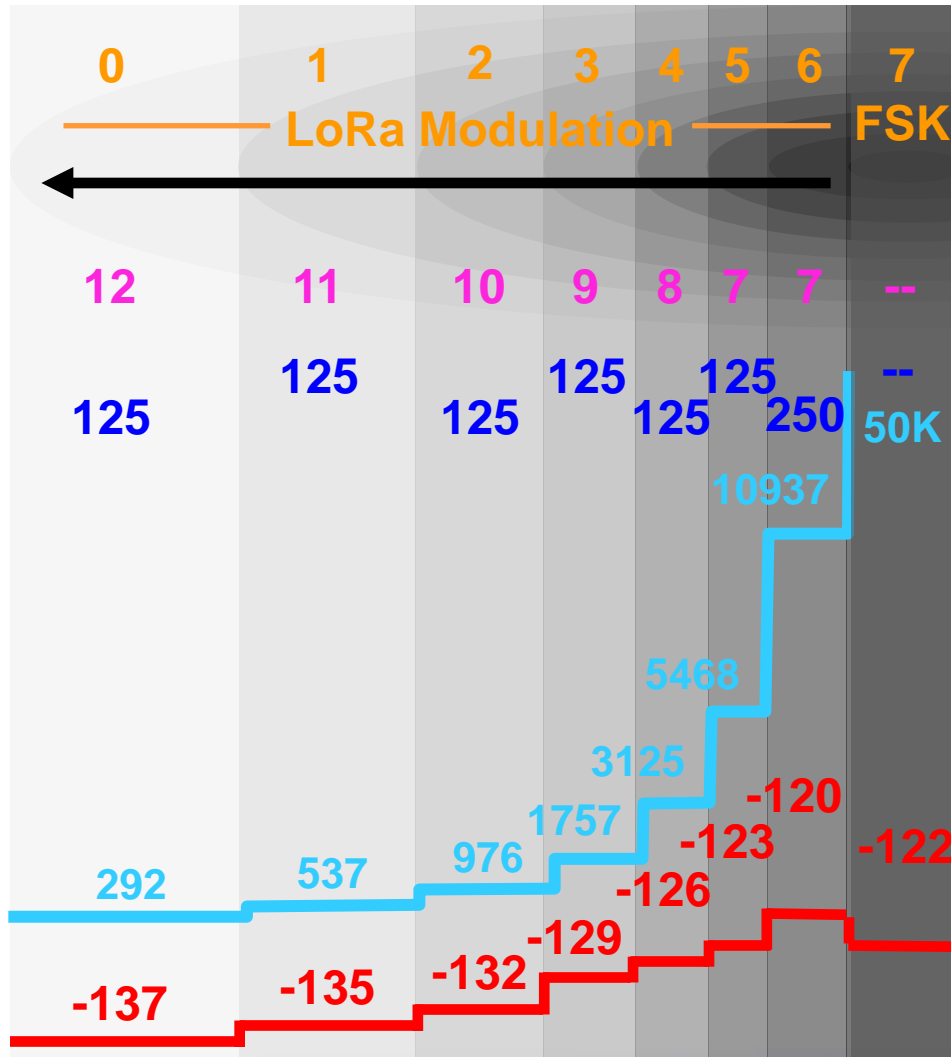
Protocolo de red LoRaWAN™

Modulación de la tecnología LoRa™

- **Spreading Factor (SF)**
 - SF es programable:
7, 8, 9, 10, 11, 12
 - Entre mas alto sea el SF, mas información es transmitida por bit; por lo tanto la **ganancia de procesamiento** es mas alta.
- **Bandwidth (BW)**
 - Ajustes programables del BW de la señal:
125 kHz, 250 kHz, 500 kHz
 - Para un SF determinado, un BW más estrecho = aumento en la sensibilidad de recepción; sin embargo, el tiempo al aire también aumenta
- **Forward Error Correction (FEC) Code Rate (CR)**
 - Coding Rate adicional proporciona mas redundancia para detectar errores y corregirlos

Protocolo de red LoRaWAN™

Ajustes de Modulación LoRaWAN™ para Europa



Data Rate (DR)

Range

Spreading Factor (SF)

Bandwidth (BW) (kHz)

Bitrate (BR) (bps)

Receive Sensitivity (dBm)

Protocolo de red LoRaWAN™

Ajustes de Modulación LoRaWAN™ para Europa

Distancia mas larga con modulación LoRa

- **Data Rate (DR) = 0**
 - Modulación LoRa™
 - Spreading Factor (SF) = SF12
 - Bandwidth (BW) = 125 kHz
 - Coding Rate (CR) = 4/5
- **Bit Rate = 292 bps**
- **Max Application Payload Size = 51 bytes**
 - Tiempo al aire = 2466 ms

Protocolo de red LoRaWAN™

Ajustes de Modulación LoRaWAN™ para Europa

Bit Rate más alto con modulación LoRa

- **Data Rate (DR) = 6**
 - Modulación LoRa™
 - Spreading Factor (SF) = SF7
 - Bandwidth (BW) = 250 kHz
 - Coding Rate (CR) = 4/5
- **Bit Rate = 10937 bps**
- **Max Application Payload Size = 222 bytes**
 - Tiempo al aire = 185 ms

LoRaWAN™ Network Protocol

Ajustes de Modulación LoRaWAN™ para Europa

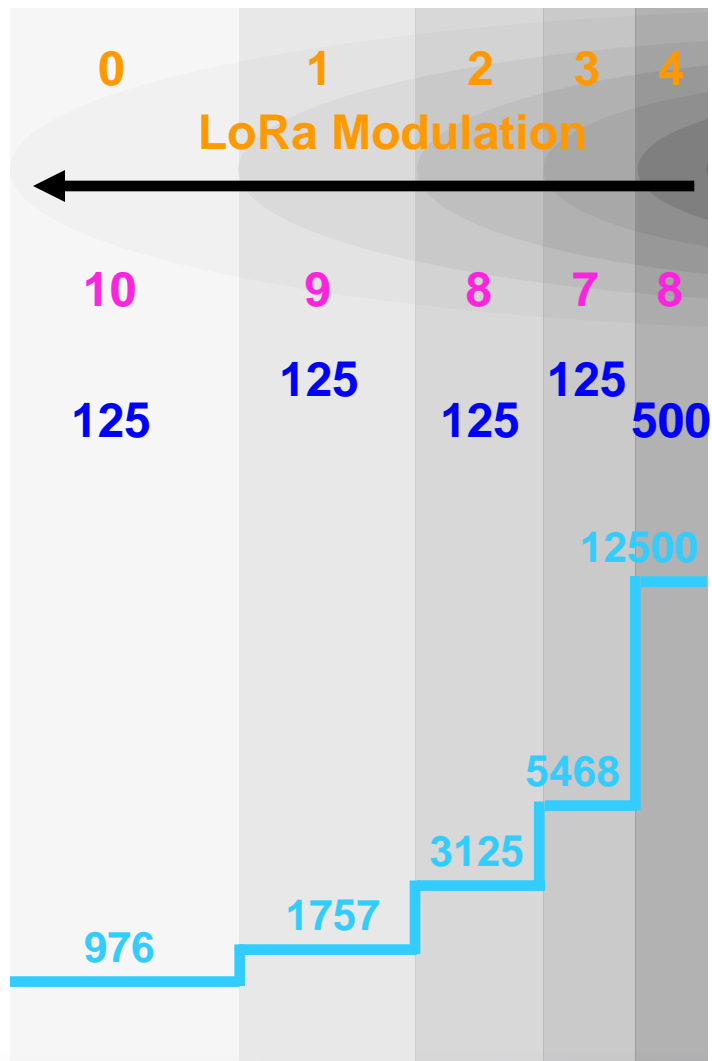
Bit Rate más alto con modulación GFSK

- **Data Rate (DR) = 7**
 - Modulación FSK
- **Maximum Bit Rate = 50 kbps**
- **Max Application Payload Size = 222 bytes**
 - Tiempo al aire = 39 ms



LoRaWAN™ Network Protocol

Ajustes de Modulación LoRaWAN™ para América del Norte



Data Rate (DR)

Range (Alcance)

Spreading Factor (SF)

Bandwidth (BW) (kHz)

Bitrate (BR) (bps)



Protocolo de red LoRaWAN™

Ajustes de Modulación LoRaWAN™ para América del Norte

Distancia mas larga con modulación LoRa

- **Data Rate (DR) = 0**
 - Modulación LoRa™
 - Spreading Factor (SF) = SF10
 - Bandwidth (BW) = 125 kHz
 - Coding Rate (CR) = 4/5
- **Bit Rate = 976 bps**
- **Max Application Payload Size = 11 bytes**
 - Tiempo al aire= 371 ms

Protocolo de red LoRaWAN™

Ajustes de Modulación LoRaWAN™ para América del Norte

Bit Rate más alto con modulación LoRa

- **Data Rate (DR) = 4**
 - Modulación LoRa™
 - Spreading Factor (SF) = SF8
 - Bandwidth (BW) = 500 kHz
 - Coding Rate (CR) = 4/5
- **Bit Rate = 12500 bps**
- **Max Application Payload Size = 242 bytes**
 - Tiempo al aire = 175 ms

Protocolo de red LoRaWAN™

Canales LoRaWAN™

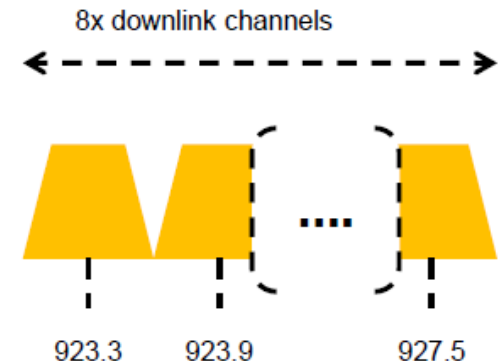
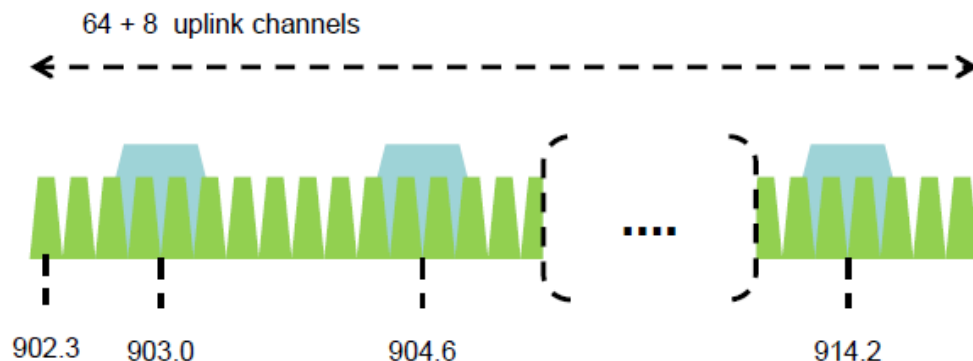
- **Frecuencias Sub-GHz libres de licencias**
 - Europa: Banda 868 MHz
 - Canales de la red se pueden adjudicar libremente por el operador de red
 - Tres canales obligatorios que todos los gateways deben de recibir constantemente:

Modulation	Bandwidth [kHz]	Channel Frequency [MHz]	FSK Bitrate or LoRa DR / Bitrate	Nb Channels	Duty cycle
LoRa	125	868.10 868.30 868.50	DR0 to DR5 / 0.3-5 kbps	3	<1%

Protocolo de red LoRaWAN™

Canales LoRaWAN™

- **Frecuencias Sub-GHz libres de licencias**
 - América del Norte: Banda 915 MHz
 - Upstream: 64 canales enumerados de 0 a 63, DR0 a DR3
 - Upstream: 8 canales enumerados de 64 a 71, DR4
 - Downstream: 8 canales enumerados de 0 a 7, DR8 a DR13





Sub-Agenda

- **Protocolo de red LoRaWAN™**
 - Modulación de la tecnología LoRa™
 - **Como funciona la tecnología LoRaWAN™?**
 - Clases de dispositivos finales
 - Activación de dispositivos finales (Joining)
 - Seguridad
 - Comunicación de datos en los dispositivos finales (Clase A)
 - Adaptive Data Rate (ADR)

Protocolo de red LoRaWAN™

¿Qué es el Protocolo de red LoRaWAN™?

- **Low Power Wide Area Network (LPWAN)**

- Bidireccional
- Topología de red de estrella
- Baja velocidad de datos
- Bajo costo
- Batería de larga duración

- **Ideal para:**

- Internet of Things (IoT)
- Machine-to-Machine (M2M)
- Automatización Industrial
- Aplicaciones de Baja Potencia
- Sensores de Pilas
- Ciudad Inteligente
- Medidor Inteligente
- Agricultura Inteligente

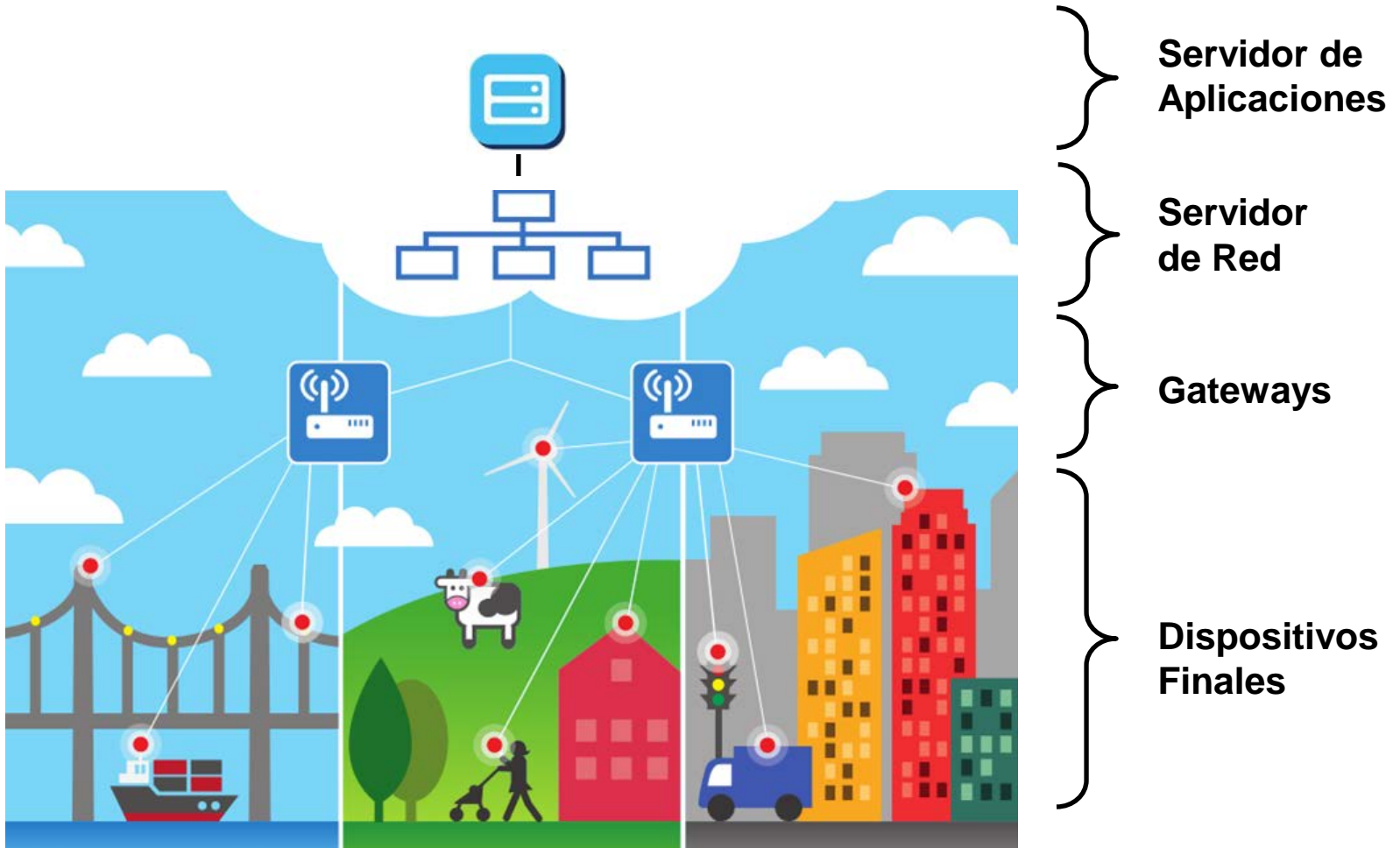
Permite una arquitectura de red mas simple:

- *No hay repetidores*
- *Sin la complejidad de enrutamiento de red de malla (no mesh routing complexity)*

<http://loro-alliance.org/What-Is-LoRa/Technology>

Protocolo de red LoRaWAN™

Red LoRaWAN™



Protocolo de red LoRaWAN™

¿Como funciona la tecnología
LoRaWAN™?

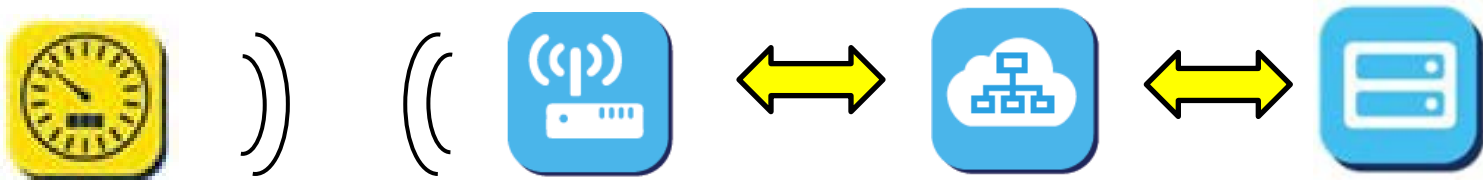
Topología Física

Dispositivo
Final

Gateway

Servidor
de Red

Servidor de
Aplicaciones



Sub-GHz RF

IP

IP

Topología de Red Avanzada

Protocolo de red LoRaWAN™

¿Como funciona la tecnología LoRaWAN™?

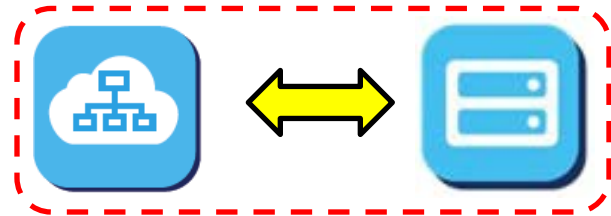
Topología Física

Dispositivo
Final

Gateway

Servidor
de Red

Servidor de
Aplicaciones



*** Puede ser físicamente un
servidor**

Sub-GHz RF

IP

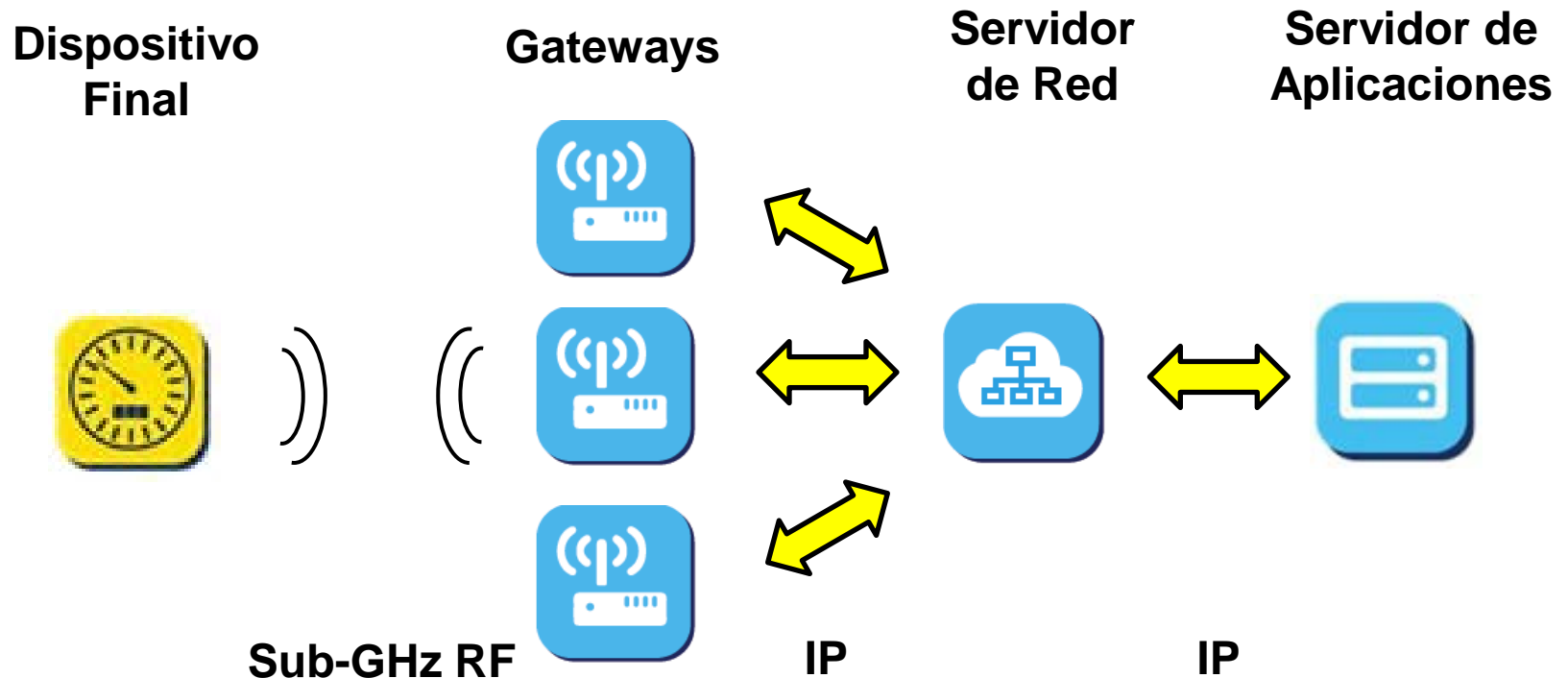
IP

Topología de Red Avanzada

Protocolo de red LoRaWAN™

¿Como funciona la tecnología LoRaWAN™?

Topología Física



Topología de Red Avanzada

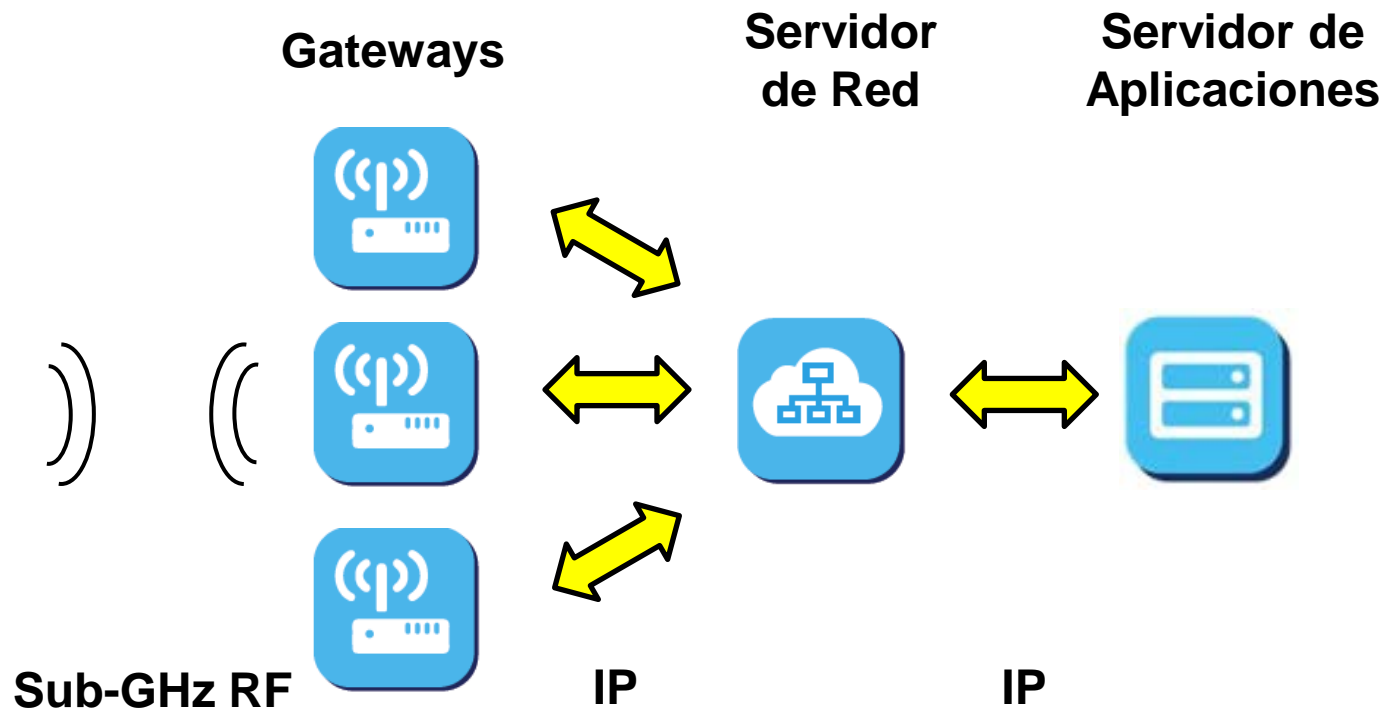
Protocolo de red LoRaWAN™

¿Como funciona la tecnología LoRaWAN™?

Dispositivos
Finales



Topología Física



Topología de Red Avanzada

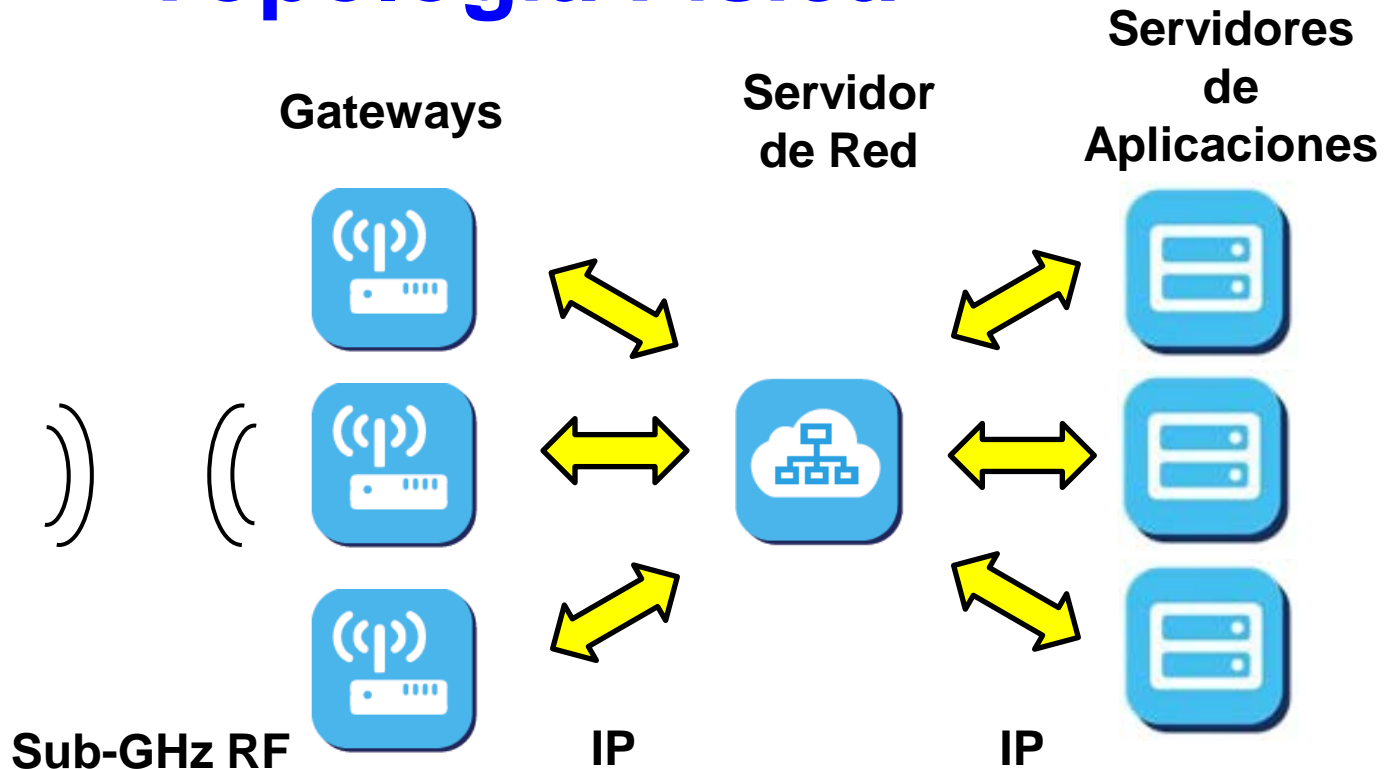
Protocolo de red LoRaWAN™

¿Como funciona la tecnología LoRaWAN™?

Dispositivos
Finales



Topología Física

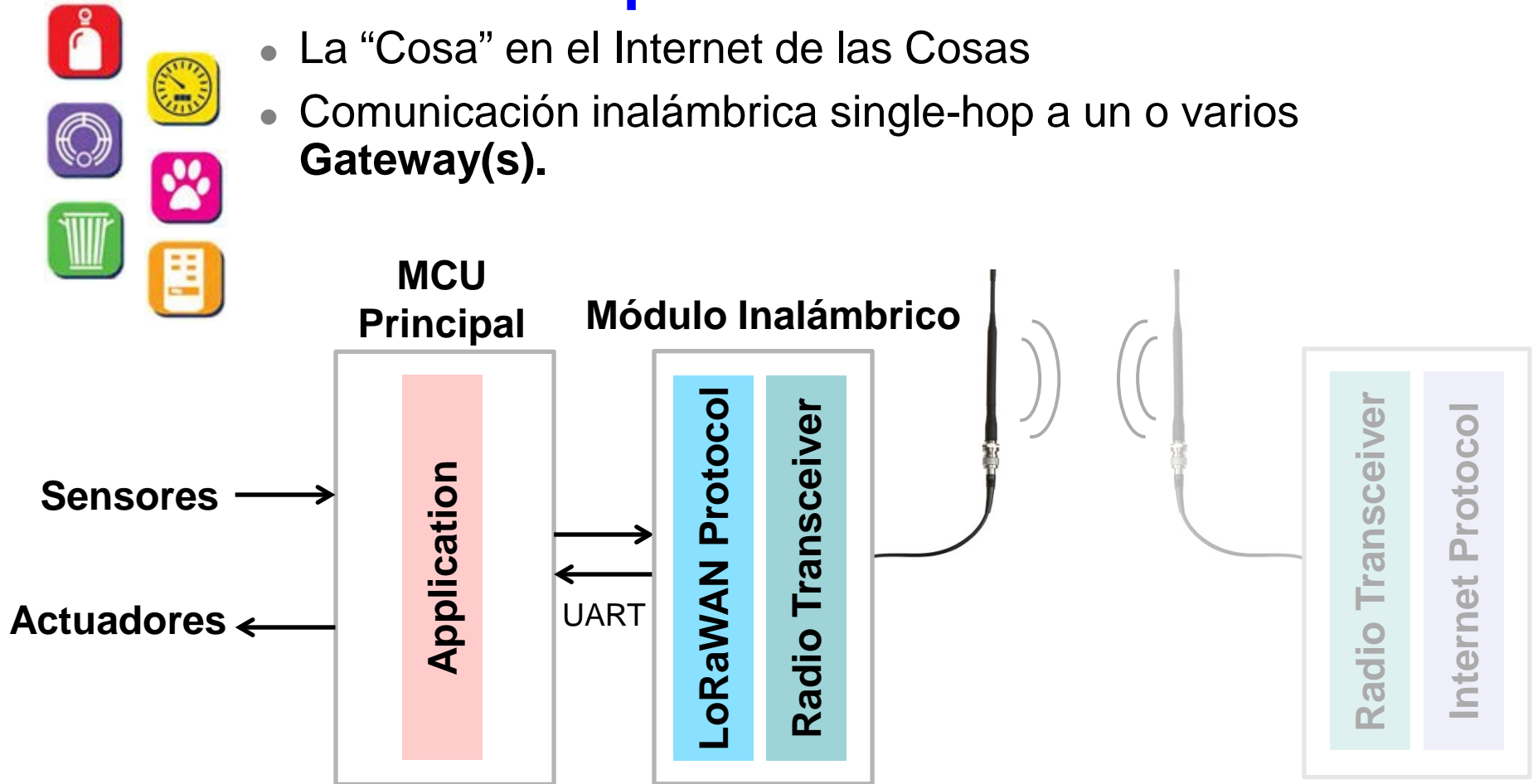


Topología de Red Avanzada

Protocolo de red LoRaWAN™

Dispositivo Final

- La “Cosa” en el Internet de las Cosas
- Comunicación inalámbrica single-hop a un o varios **Gateway(s)**.

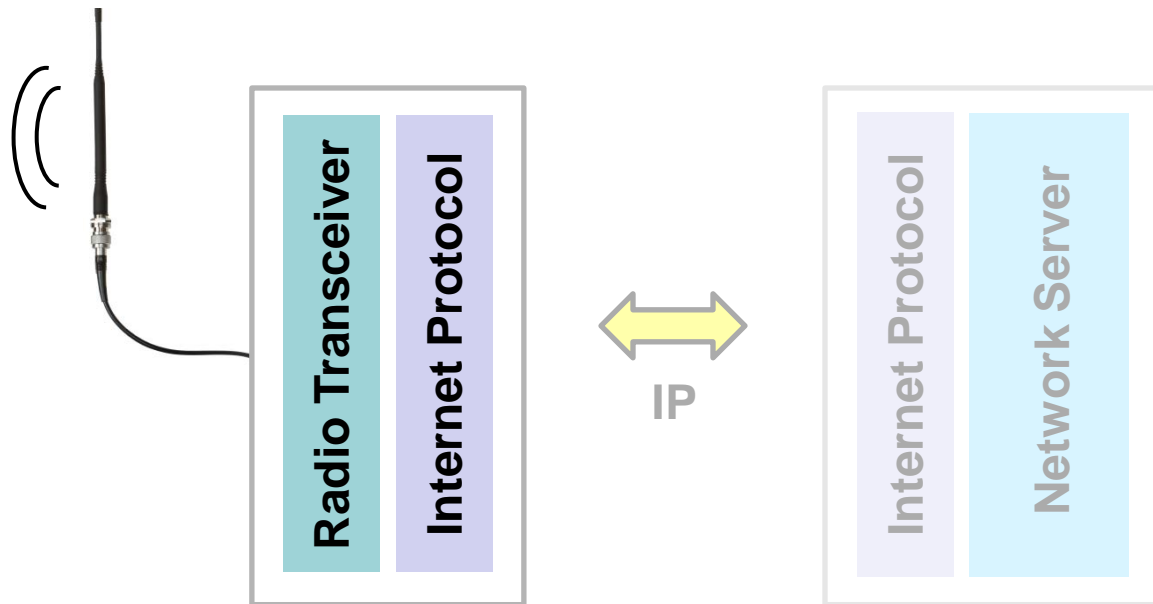


Protocolo de red LoRaWAN™

Gateway



- Interconecta la red LoRaWAN RF a los servicios LoRaWAN
- Los datos pasan a través del gateway hacia los servidores
- Conectado al **Servidor de Red** a través de una conexión IP estándar

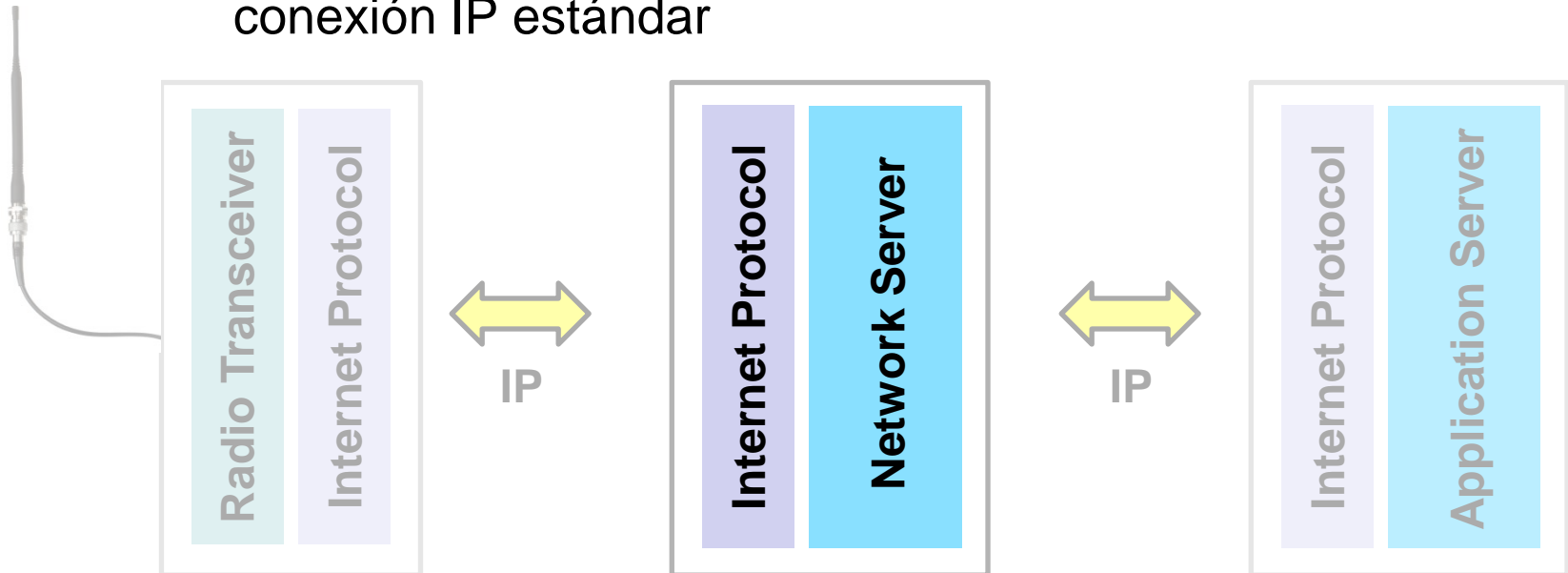


Protocolo de red LoRaWAN™

Servidor de Red



- **Servidor de Red** autentica los datos
- Si los datos son dirigidos al **Servidor de Red**, los datos son procesados
- De lo contrario, los datos se enviaran al **Servidor de Aplicaciones**
- Conectado al **Servidor de Aplicaciones** a través de una conexión IP estándar

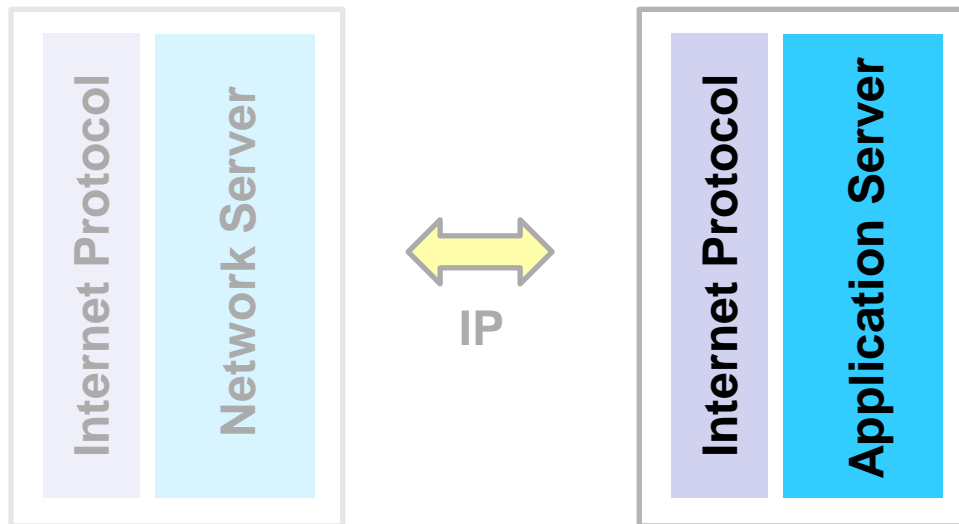


Protocolo de red LoRaWAN™

Servidor de Aplicaciones



- Consumidor de datos
- **Servidor de Aplicaciones** descifra los datos
- Pueden existir varios servidores de aplicaciones dentro de la misma red LoRaWAN



Ejemplo: Cada servidor de aplicaciones se encarga de un tipo de datos específico



Medidor de Electricidad



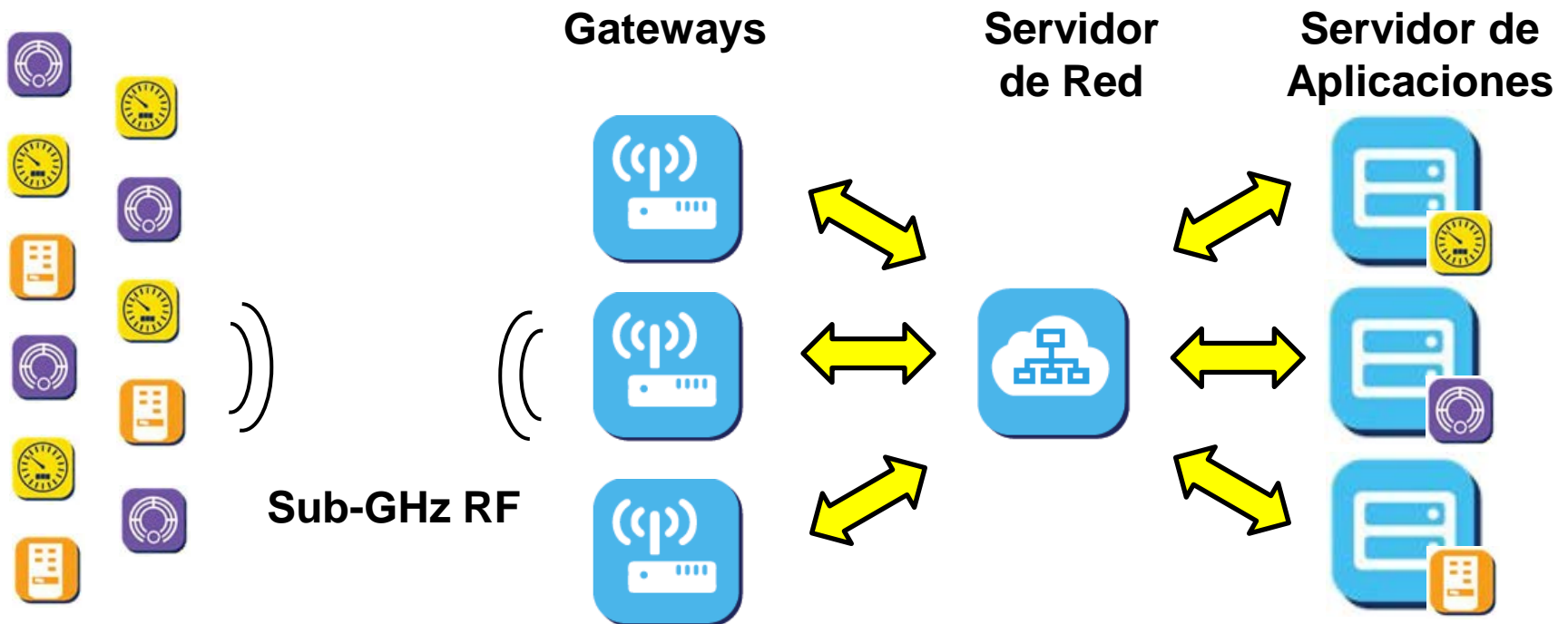
Máquina expendedora



Detectores de Humo

Protocolo de red LoRaWAN™

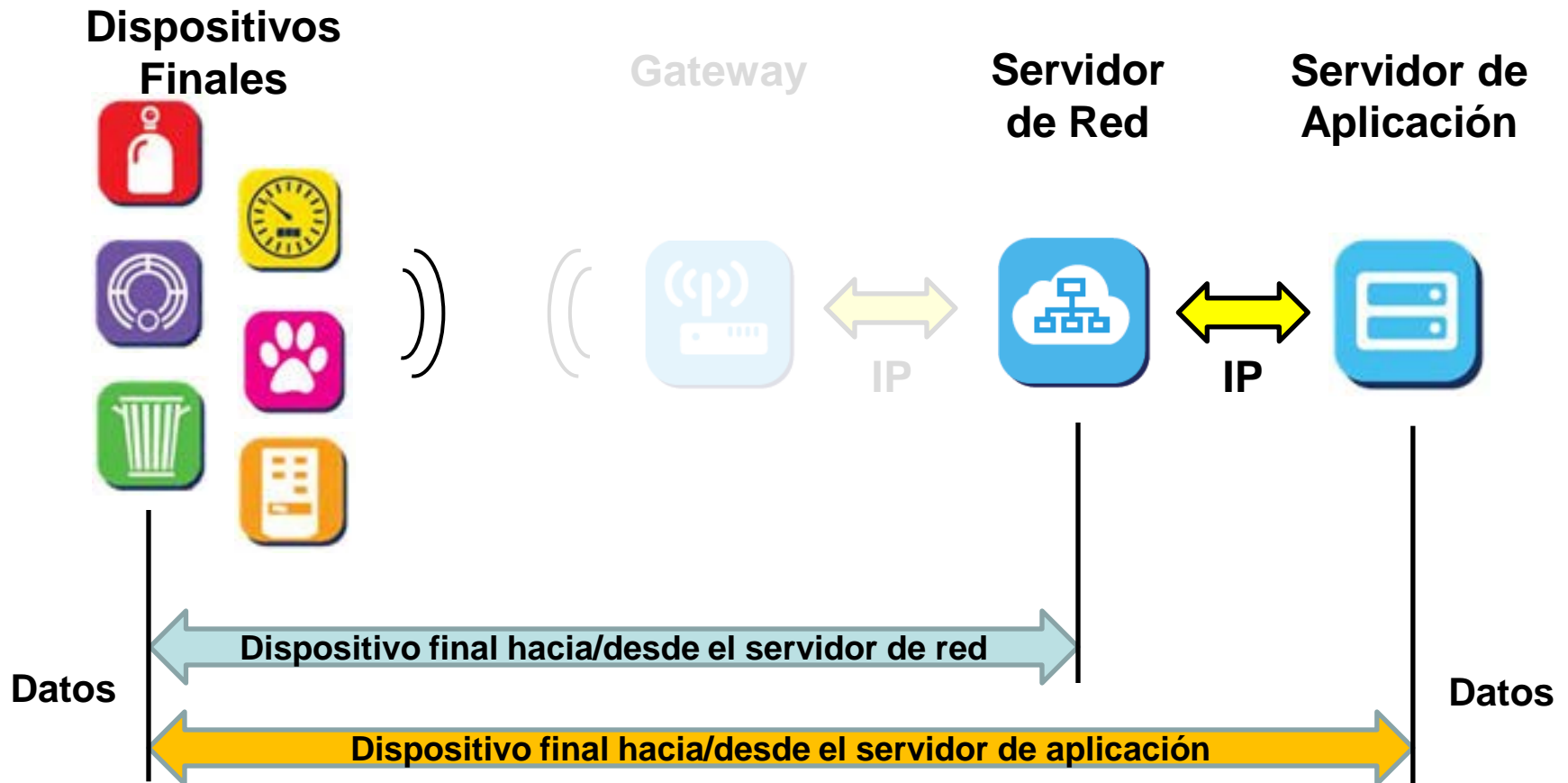
Ejemplo con múltiples servidores de aplicaciones



Protocolo de red LoRaWAN™

¿Como funciona la tecnología LoRaWAN™?

Flujo de Datos (Programmer's Model)





Sub-Agenda

- **Protocolo de red LoRaWAN™**
 - Modulación de la tecnología LoRa™
 - Como funciona la tecnología LoRaWAN™?
 - **Clases de dispositivos finales**
 - Activación de dispositivos finales (Joining)
 - Seguridad
 - Comunicación de datos en los dispositivos finales (Clase A)
 - Adaptive Data Rate (ADR)

Protocolo de red LoRaWAN™

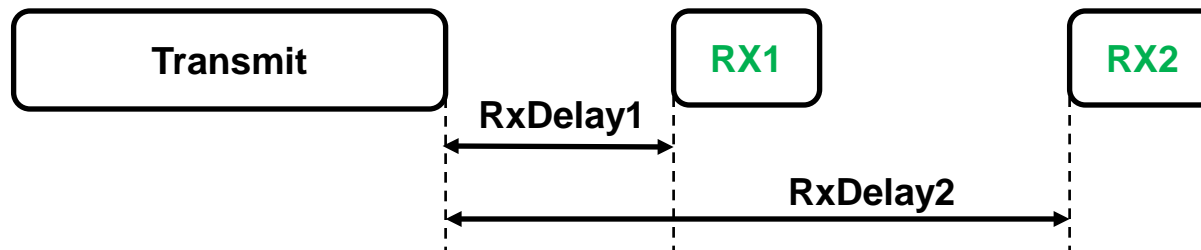
Clases de Dispositivos Finales

- Cada clase de dispositivo final tiene un comportamiento diferente dependiendo de la elección de **optimización**:
 - Alimentado por baterías– Clase A
 - Baja latencia – Clase B
 - Sin latencia– Clase C

Protocolo de red LoRaWAN™

Clases de Dispositivos Finales

- **De Pilas– Clase A**
 - Comunicaciones bidireccionales
 - Mensajes de unidifusión
 - Payloads pequeños
 - Intervalos largos
 - Dispositivo final inicia la comunicación (uplink)
 - Servidor se comunica con el dispositivo final (downlink) durante las ventanas de respuesta predeterminadas:



Protocolo de red LoRaWAN™

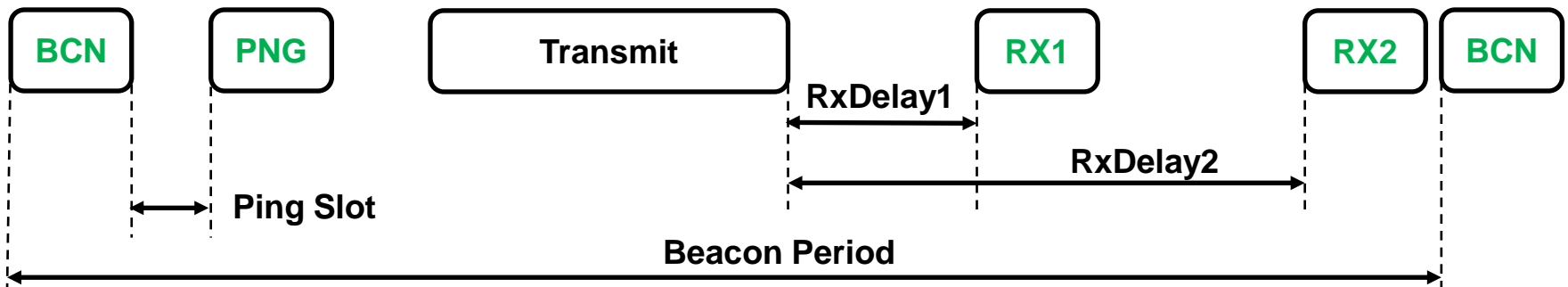
Clases de Dispositivos Finales

- **De Pilas – Clase A**
 - **Pros**
 - Consumo de energía más bajo = larga duración de batería
 - **Contras**
 - Latencia larga
- **Ejemplos**
 - Sensores con pilas

Protocolo de red LoRaWAN™

Clases de Dispositivos Finales

- **Baja Latencia – Clase B**
 - Bidireccional con espacios de recepción programados
 - Mensajes de unidifusión y multidifusión
 - Payloads pequeños
 - Intervalos largos
 - Gateway manda un beacon periódicamente
 - Ventana adicional de recepción (ping slot)
 - Servidor puede iniciar la transmisión a intervalos fijos



Protocolo de red LoRaWAN™

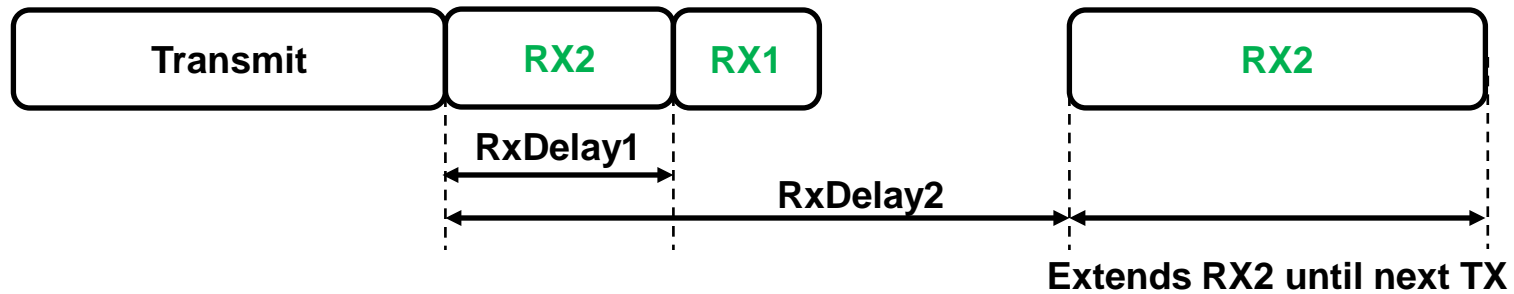
Clases de Dispositivos Finales

- **Baja Latencia – Clase B**
 - **Pros**
 - Latencia determinista
 - **Contras**
 - Mayor consumo de energía
- **Ejemplos**
 - Actuador que funciona con pilas

Protocolo de red LoRaWAN™

Clases de Dispositivos Finales

- **Sin Latencia– Clase C**
 - Comunicaciones bidireccionales
 - Mensajes de unidifusión y multidifusión
 - Payloads pequeños
 - Servidor puede iniciar transmisión a cualquier hora
 - Dispositivo final recibe constantemente



Protocolo de red LoRaWAN™

Clases de Dispositivos Finales

- **Sin Latencia – Clase C**
 - **Pros**
 - Latencia de recepción más baja
 - Dispositivo final tiene una ventana de recepción continua
 - **Contras**
 - Alto consumo de energía
(al menos que el dispositivo final este conectado a la red eléctrica)
- **Ejemplos**
 - La red eléctrica le da poder al actuador de baja latencia



Sub-Agenda

- **Protocolo de red LoRaWAN™**
 - Modulación de la tecnología LoRa™
 - Como funciona la tecnología LoRaWAN™?
 - Clases de dispositivos finales
 - **Activación de dispositivos finales (Joining)**
 - Seguridad
 - Comunicación de datos en los dispositivos finales (Clase A)
 - Adaptive Data Rate (ADR)

Protocolo de red LoRaWAN™

Activación de Dispositivos Finales (Joining)

- Antes de que un dispositivo final pueda comunicarse en una red LoRaWAN, tiene que ser **activado**
- La siguiente información es requerida:
 - Dirección del dispositivo (DevAddr)
 - Clave de sesión de red (NwkSKey)
 - Clave de sesión de aplicación (AppSKey)

Echemos un vistazo a cada uno...

Protocolo de red LoRaWAN™

Activación de Dispositivos Finales (Joining)

- **Dirección del Dispositivo (DevAddr)**
 - Identificador de 32-bits
 - Único dentro de la red
 - Presente en cada trama de datos
 - Compartida entre el dispositivo final, el servidor de red, y el servidor de aplicaciones
- **Distingue a los nodos dentro de la red, lo cual le permite a la red usar las claves de encriptación correctas y propiamente interpretar los datos**

Protocolo de red LoRaWAN™

Activación de Dispositivos Finales (Joining)

- **Clave de sesión de red (NwkSKey)**
 - Clave de encriptación de 128-bits AES
 - Diferente en cada dispositivo final
 - Compartida entre el dispositivo final y el servidor de red
- **Proporciona la integridad de los mensajes en la comunicación**
- **Proporciona seguridad en la comunicación entre el dispositivo final y el servidor de red**

Protocolo de red LoRaWAN™

Activación de Dispositivos Finales (Joining)

- **Clave de sesión de aplicación (AppSKey)**
 - Clave de encriptación de 128-bits AES
 - Diferente en cada dispositivo final
 - Compartida entre el dispositivo final y el servidor de aplicaciones
 - Usado para encriptar y descifrar los mensajes de datos de la aplicación
- **Proporciona seguridad para la carga útil de la aplicación**

Protocolo de red LoRaWAN™

Activación de Dispositivos Finales (Joining)

- Para intercambiar esta información, existen dos métodos de activación diferentes:

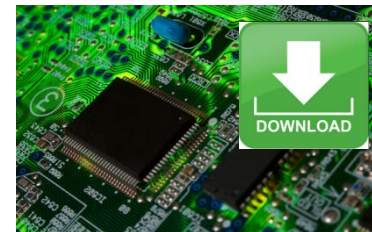
Over-the-Air Activation (OTAA)

- Basado en un identificador único global
- Mensaje de handshake over the air



Activation By Personalization (ABP)

- Claves compartidas son almacenadas durante producción
- Bloqueada a una red específica



Protocolo de red LoRaWAN™

Activación de Dispositivos Finales (Joining)



Over-the-Air-Activation (OTAA)

- El dispositivo final transmite una **solicitud para unirse** al servidor de aplicaciones que contiene:
 - Identificador único global del dispositivo final (DevEUI)
 - Identificador de aplicación (AppEUI)
 - Autenticación con clave de aplicación (AppKey)
- El dispositivo final recibe **aprobación de la solicitud a unirse** desde el servidor de aplicaciones

(continuado...)

Protocolo de red LoRaWAN™

Activación de Dispositivos Finales (Joining)



Over-the-Air-Activation (OTAA)

- Dispositivo final autentica la **aprobación a la solicitud de unión**
- Dispositivo final descifra la **aprobación a la solicitud de unión**
- Dispositivo final extrae la **dirección del dispositivo** (DevAddr)
- Dispositivo final deriva:
 - **Clave de sesión de red** (NwkSKey)
 - **Clave de sesión de aplicación** (AppSKey)

**Claves de
Seguridad**

Protocolo de red LoRaWAN™

Activación de Dispositivos Finales (Joining)



Activation By Personalization (ABP)

- La siguiente información se configura en la producción:
 - Dirección del dispositivo (DevAddr)
 - Clave de sesión de red (NwkSKey)
 - Clave de sesión de aplicación (AppSKey)
- Sin handshake over the air
- El dispositivo está listo para comunicarse en la red sin ningún procedimiento adicional
- Observe que el resultado final es el mismo, el dispositivo final ahora conoce la dirección del dispositivo y las claves de seguridad



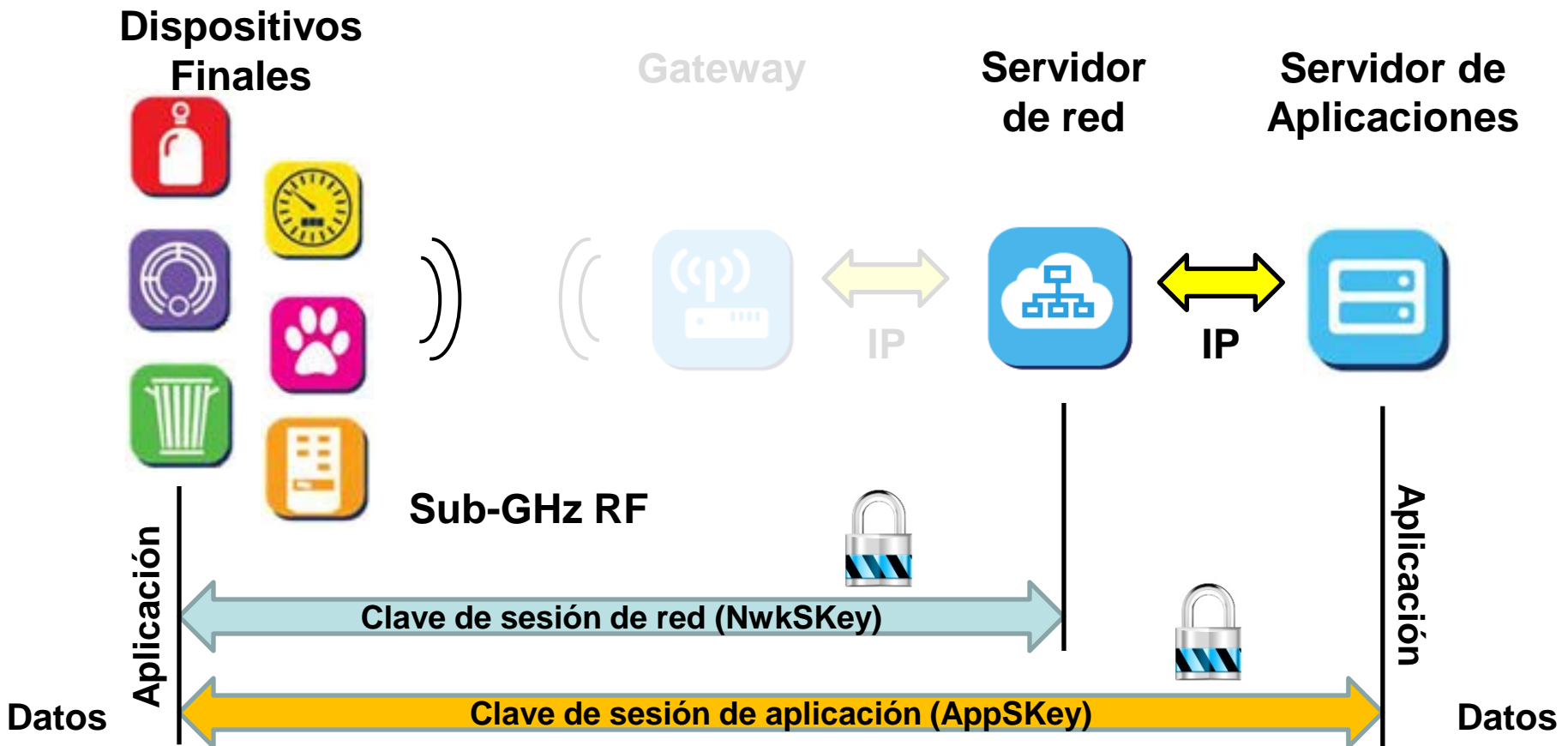
Sub-Agenda

- **Protocolo de red LoRaWAN™**
 - Modulación de la tecnología LoRa™
 - Como funciona la tecnología LoRaWAN™?
 - Clases de dispositivos finales
 - Activación de dispositivos finales (Joining)
 - **Seguridad**
 - Comunicación de datos en los dispositivos finales (Clase A)
 - Adaptive Data Rate (ADR)

Protocolo de red LoRaWAN™

Seguridad

Logical Data Flow (Programmer's Model)



Protocolo de red LoRaWAN™

Seguridad

- **Basado en seguridad 802.15.4**
 - AES-128
- **Mejoras**
 - Clave de sesión de red (NwkSKey)
 - Clave de sesión de aplicación (AppSKey)
 - Servidor de red autentica los datos de aplicaciones
 - Servidor de red no puede descifrar los datos de la aplicación



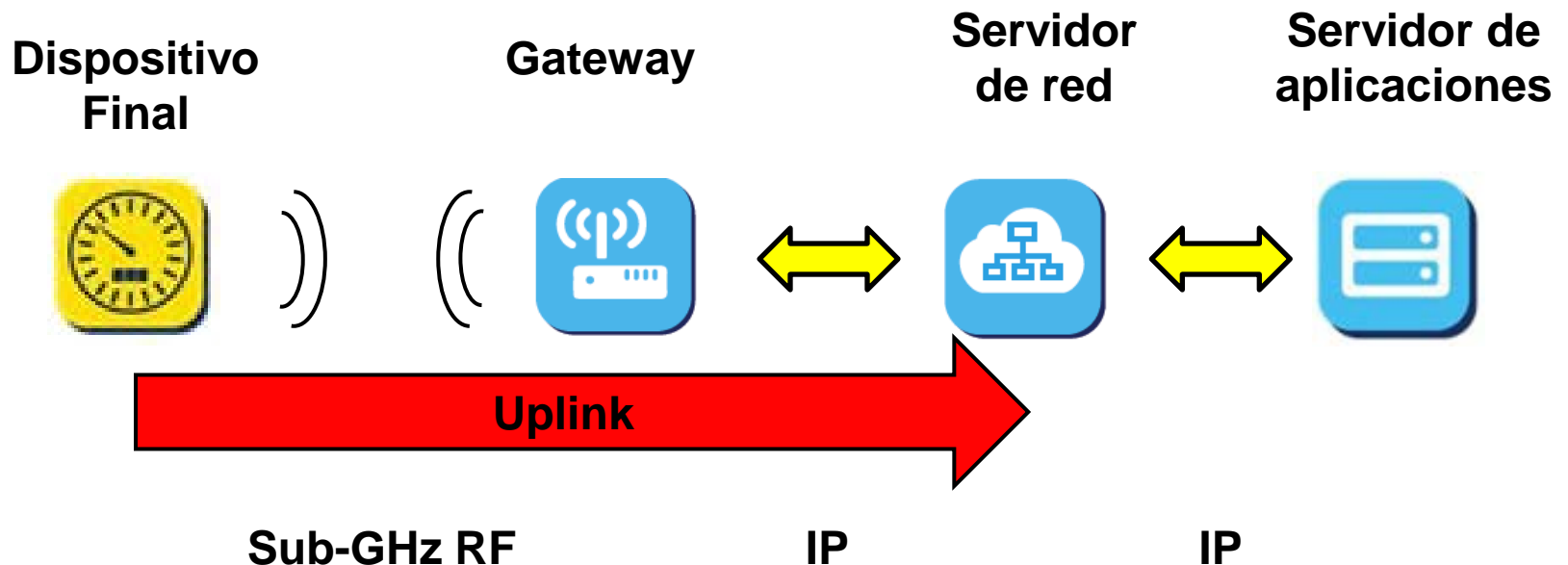
Sub-Agenda

- **Protocolo de red LoRaWAN™**
 - Modulación de la tecnología LoRa™
 - Como funciona la tecnología LoRaWAN™?
 - Clases de dispositivos finales
 - Activación de dispositivos finales (Joining)
 - Seguridad
 - **Comunicación de datos en los dispositivos finales (Clase A)**
 - Adaptive Data Rate (ADR)

Protocolo de red LoRaWAN™

Comunicación de datos del dispositivo final (Clase A)

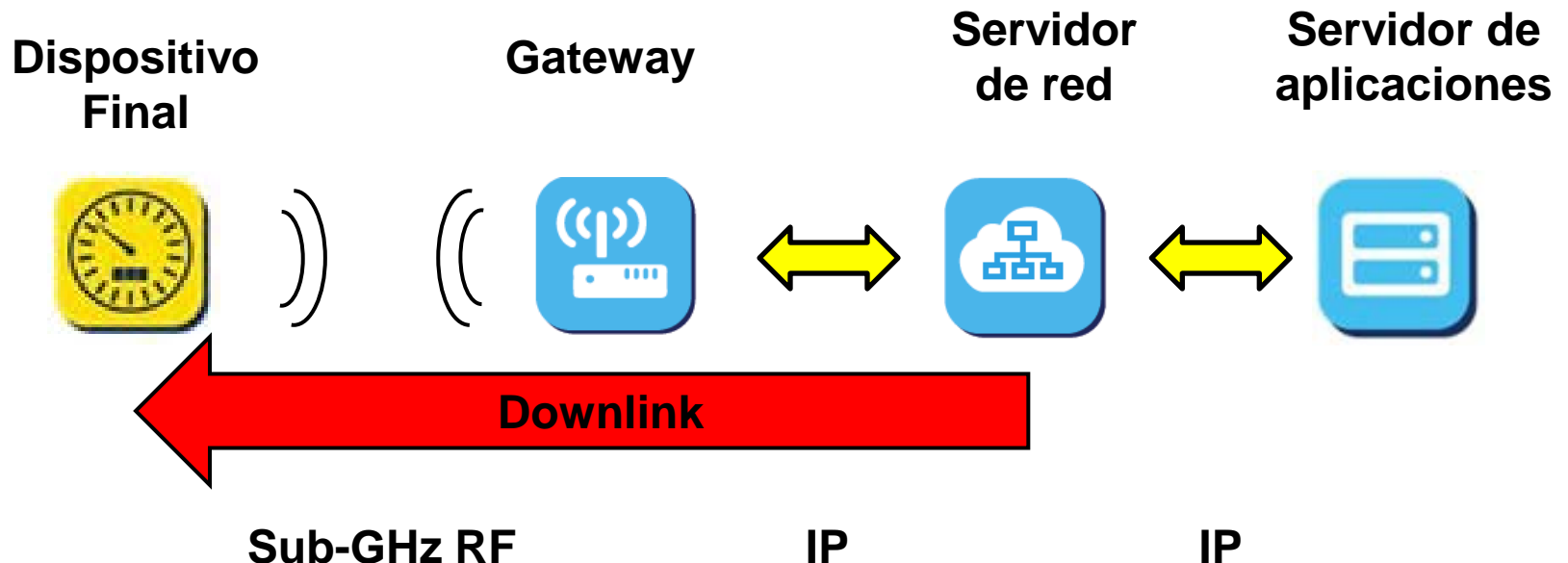
- **Mensaje de enlace ascendente (Uplink Message)**
 - Dispositivo final hacia el servidor de red transmitido por uno de los muchos gateways



Protocolo de red LoRaWAN™

Comunicación de datos del dispositivo final (Clase A)

- **Mensaje de enlace descendente (Downlink Message)**
 - Enviado por el **servidor de red** a un **dispositivo final** y es transmitido por un solo **gateway**





Protocolo de red LoRaWAN™

Comunicación de datos del dispositivo final (Clase A)

Mensaje de datos sin confirmar

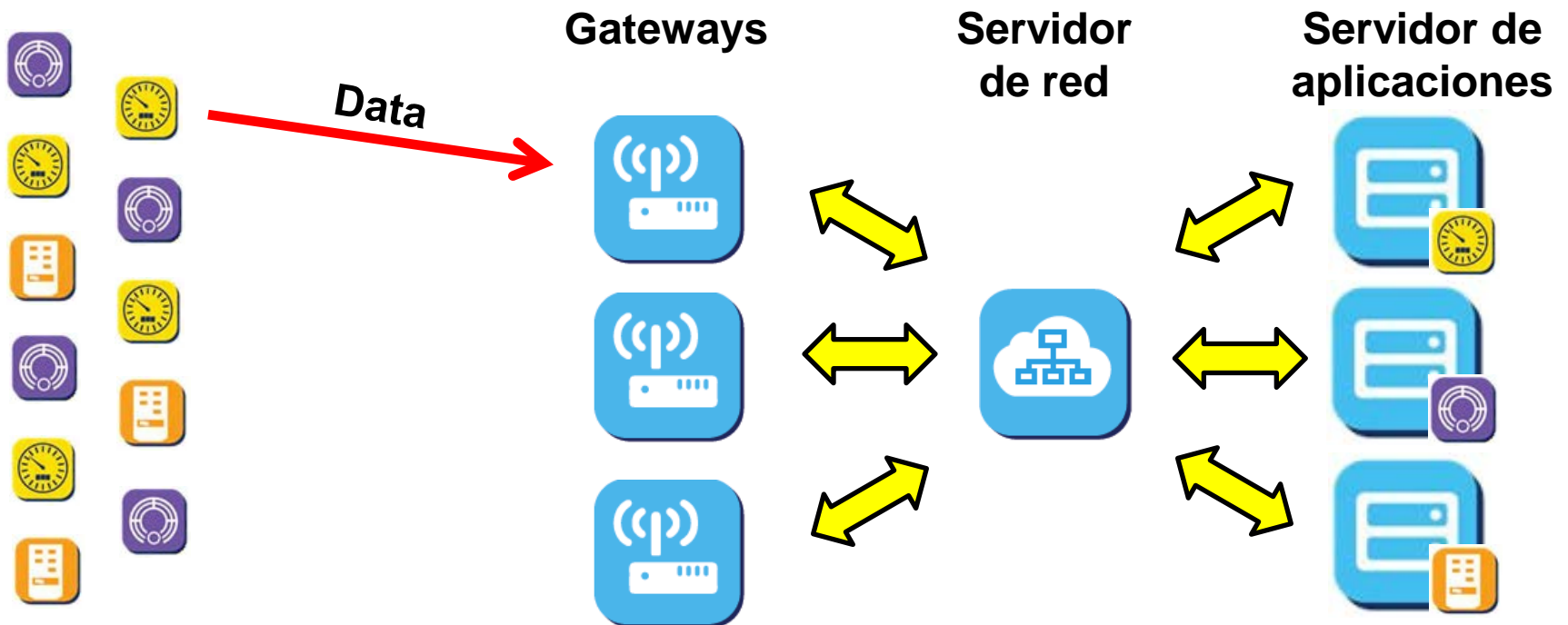
**Un mensaje de datos del dispositivo final
no requiere un reconocimiento
(acknowledgement)**

Vamos a ver un ejemplo...

Protocolo de red LoRaWAN™

Comunicación de datos del dispositivo final (Clase A)

Mensaje de datos sin confirmar

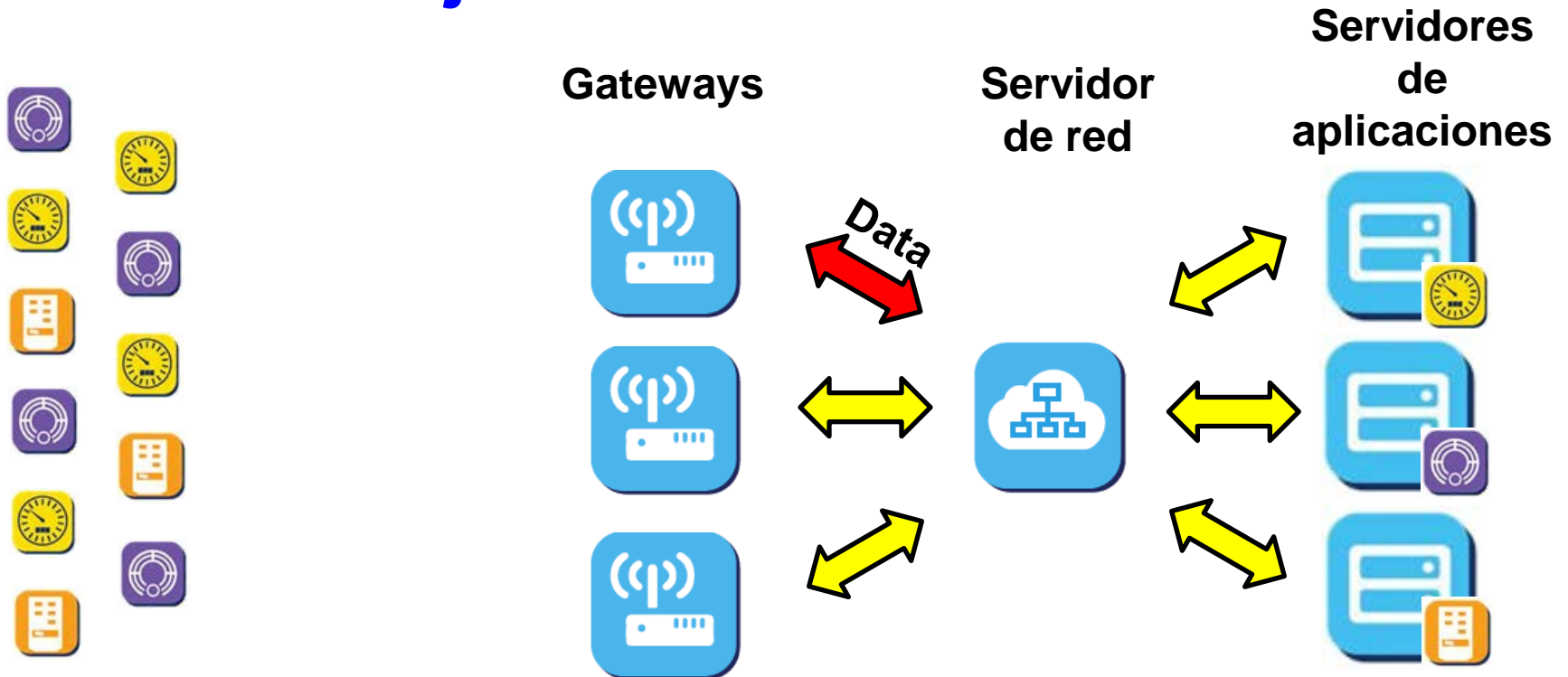


1. Medidor de electricidad transmite datos

Protocolo de red LoRaWAN™

Comunicación de datos del dispositivo final (Clase A)

Mensaje de datos sin confirmar



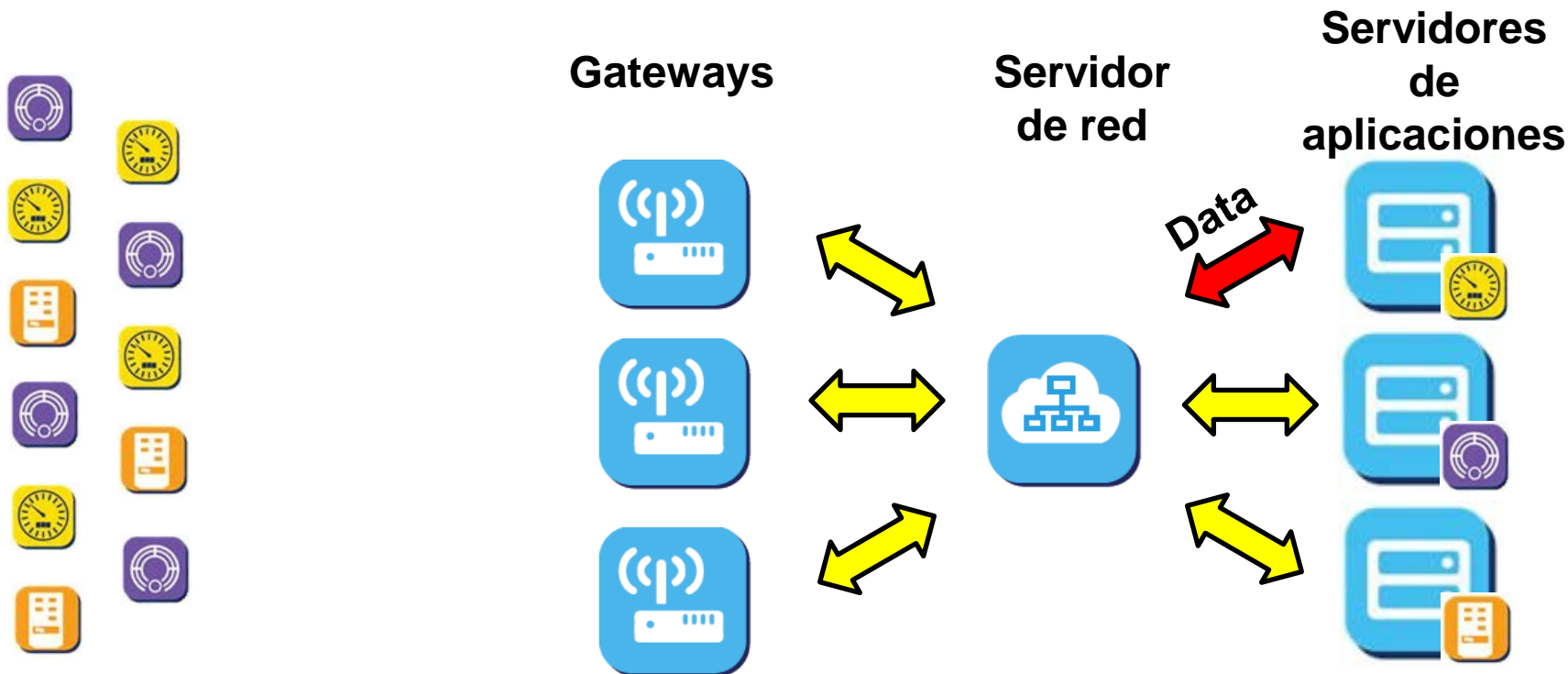
2. Gateway recibe los datos y los pasa al servidor de red



Protocolo de red LoRaWAN™

Comunicación de datos del dispositivo final (Clase A)

Mensaje de datos sin confirmar



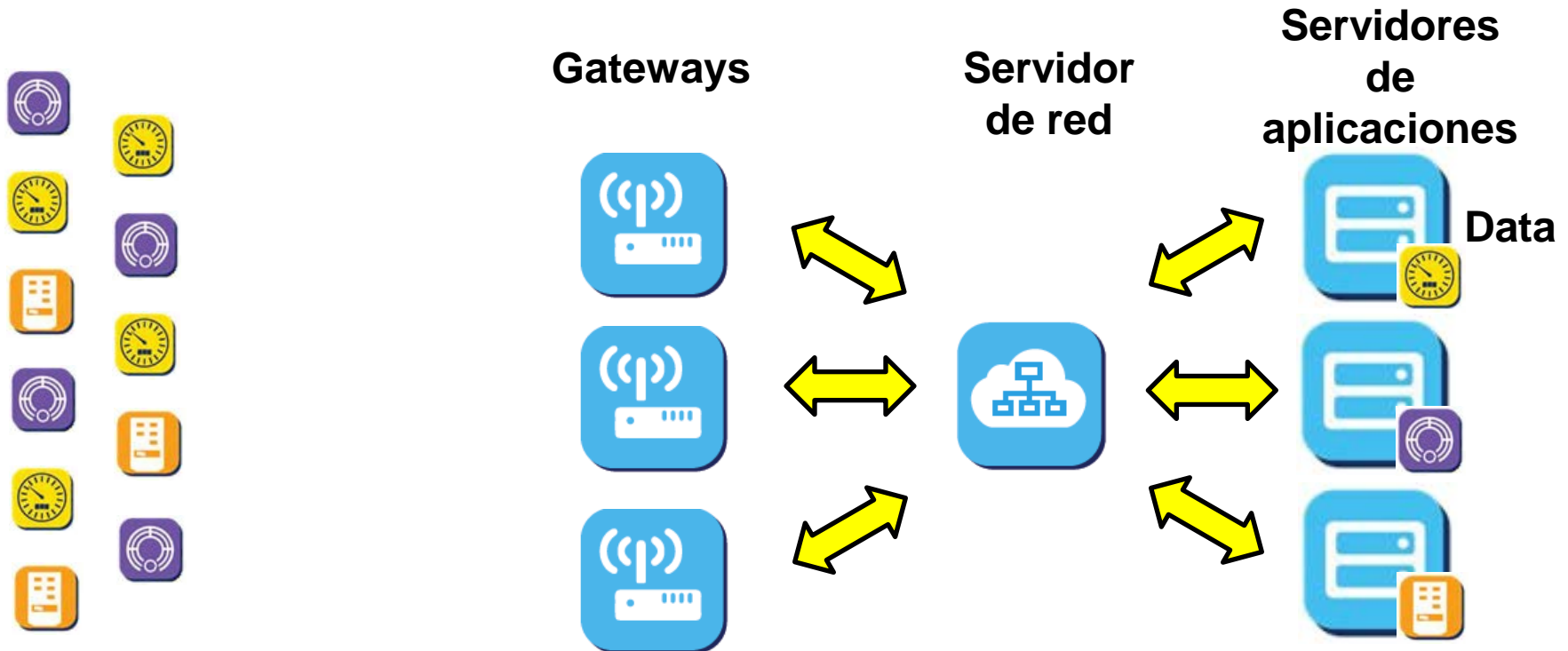
3. El servidor de red autentica los datos y los manda al servidor de aplicaciones del medidor eléctrico



Protocolo de red LoRaWAN™

Comunicación de datos del dispositivo final (Clase A)

Mensaje de datos sin confirmar



4. El servidor de aplicaciones del medidor eléctrico descifra los datos

Protocolo de red LoRaWAN™

Comunicación de datos del dispositivo final

Mensaje de datos confirmado

El mensaje de datos tiene que ser reconocido (acknowledged) por el receptor

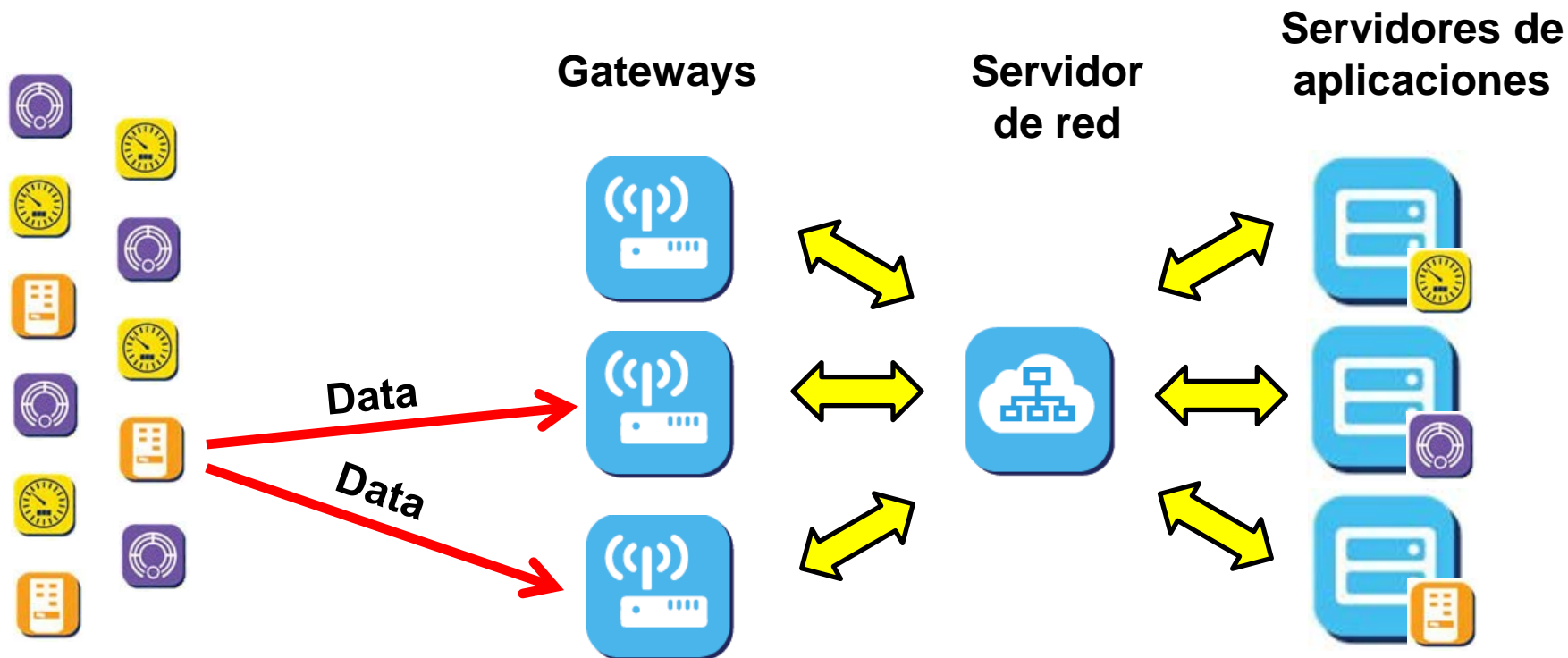
Vamos a ver un ejemplo...



Protocolo de red LoRaWAN™

Comunicación de datos del dispositivo final (Clase A)

Mensaje de datos confirmado

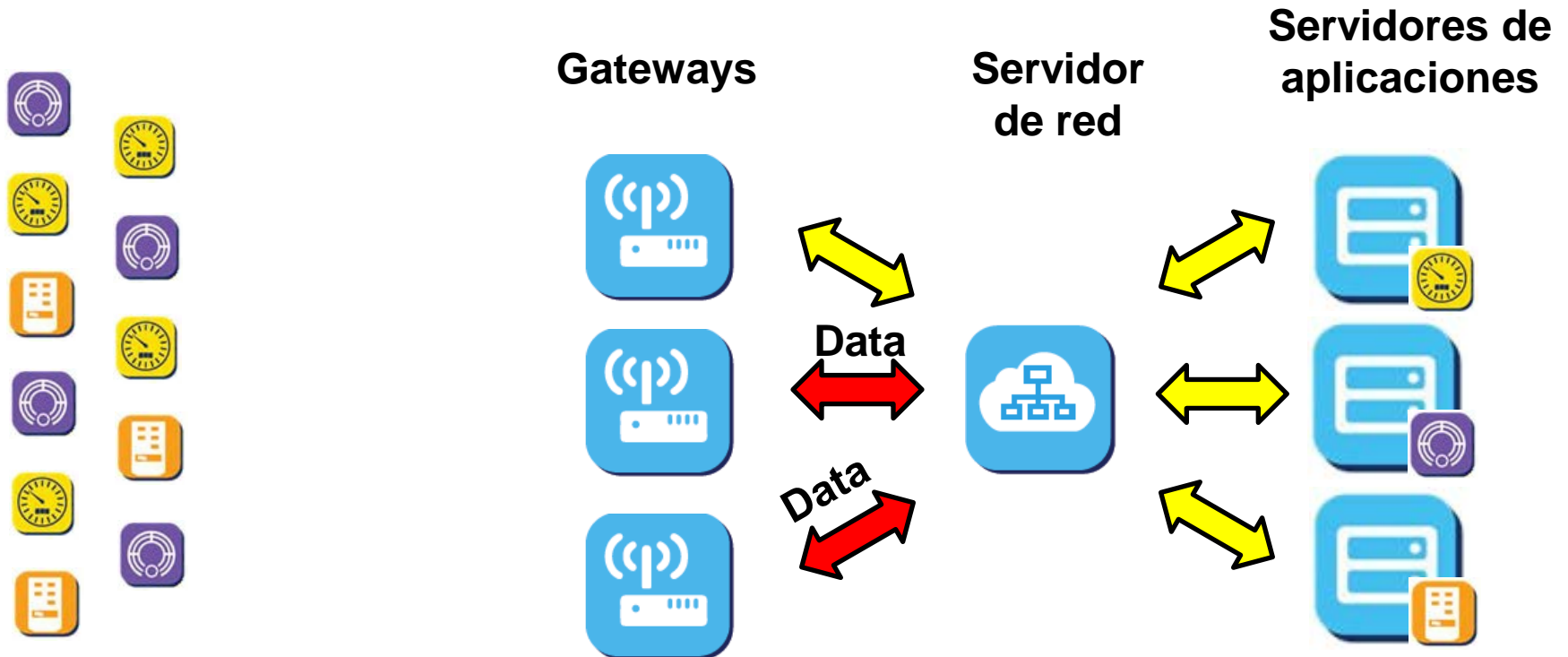


**1. Maquina expendedora transmite datos.
Los datos son recibidos por dos gateways.**

Protocolo de red LoRaWAN™

Comunicación de datos del dispositivo final (Clase A)

Mensaje de datos confirmado



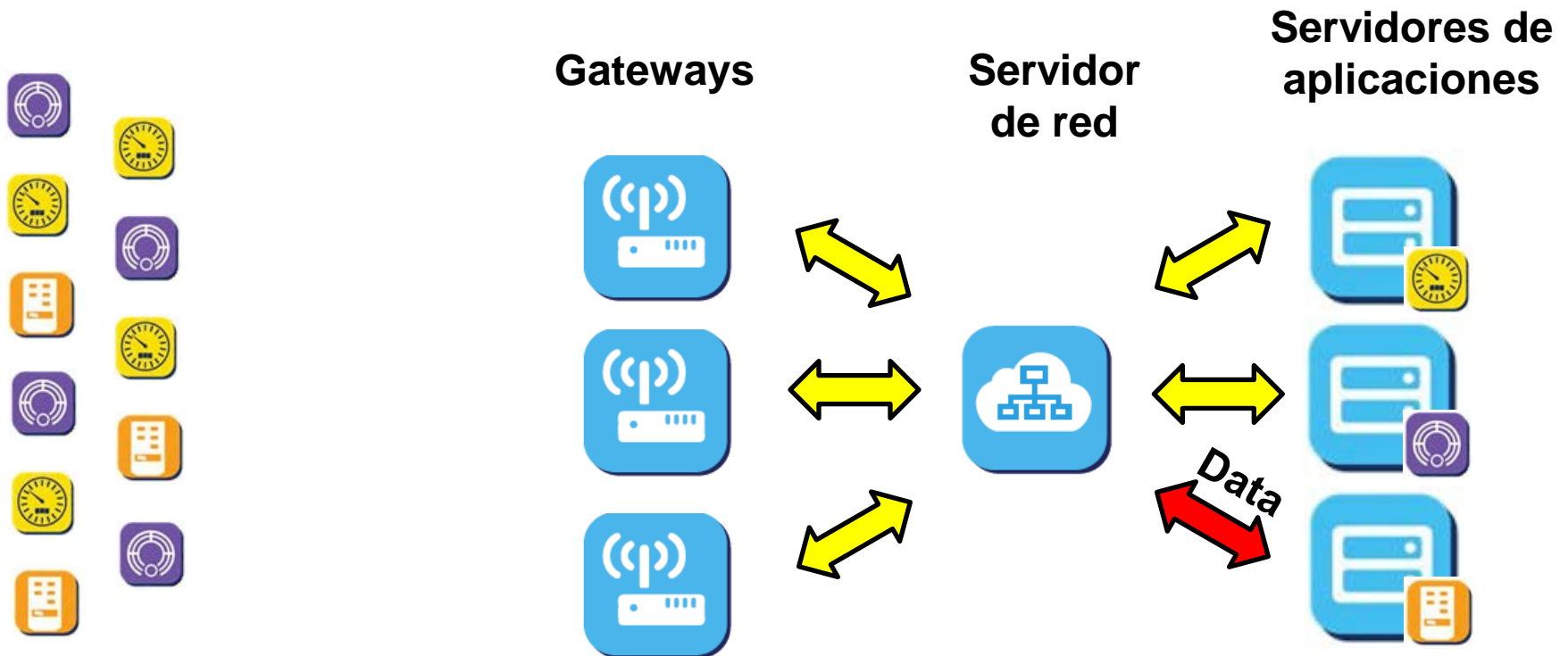
2. Ambos gateways “pasan” los datos al servidor de red.



Protocolo de red LoRaWAN™

Comunicación de datos del dispositivo final (Clase A)

Mensaje de datos confirmado

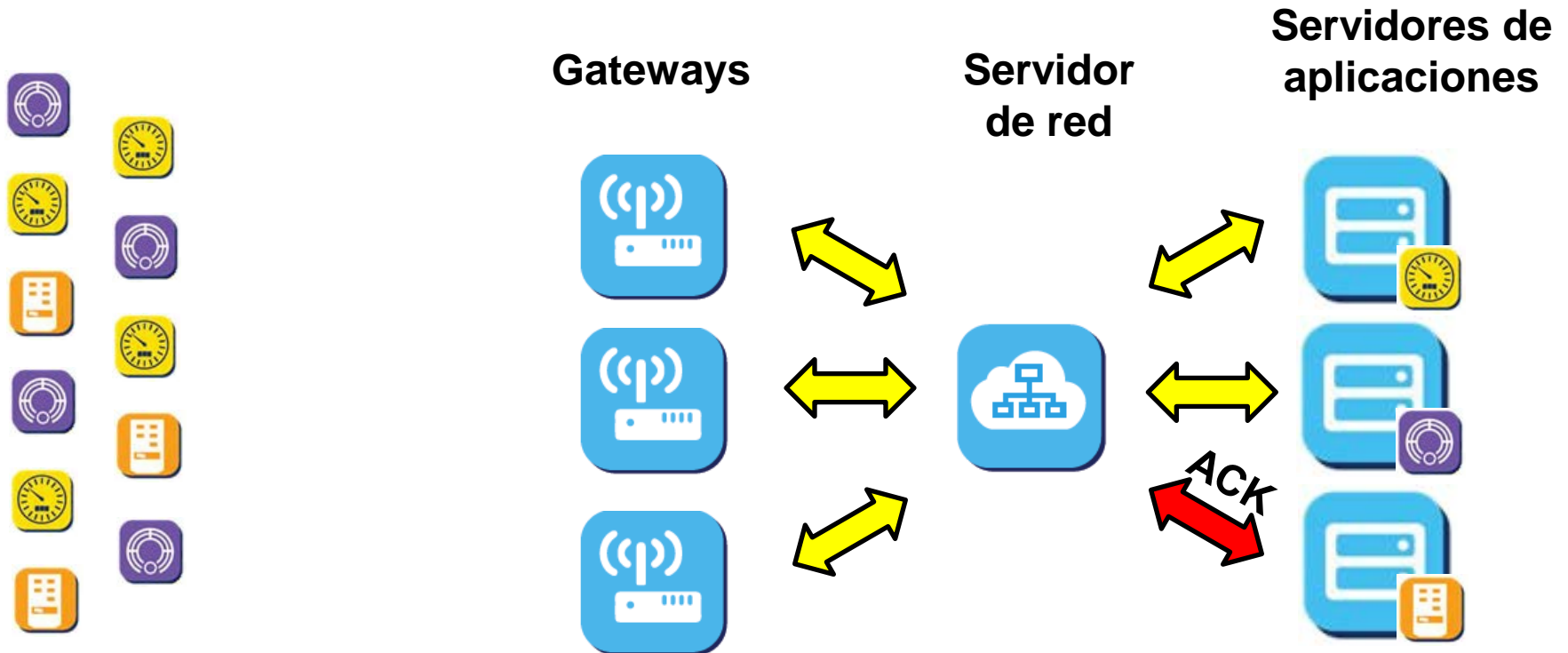


3. El servidor de red reenvía los datos al servidor de aplicaciones de la maquina expendedora

Protocolo de red LoRaWAN™

Comunicación de datos del dispositivo final (Clase A)

Mensaje de datos confirmado

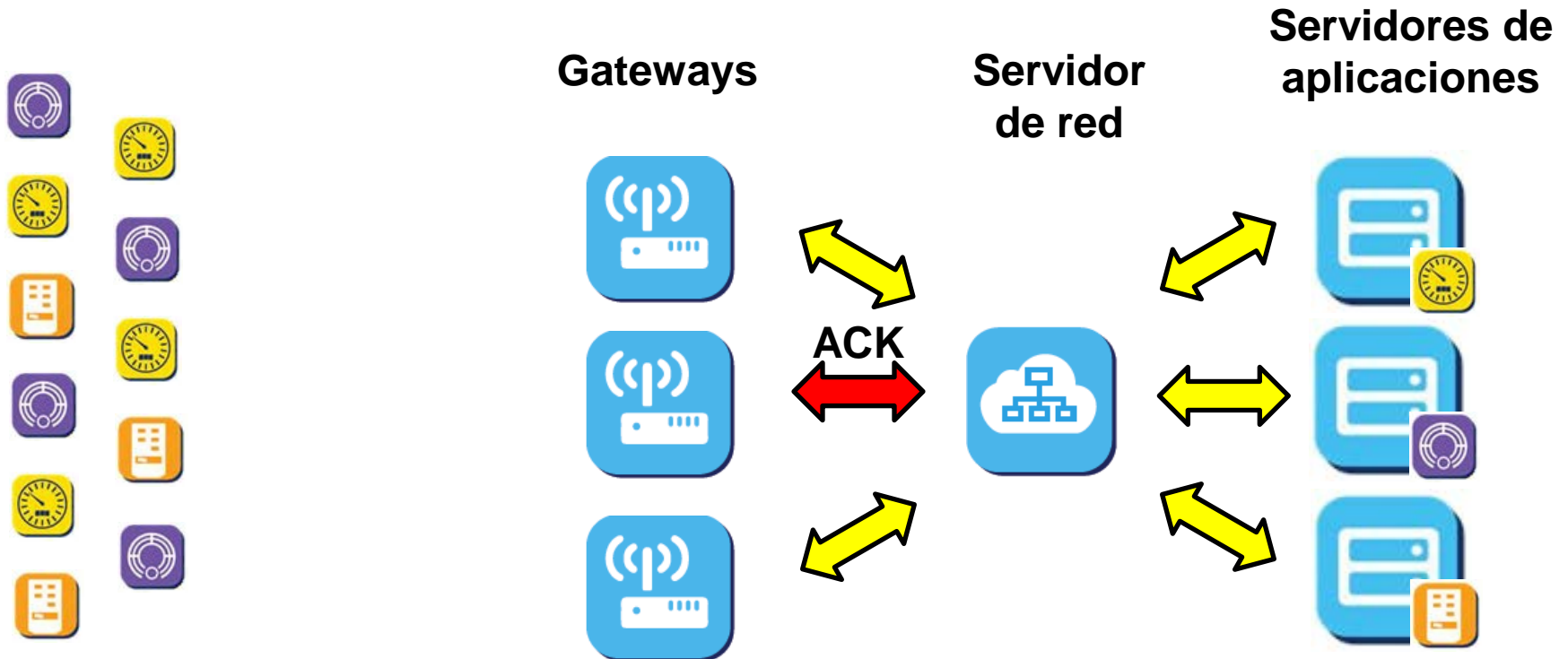


4. El servidor de aplicaciones de la maquina expendedora manda un acuse de recibo (ACK).

Protocolo de red LoRaWAN™

Comunicación de datos del dispositivo final (Clase A)

Mensaje de datos confirmado

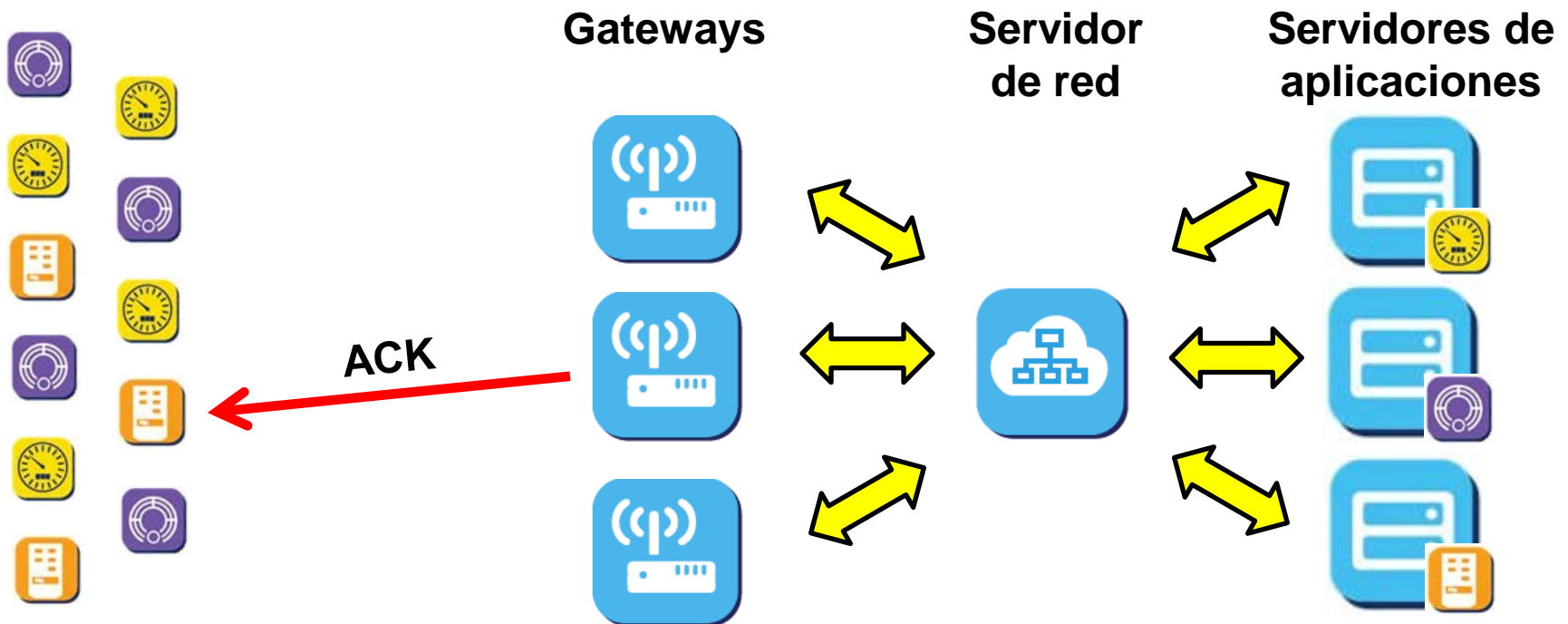


5. El servidor de red selecciona el mejor camino (gateway) para transmitir el acuse de recibo al dispositivo final

Protocolo de red LoRaWAN™

Comunicación de datos del dispositivo final (Clase A)

Mensaje de datos confirmado



6. El gateway transmite el acuse de recibo al dispositivo final



Protocolo de red LoRaWAN™

Comunicación de datos del dispositivo final (Clase A)

Mensaje de datos del servidor de aplicaciones

Si el servidor de aplicaciones tiene un mensaje de datos para el dispositivo final...

... el servidor de aplicaciones tiene que esperar hasta que el dispositivo final inicie una transmisión

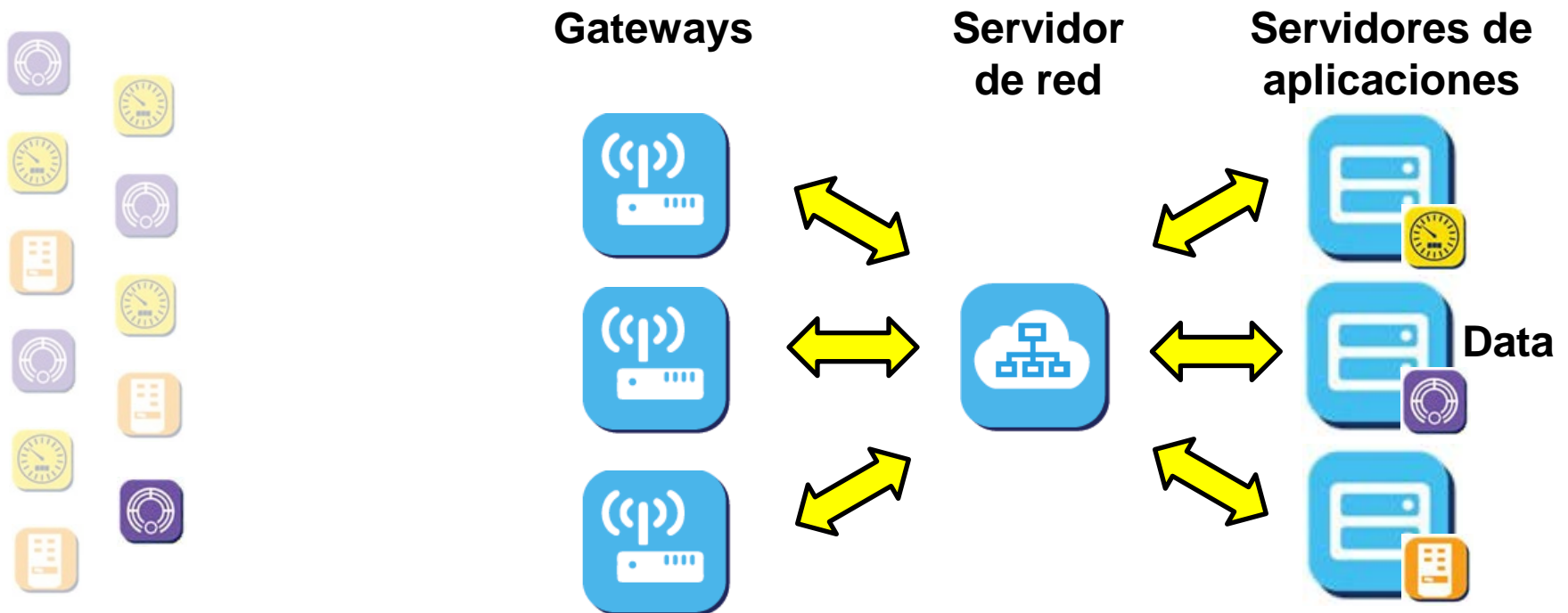
Vamos a ver un ejemplo...



Protocolo de red LoRaWAN™

Comunicación de datos del dispositivo final (Clase A)

Mensaje de datos del servidor de aplicaciones



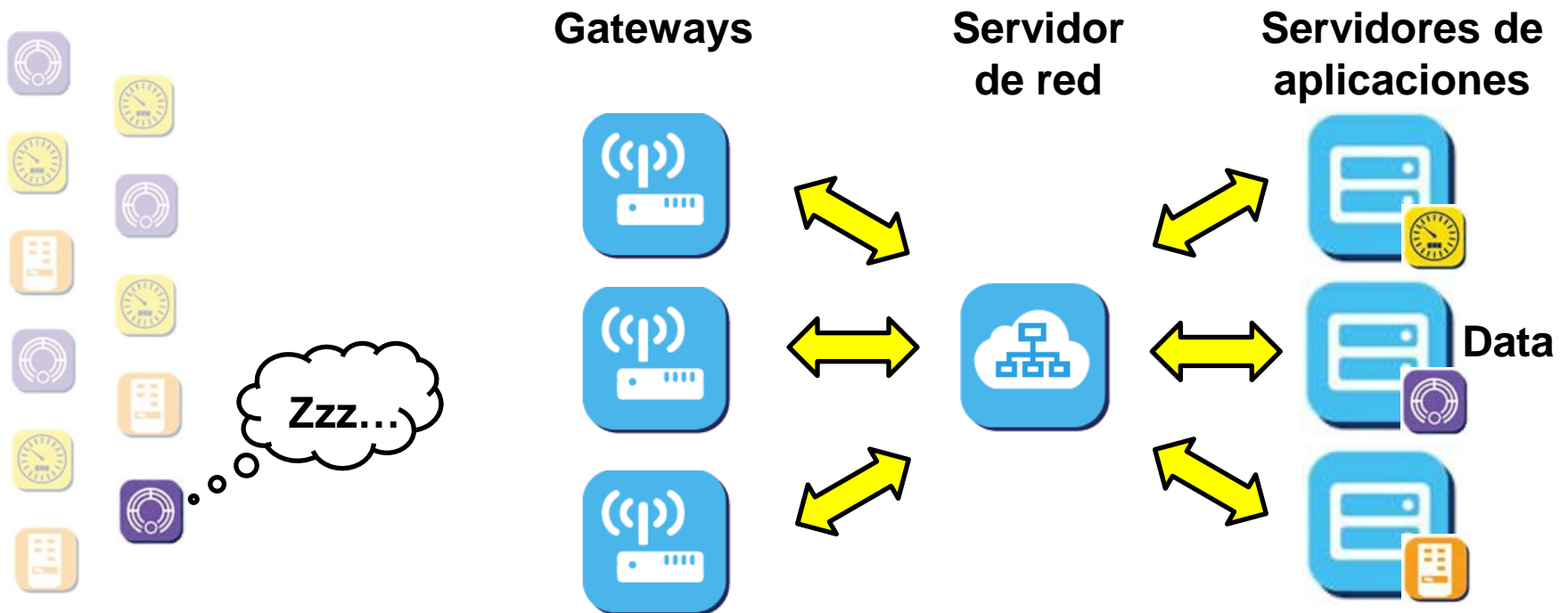
1. El servidor de aplicaciones del detector de humo tiene datos para el detector de humo resaltado



Protocolo de red LoRaWAN™

Comunicación de datos del dispositivo final (Clase A)

Mensaje de datos del servidor de aplicaciones



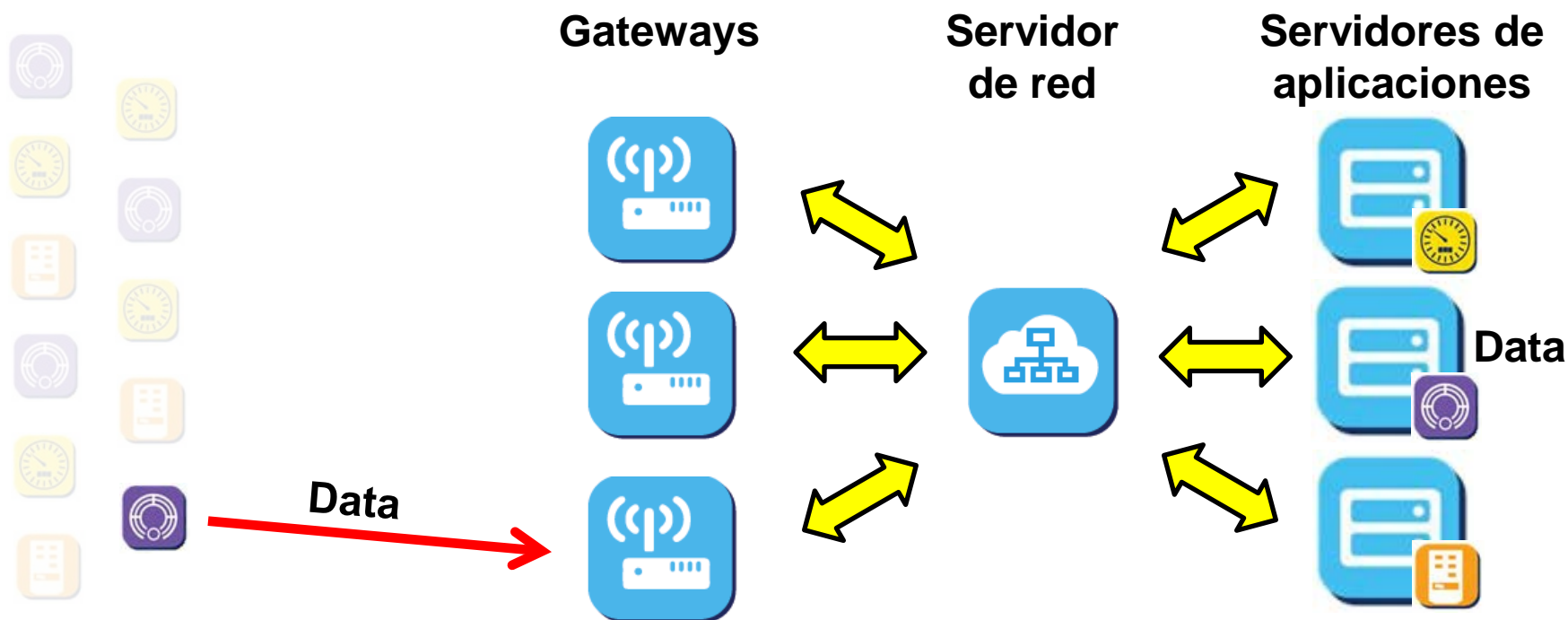
2. Sin embargo, tiene que esperar hasta que el detector de humo despierte y transmita un mensaje de datos



Protocolo de red LoRaWAN™

Comunicación de datos del dispositivo final (Clase A)

Mensaje de datos del servidor de aplicaciones

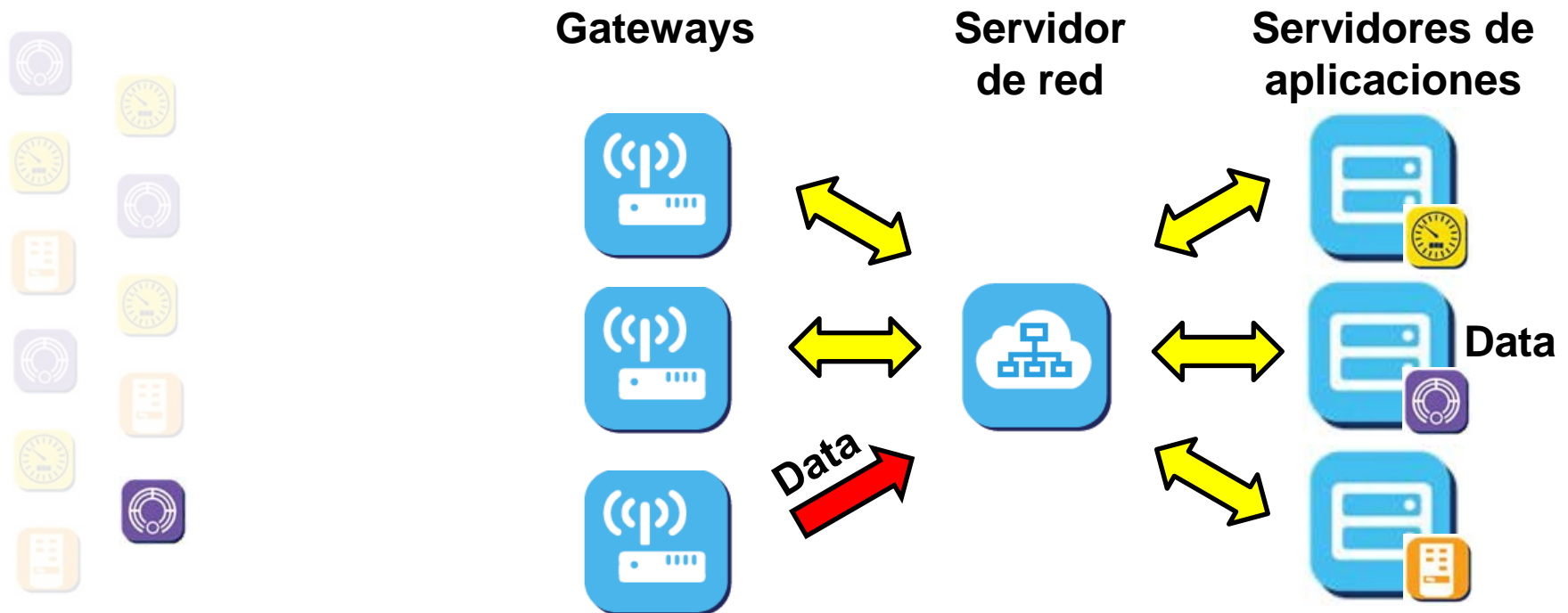


3. Cuando el detector de humo transmite, el mensaje de datos asciende

Protocolo de red LoRaWAN™

Comunicación de datos del dispositivo final (Clase A)

Mensaje de datos del servidor de aplicaciones

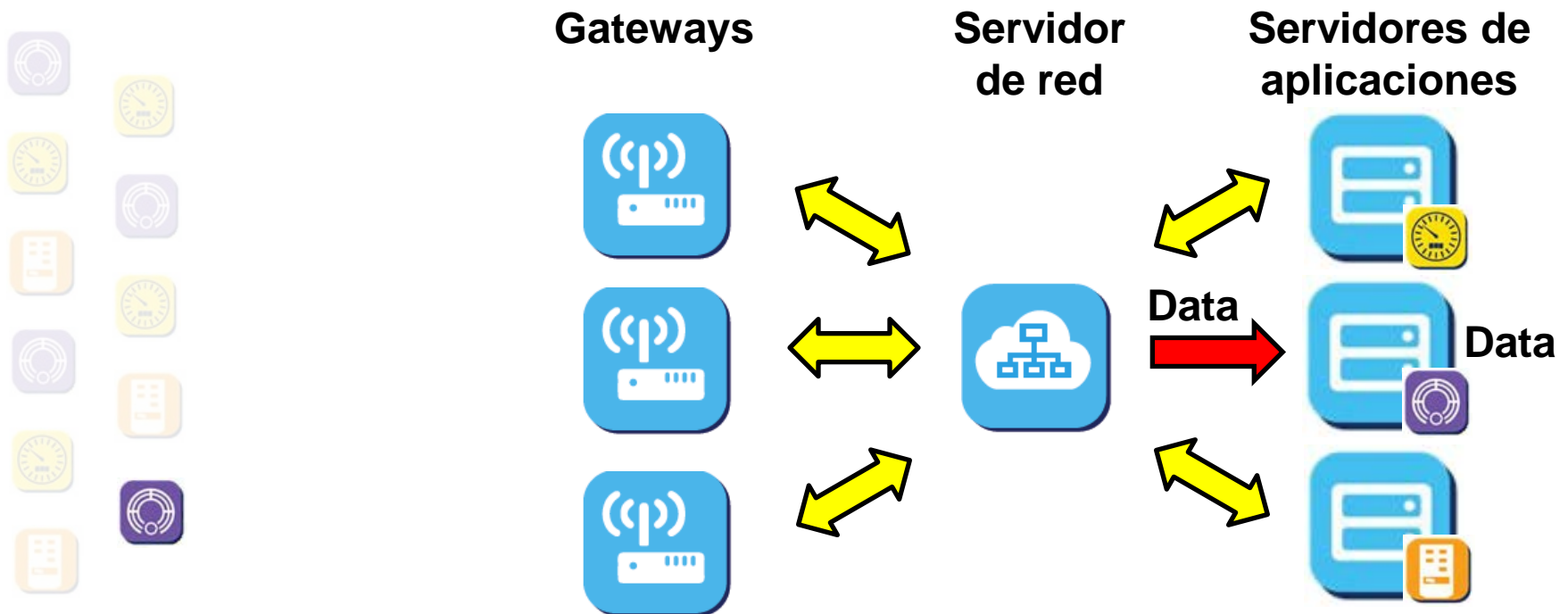


4. Pasa a través del gateway...

Protocolo de red LoRaWAN™

Comunicación de datos del dispositivo final (Clase A)

Mensaje de datos del servidor de aplicaciones

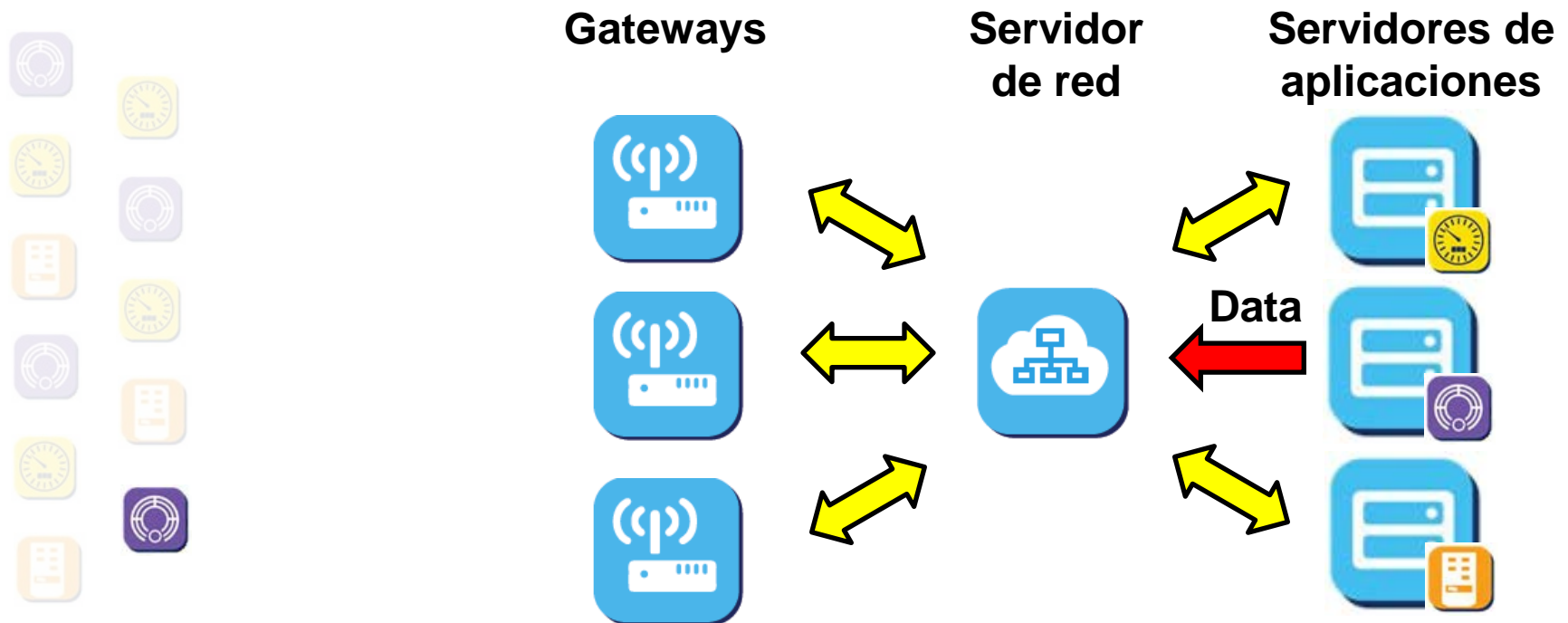


5. ... y el servidor de red lo manda al servidor de aplicaciones del detector de humo

Protocolo de red LoRaWAN™

Comunicación de datos del dispositivo final (Clase A)

Mensaje de datos del servidor de aplicaciones



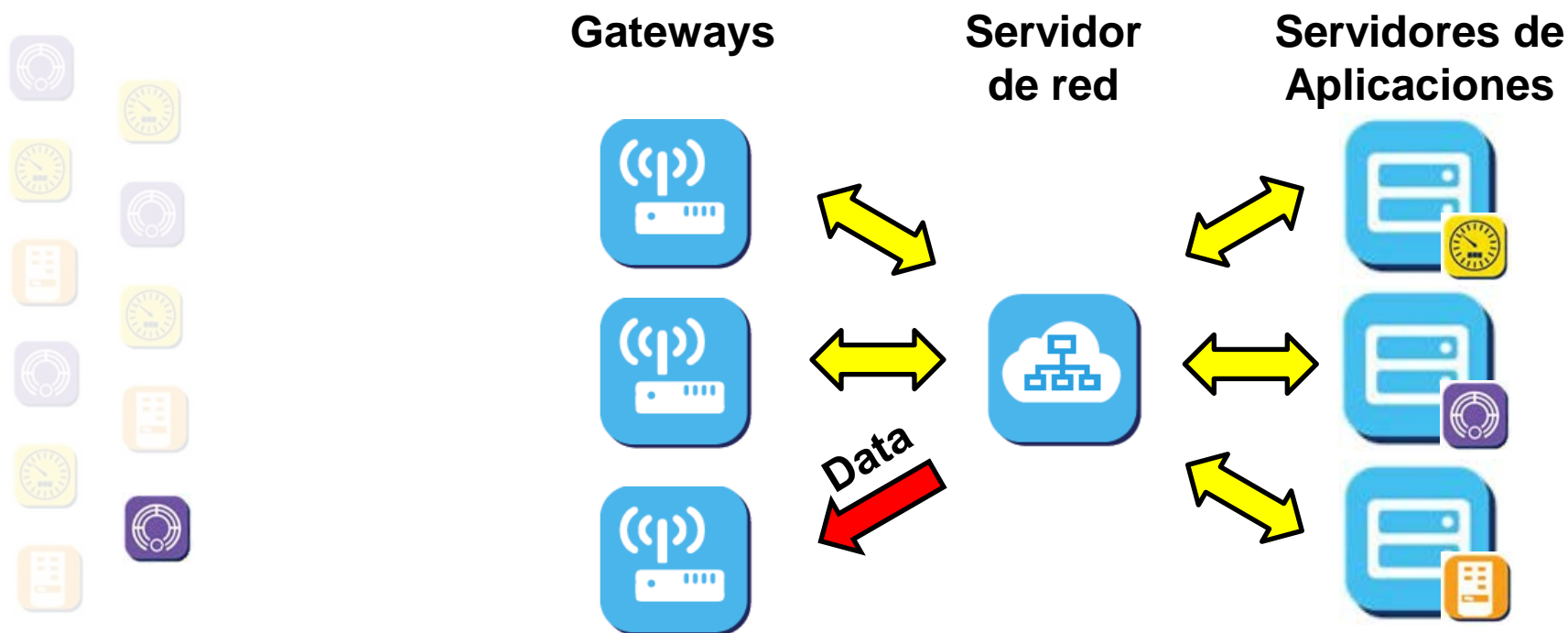
6. El servidor de aplicaciones del detector de humo ahora puede mandar el mensaje de datos al detector de humo.



Protocolo de red LoRaWAN™

Comunicación de datos del dispositivo final (Clase A)

Mensaje de datos del servidor de aplicaciones



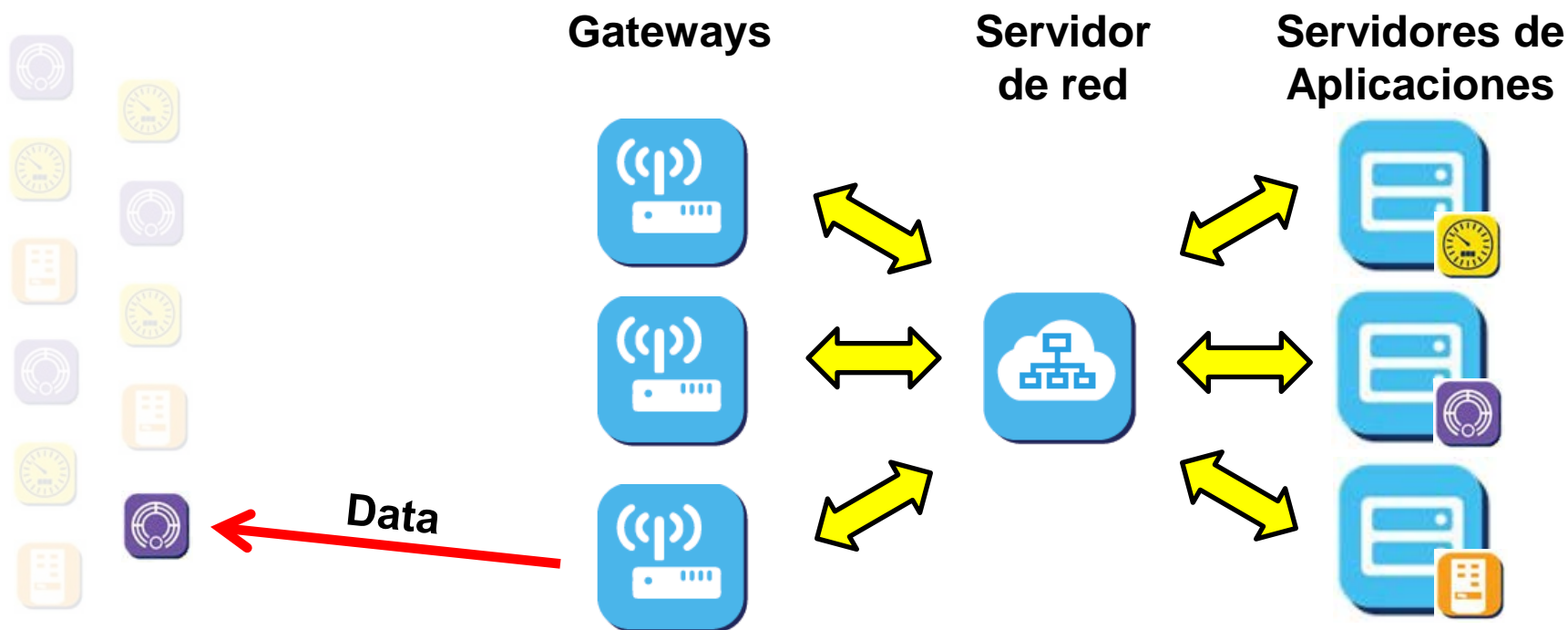
7. El servidor de red manda el mensaje de datos al gateway apropiado.



Protocolo de red LoRaWAN™

Comunicación de datos del dispositivo final (Clase A)

Mensaje de datos del servidor de aplicaciones



8. El mensaje de datos es transmitido al detector de humo durante una de las dos ventanas de recepción.



Sub-Agenda

- **Protocolo de red LoRaWAN™**
 - Modulación de la tecnología LoRa™
 - Como funciona la tecnología LoRaWAN™?
 - Clases de dispositivos finales
 - Activación de dispositivos finales (Joining)
 - Seguridad
 - Comunicación de datos en los dispositivos finales (Clase A)
 - **Adaptive Data Rate (ADR)**

Protocolo de red LoRaWAN™

Adaptive Data Rate (ADR)

- **LoRaWAN puede gestionar**
 - Velocidad de conexión (data rate) y
 - Potencia de salida RF (RF power output)

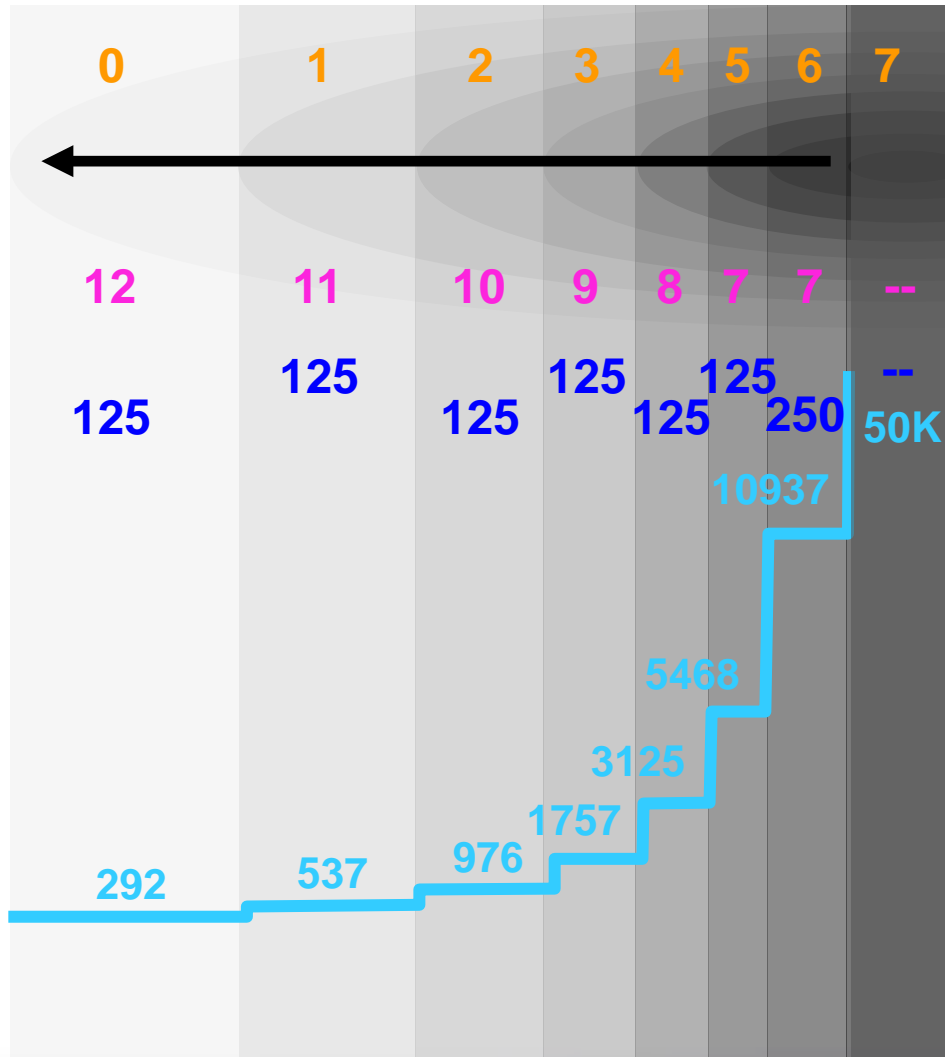
Para cada dispositivo para

- Optimizar la velocidad de datos mas rápida,
- Maximizar la duración de la batería, y
- Maximizar la capacidad de la red

Dependiendo en la distancia del gateway

Protocolo de red LoRaWAN™

Adaptive Data Rate (ADR)



Data Rate (DR)

Range

Spreading Factor (SF)

Bandwidth (BW) (kHz)

Bitrate (BR) (bps)

Note: Se muestran las velocidades de datos Europeos



Resumen

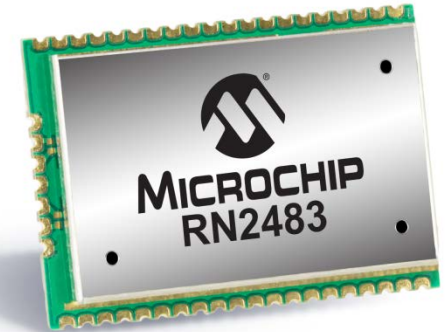
- **Protocolo de red LoRaWAN™**
 - **Modulación de la tecnología LoRa™**
 - **Como funciona la tecnología LoRaWAN™?**
 - **Clases de dispositivos finales**
 - **Activación de dispositivos finales (Joining)**
 - **Seguridad**
 - **Comunicación de datos en los dispositivos finales (Clase A)**
 - **Adaptive Data Rate (ADR)**

Agenda

- Internet of Things (IoT)
- Protocolo de red LoRaWAN™
- **Módulos inalámbricos de la tecnología LoRa™**

Módulos inalámbricos de la tecnología LoRa™

- **RN2483 LoRa™ Technology Transceiver Module**
 - Europeo (EU) 868/433 MHz
 - Módulo de radio evaluado por el R&TTE Directive
 - Potencia TX: hasta +14 dBm
 - Consumo de energía: 1.6 uA en Sleep
- **RN2903 LoRa™ Technology Transceiver Module**
 - Norteamericano (NA) 915 MHz
 - Certificación Modular IC y FCC
 - Potencia TX: hasta +20 dBm
 - Consumo de energía: 2.2 uA en Sleep

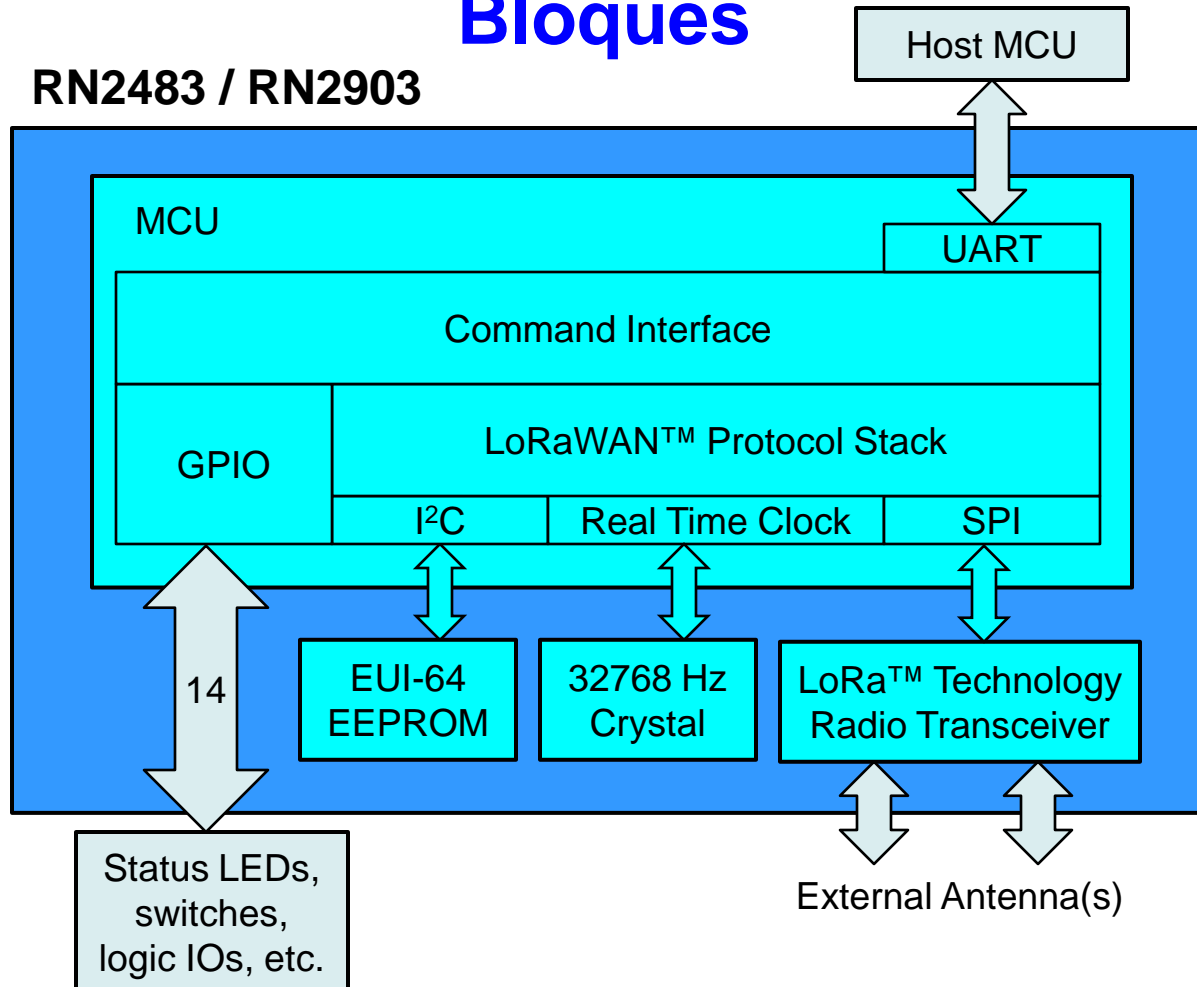


Módulos inalámbricos de la tecnología LoRa™

- **Características Generales**
 - Módulo completamente integrado
 - Stack del protocolo LoRaWAN™ Clase A a bordo
 - **Interfaz de comandos** ASCII a través de UART
 - UART Device Firmware Upgrade (DFU)
 - Cristal y MCU integrados
 - EUI-64 Node Identity Serial EEPROM
 - 14 GPIOs
 - Tamaño: 17.8 x 26.7 x 3 mm

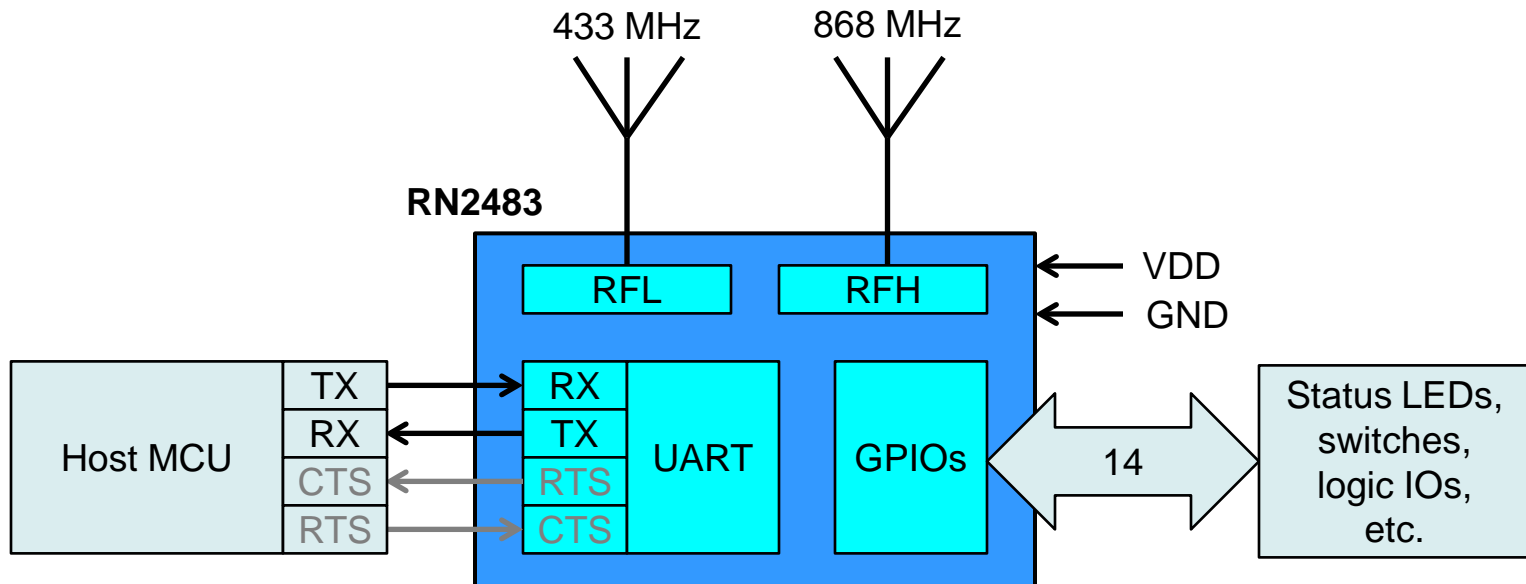
Módulos inalámbricos de la tecnología LoRa™

Diagrama de Bloques



Módulos inalámbricos de la tecnología LoRa™

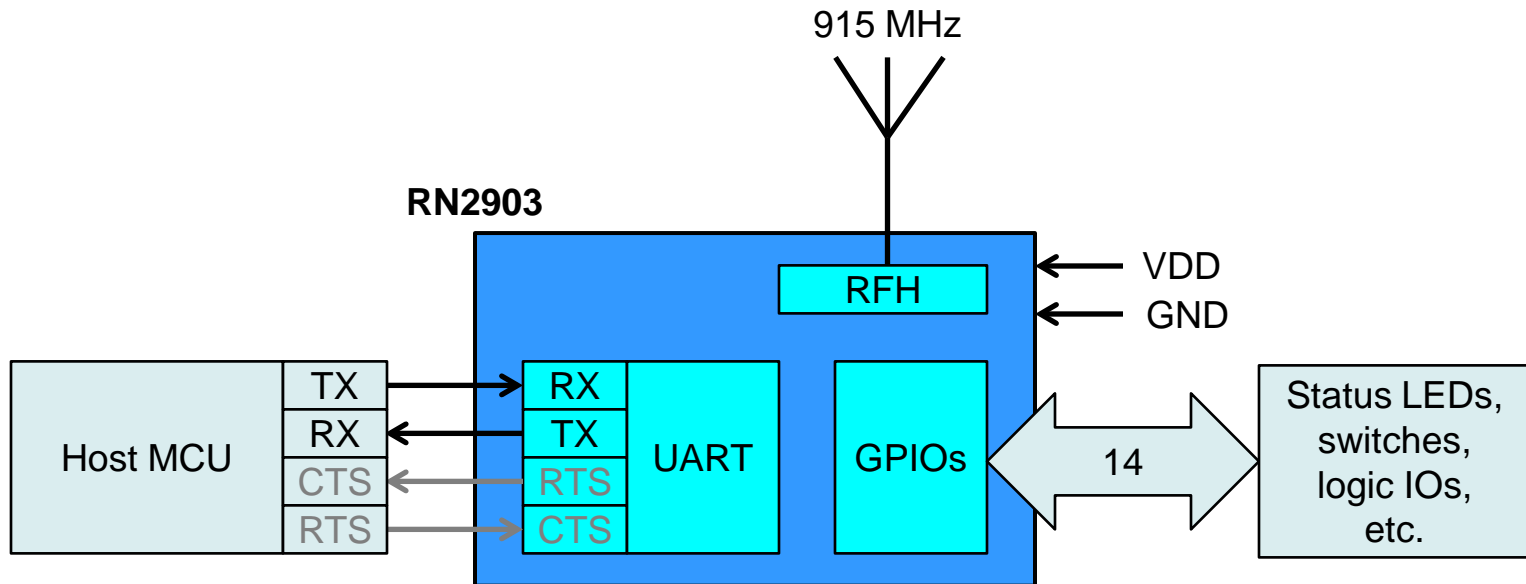
Módulo Transceptor RN2483 de Tecnología LoRa™



Nota: Líneas de control RTS y CTS opcionales se apoyarán en las futuras versiones de firmware

Módulos inalámbricos de la tecnología LoRa™

Módulo Transceptor RN2483 de Tecnología LoRa™



Nota: Líneas de control RTS y CTS opcionales se apoyarán en las futuras versiones de firmware

Módulos inalámbricos de la tecnología LoRa™

Herramientas de Desarrollo



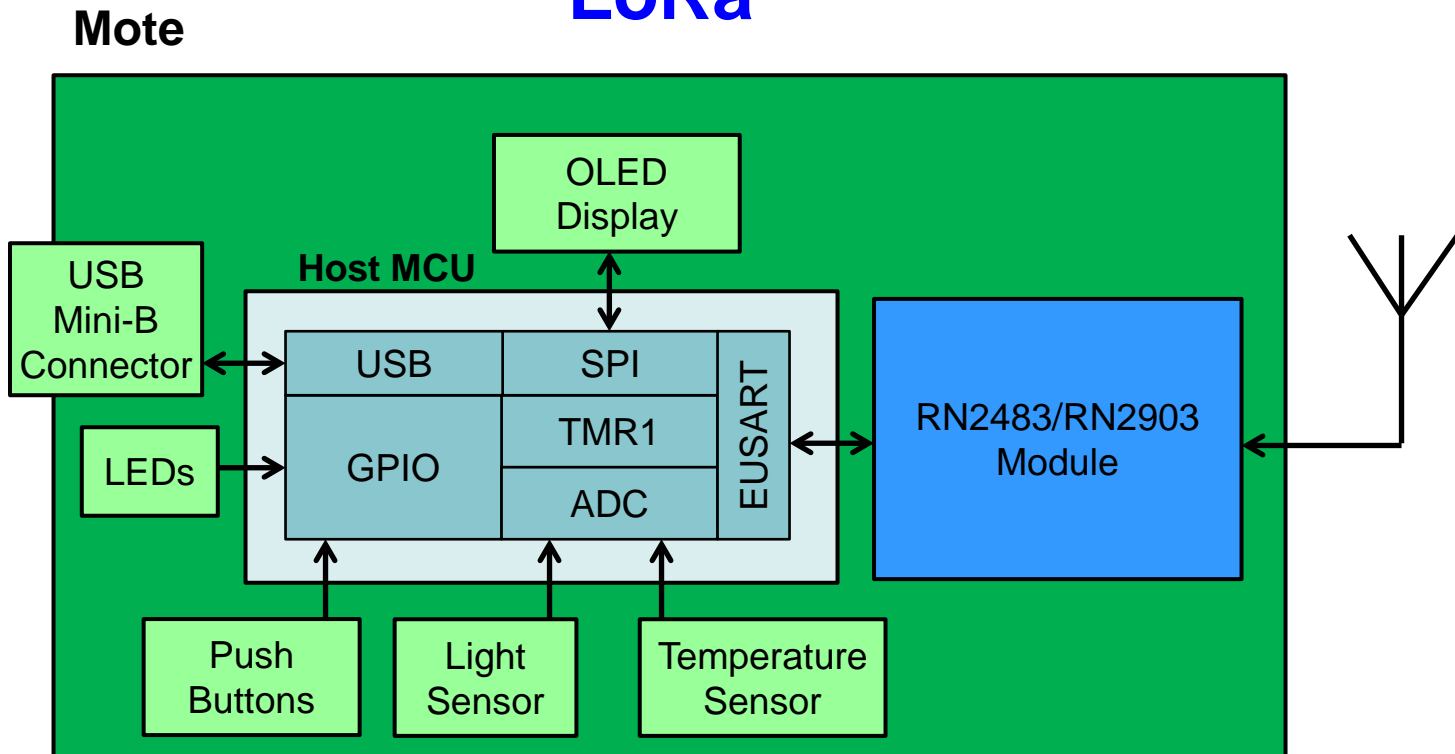
RN-2483-MOTE
RN-2903-MOTE



RN-2483-PICTAIL™
RN-2903-PICTAIL

Módulos inalámbricos de la tecnología LoRa™

Diagrama de Bloques del Mote de Tecnología LoRa™



Módulos inalámbricos de la tecnología LoRa™

- **Interfaz de Control**

- Comunicación UART (TX/RX)
- Baud Rate predeterminada: 57600, 8N1, sin control de flujo
- Apoya la detección automática de Baud

- **Interfaz de Comandos**

- Texto legible por humanos
- Petición de comando => Respuesta(s) de comando
- **Comando de Solicitud** iniciada por el MCU anfitrión
- **Comando de Respuesta** iniciada por el módulo inalámbrico de la tecnología LoRa

Módulos inalámbricos de la tecnología LoRa™

- **Sintaxis de Comandos**

- Palabras clave emitidas, seguidas por parámetros opcionales
- Separadas por un **espacio** en el teclado
- Palabras clave usan mayúsculas y minúsculas
- Parámetros no distinguen entre mayúsculas y minúsculas
- **CR+LF** Comando Delimitador

- **Ejemplo de comando de solicitud:**

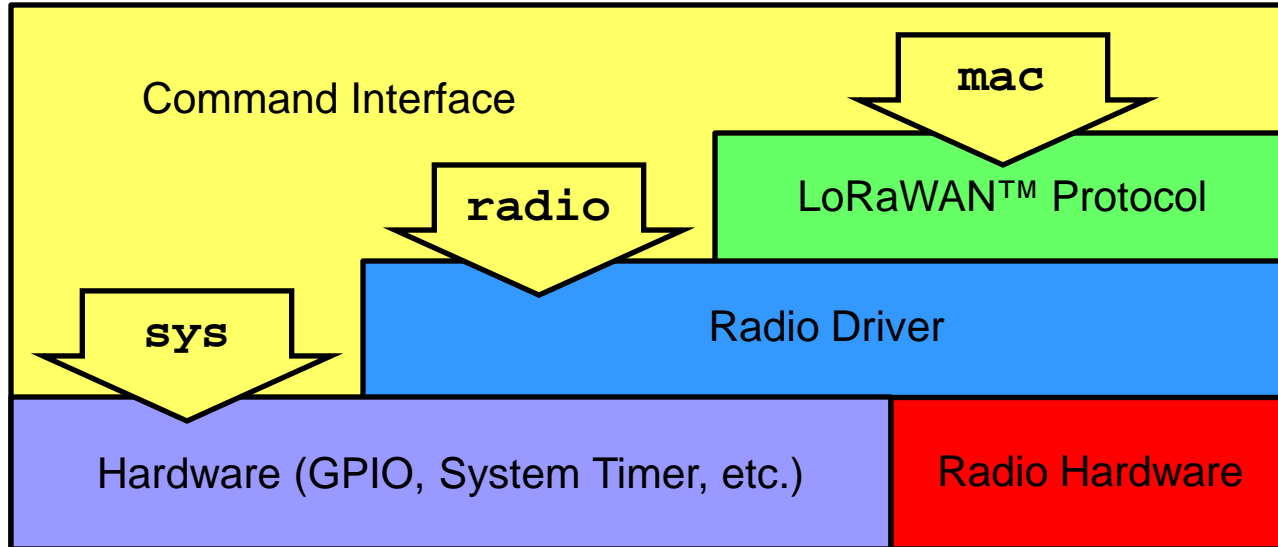
`< mac set devaddr 048E436e\r\n`

- **Ejemplo de comando de respuesta:**

`> ok\r\n`

Módulos inalámbricos de la tecnología LoRa™

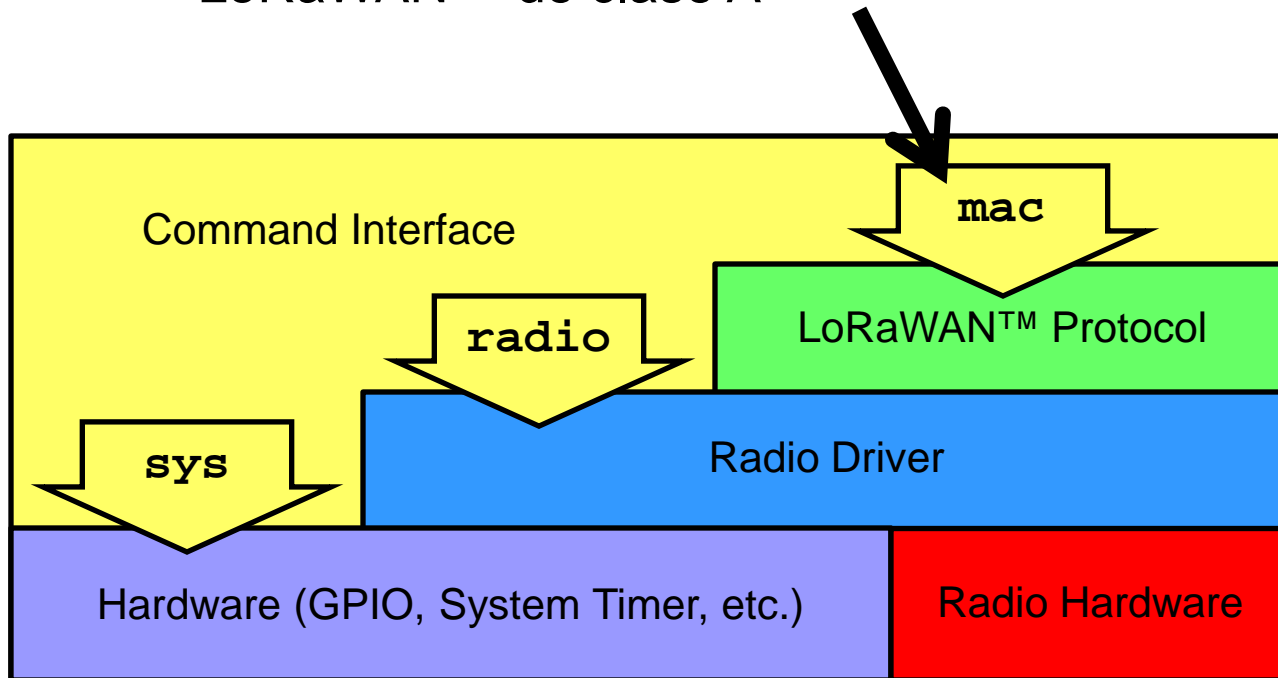
Interfaz de Comandos



Módulos inalámbricos de la tecnología LoRa™

Interfaz de Comandos

mac : Emite los comandos para la comunicación, acciones y configuraciones del protocolo LoRaWAN™ de clase A



Módulos inalámbricos de la tecnología LoRa™

mac : Emite los comandos para la comunicación, acciones y configuraciones del protocolo LoRaWAN™ de clase A

Parameter	Description
reset	Resets the RN2483 module to a specific frequency band.
tx	Sends the data string on a specified port number and sets default values for most of the LoRaWAN parameters.
join	Informs the RN2483 module to join the configured network.
save	Saves LoRaWAN Class A configuration parameters to the user EEPROM.
forceENABLE	Enables the RN2483 module after the LoRaWAN network server commanded the end device to become silent immediately.
pause	Pauses LoRaWAN stack functionality to allow transceiver (radio) configuration.
resume	Restores the LoRaWAN stack functionality.
set	Accesses and modifies specific MAC related parameters.
get	Reads back current MAC related parameters from the module.

LoRa™ Technology Modules

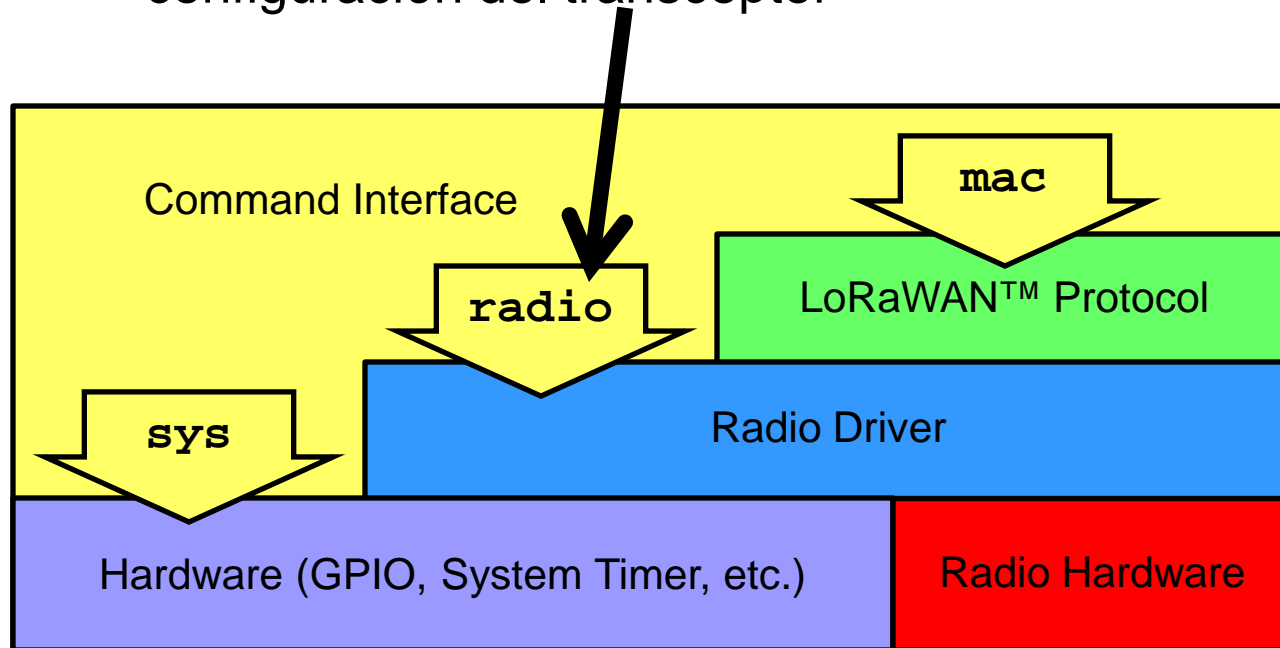
```
< mac set devaddr 048E436E  
> ok
```

```
< mac join abp  
> ok  
> accepted
```

Módulos inalámbricos de la tecnología LoRa™

Interfaz de Comandos

radio : Emite configuraciones de radio específicas, accediendo y actualizando directamente la configuración del transceptor



Módulos inalámbricos de la tecnología LoRa™

radio : Emite configuraciones de radio específicas, accediendo y actualizando directamente la configuración del transceptor

Parameter	Description
rx	This command configures the radio to receive simple radio packets according to prior configuration settings.
tx	This command configures a simple radio packet transmission according to prior configuration settings.
cw	This command will put the module into a Continuous Wave (cw) Transmission for system tuning or certification use.
set	This command allows modification to the radio setting directly. This command allows for the user to change the method of radio operation within module type band limits.
get	This command grants the ability to read out radio settings as they are currently configured.

Note 1: The `mac pause` command must be called before any radio transmission or reception, even if no MAC operations have been initiated before.

Módulos inalámbricos de la tecnología LoRa™

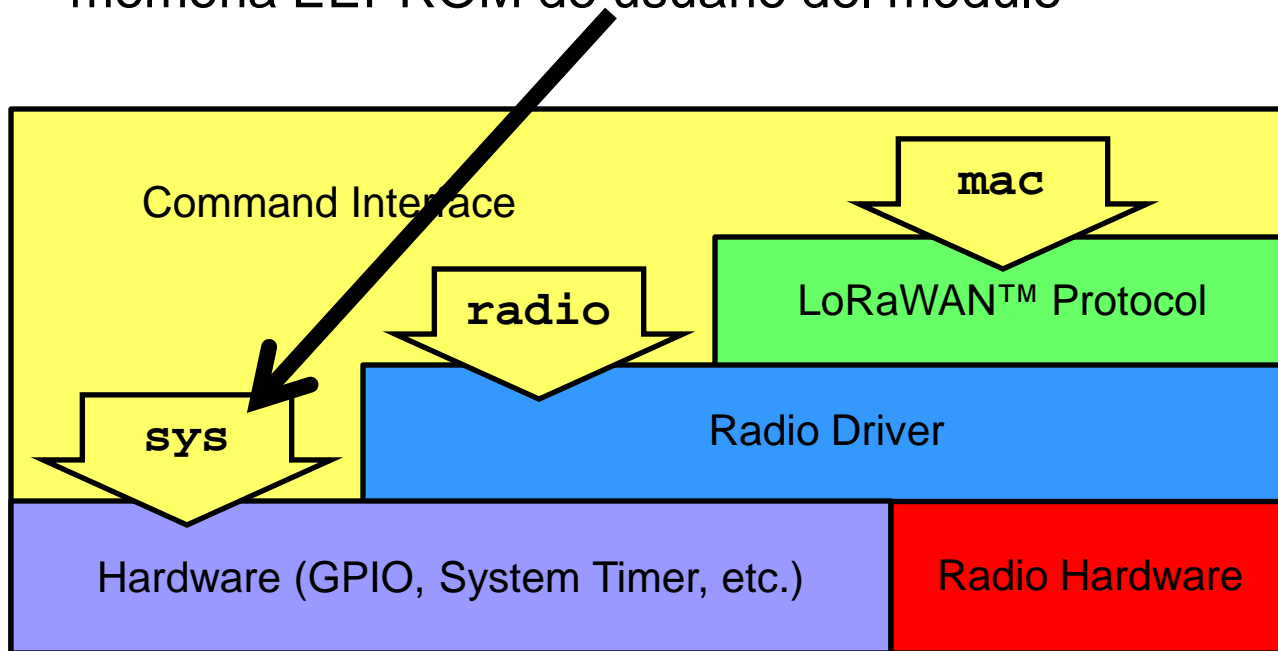
```
< radio cw on  
> ok
```

```
< radio get mod  
> lora
```

Módulos inalámbricos de la tecnología LoRa™

Interfaz de Comandos

sys : Emite acciones de comportamiento a nivel de sistema, reúne información de estado sobre las versiones de firmware y hardware, o accede a la memoria EEPROM de usuario del módulo



Módulos inalámbricos de la tecnología LoRa™

sys : Emite acciones de comportamiento a nivel de sistema, reúne información de estado sobre las versiones de firmware y hardware, o accede a la memoria EEPROM de usuario del módulo

Parameter	Description
sleep	Puts the system in Sleep for a finite number of milliseconds.
reset	Resets and restarts the RN2483 module.
eraseFW	Deletes the current RN2483 module application firmware and prepares it for firmware upgrade. The RN2483 module bootloader is ready to receive new firmware.
factoryRESET	Resets the RN2483 module's configuration data and user EEPROM to factory default values and restarts the RN2483 module.
set ⁽¹⁾	Sets specified system parameter values.
get ⁽¹⁾	Gets specified system parameter values.

Módulos inalámbricos de la tecnología LoRa™

```
< sys sleep 5000
```

```
> ok
```

```
< sys reset
```

```
> RN2483 0.9.5 Mar 24 2015 14:17:03
```

Recursos Adicionales

- <http://loro-alliance.org/>
- <http://www.microchip.com/loro>
- RN2483 Low-Power Long Range LoRa™ Technology Transceiver Module
- RN2483 LoRa™ Technology Module Command Reference User's Guide
- RN2903 Low-Power Long Range LoRa™ Technology Transceiver Module
- RN2903 LoRa™ Technology Module Command Reference User's Guide



¡Gracias!



MICROCHIP

MASTERS 2015

LEGAL NOTICE

SOFTWARE:

You may use Microchip software exclusively with Microchip products. Further, use of Microchip software is subject to the copyright notices, disclaimers, and any license terms accompanying such software, whether set forth at the install of each program or posted in a header or text file.

Notwithstanding the above, certain components of software offered by Microchip and 3rd parties may be covered by “open source” software licenses – which include licenses that require that the distributor make the software available in source code format. To the extent required by such open source software licenses, the terms of such license will govern.

NOTICE & DISCLAIMER:

These materials and accompanying information (including, for example, any software, and references to 3rd party companies and 3rd party websites) are for informational purposes only and provided “AS IS.” Microchip assumes no responsibility for statements made by 3rd party companies, or materials or information that such 3rd parties may provide.

MICROCHIP DISCLAIMS ALL WARRANTIES, WHETHER EXPRESS, IMPLIED, OR STATUTORY, INCLUDING ANY IMPLIED WARRANTIES OF NONINFRINGEMENT, MERCHANTABILITY, AND FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE. IN NO EVENT WILL MICROCHIP BE LIABLE FOR ANY DIRECT OR INDIRECT, SPECIAL, PUNITIVE, INCIDENTAL, OR CONSEQUENTIAL LOSS, DAMAGE, COST, OR EXPENSE OF ANY KIND RELATED TO THESE MATERIALS OR ACCOMPANYING INFORMATION PROVIDED TO YOU BY MICROCHIP OR OTHER THIRD PARTIES, EVEN IF MICROCHIP HAS BEEN ADVISED OF THE POSSIBILITY OF SUCH DAMAGES OR THE DAMAGES ARE FORESEEABLE. PLEASE BE AWARE THAT IMPLEMENTATION OF INTELLECTUAL PROPERTY PRESENTED HERE MAY REQUIRE A LICENSE FROM THIRD PARTIES.

TRADEMARKS:

The Microchip name and logo, the Microchip logo, dsPIC, FlashFlex, flexPWR, JukeBlox, KEELOQ, KEELOQ logo, Kleer, LANCheck, MediaLB, MOST, MOST logo, MPLAB, OptoLyzer, PIC, PICSTART, PIC³² logo, RightTouch, SpyNIC, SST, SST Logo, SuperFlash and UNI/O are registered trademarks of Microchip Technology Incorporated in the U.S.A. and other countries.

The Embedded Control Solutions Company and mTouch are registered trademarks of Microchip Technology Incorporated in the U.S.A.

Analog-for-the-Digital Age, BodyCom, chipKIT, chipKIT logo, CodeGuard, dsPICDEM, dsPICDEM.net, ECAN, In-Circuit Serial Programming, ICSP, Inter-Chip Connectivity, KleerNet, KleerNet logo, MiWi, MPASM, MPF, MPLAB Certified logo, MPLIB, MPLINK, MultiTRAK, NetDetach, Omniscient Code Generation, PICDEM, PICDEM.net, PICkit, PICtail, RightTouch logo, REAL ICE, SQI, Serial Quad I/O, Total Endurance, TSHARC, USBCheck, VariSense, ViewSpan, WiperLock, Wireless DNA, and ZENA are trademarks of Microchip Technology Incorporated in the U.S.A. and other countries.

SQTP is a service mark of Microchip Technology Incorporated in the U.S.A.

Silicon Storage Technology is a registered trademark of Microchip Technology Inc. in other countries.

GestIC is a registered trademarks of Microchip Technology Germany II GmbH & Co. KG, a subsidiary of Microchip Technology Inc., in other countries.

All other trademarks mentioned herein are property of their respective companies.

© 2015, Microchip Technology Incorporated, All Rights Reserved.