



Universidad del Valle de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Departamento de Ciencias de la Computación
CC3067 Redes

Marco Jurado 20308
Cristian Aguirre 20231

Laboratorio 9

Seguridad de la Red

1 Objetivos

- Implementar y simular una posible solución comúnmente vista en proyectos de IoT.
- Conocer y utilizar herramientas de software para aplicaciones de IoT y Edge Computing.
- Resolver las necesidades y problemas requeridos por un proyecto en presencia de restricciones fuera de nuestro control.

2 Preámbulo

En los últimos años hemos experimentado un innegable “boom” en la popularidad del internet y las redes, lo cual nos ha obligado a adaptar y modificar muchas de las técnicas, principios y estándares tradicionales... De las más notables y prometedoras son las tecnologías “**Edge**” y el **Internet de las cosas (IoT)**, las cuales juegan un papel importante en el acelerado crecimiento de la información y de generación de contenido. Las tecnologías Edge y el Internet de las Cosas requieren soluciones más escalables, más eficientes, más distribuidas, y orientadas a microservicios.

Una herramienta que cumple con las características mencionadas anteriormente es **Apache Kafka**. Originalmente desarrollada por LinkedIn y luego adoptada por Apache Software

Foundation y vuelta Open Source, Kafka es una herramienta de streaming de datos distribuida y escalable que se basa en el Patron Publish/Subscribe (Pub/Sub, similar al “clásico” patrón Observador). Kafka pertenece al mundo de los sistemas e implementaciones MOM (Message-Oriented Middleware), o menos formalmente Message Broker o simplemente Broker.

(https://en.wikipedia.org/wiki/Message-oriented_middleware)

Originalmente fue desarrollado e implementado en **Java** y luego en Scala, hoy en día tiene implementaciones en más de 10 lenguajes, como C/C++, Node.js, .NET, Lua, Kotlin, Python, y otros más

(<https://www.confluent.io/blog/12-programming-languages-walk-into-a-kafka-cluster/>).

A continuación unos conceptos básicos de Kafka. Tras bambalinas, se basa en un protocolo TCP de alto rendimiento. Referirse a

<https://kafka.apache.org/documentation/#introduction> para más información:

- **Producer**: Elemento que genera datos y los publica (**Publish**) al Broker.
- **Consumer**: Elemento **suscrito** a mensajes de cierto tipo que provienen de uno o más

Producers.

- **Evento**: un suceso o dato de interés en el contexto del problema/solución, el cual se organiza en temas o **Topics**.
- Los topics se pueden **particionar** y distribuir en varios Brokers, para asegurar una alta disponibilidad y tolerancia a fallos.
- En cada partición hay **segmentos** en los que se escribe hasta que se llene y se cree otro. Los mensajes de un topic con el mismo **key** se almacenan en la misma partición en el mismo orden que se escriben.

Figura 1: Distintos Producers publicando mensajes en diversas particiones de un topic.
(Obtenida de https://kafka.apache.org/documentation/#intro_concepts_and_terms)

3 Desarrollo

El laboratorio será desarrollado en parejas. Toda la evidencia de las fases debe de capturarla y entregarla en láminas de una presentación (PowerPoint, Keynote, Google Slides...). La presentación debe incluir explicación de lo que se hizo y capturas de pantalla de los resultados, así como las respuestas a las preguntas que se hagan en el transcurso de la actividad.

Para el laboratorio pueden utilizar cualquier lenguaje de programación, siempre y cuando tenga una librería o API de Kafka, naturalmente. Estaremos implementando y “emulando” un nodo de sensores en una estación meteorológica. Dichos nodos (las “cosas”) enviarán su telemetría periódicamente a un servidor Kafka en el borde (Edge), del cual luego se consumen datos para desplegar y graficar.

El paso cero sería instalar y configurar un servidor con Apache Kafka, el cual tomará el rol de nuestro Edge Server. Esta parte ya se les provee, por lo que no tienen que instalarlo ustedes; nos enfocaremos en el resto del “stack” IoT de esta implementación.

El servidor se encuentra en el dominio: **lab9.alumchat.xyz**. IP: **157.245.244.105**. Se utiliza el puerto estándar de Kafka (**9092**).

3.1 Simulación de un Sensor

Las estaciones meteorológicas poseen una gran variedad de sensores y datos que miden constantemente. Nuestro nodo tendrá tres tipos de sensores, los cuales poseen los siguientes rangos, tipos y resoluciones de datos:

- Sensor de temperatura (Termómetro)
 - Rango: [0, 100.00]°C. Float de dos decimales.
- Sensor de Humedad Relativa (Higrómetro) ○ Rango: [0, 100]%. Entero.
- Sensor de dirección del viento.
 - {N, NW, W, SW, S, SE, E, NE}

En implementaciones reales dichos sensores son componentes electrónicos, usualmente externos o embebidos, que generan datos en base a principios físicos y sus lecturas. En este laboratorio estaremos simulando los datos mediante generadores de números pseudoaleatorios (random). Para hacerlo más realista y que el despliegue se pueda apreciar mejor, los datos de Temperatura y Humedad Relativa deberán ser generados

siguiendo una Distribución Uniforme (Gaussiana) en el intervalo de [0,100]. En otras palabras deberán muestrear de tal distribución para generar datos que están “centrados” en 50 (grados y %, respectivamente). Mas específico aun: la media deberá ser 50 y la varianza un valor razonable que ustedes consideren.

No hay restricción en la forma en que se generen las mediciones de Dirección de Viento; con una uniforme basta, o la que deseen. Se sugiere fuertemente condensar los datos a una representación tipo SOAP o JSON, dependiendo de su preferencia, para darle mayor modularidad y menos fragilidad al código. Por ejemplo, en el caso de JSON se podría ver algo así:

```
{“temperatura”:56.32, “humedad”:50, “direccion_viento”:”SW”}
```

- *Responda: ¿A qué capa pertenece JSON/SOAP según el Modelo OSI y porque?*

Pertenecen a la capa de aplicación ya que es responsable de la interacción entre las aplicaciones y proporciona servicios de red específicos a las aplicaciones, como la transferencia de datos, autenticación y otras funciones de aplicación.

- *Responda: ¿Qué beneficios tiene utilizar un formato como JSON/SOAP?*

El uso de estos formatos permite tener varios beneficios como interoperabilidad ya que son formatos estándar que son comúnmente utilizados, así mismo son fáciles de leer y escribir, lo que facilita la depuración y el desarrollo. SOAP, aunque más complejo, proporciona un estándar para describir los mensajes y servicios, lo que mejora la comprensión. Ambos formatos permiten la representación de datos estructurados y anidados, lo que es muy útil para transmitir datos complejos en aplicaciones IoT.

3.2 Envío de Datos al Server Edge

Una vez que puedan generar datos es momento de enviarlos a nuestro Kafka Broker.

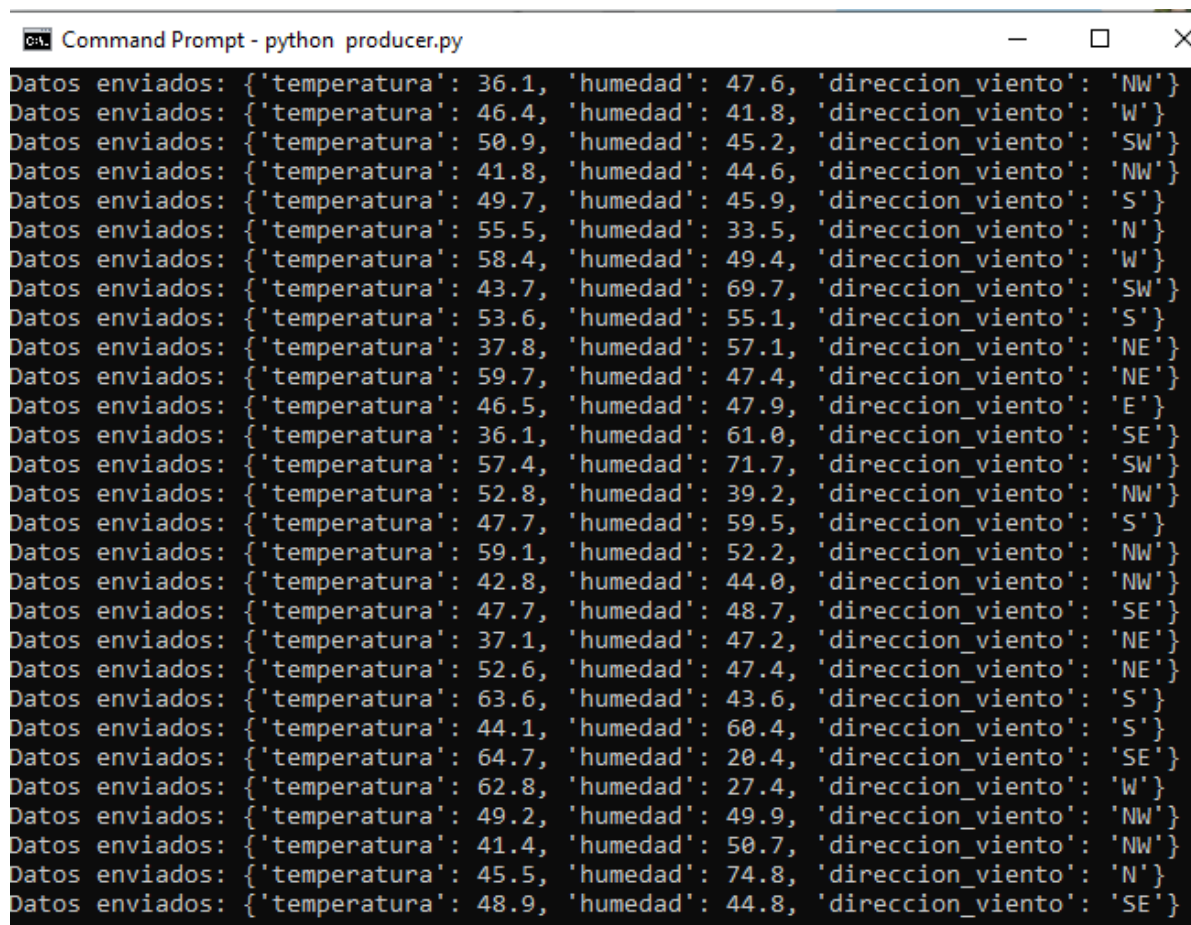
Enviaremos datos entre cada 15 y 30 segundos. Es válido accionar la generación de datos manualmente mientras se prueba y desarrollan las siguientes partes, pero su “Dispositivo IoT” (el rol que cumple el Producer) deberá ser capaz de quedarse corriendo y mandando hasta ser interrumpido. Nuevamente, el servidor se encuentra en la IP: **147.182.206.35**. Se utiliza el puerto estándar de Kafka (**9092**).

Para enviar datos deberán crear un **Kafka Producer**, el cual enviará datos al susodicho **bootstrap server**. Cada pareja deberá enviar datos a un **topic** único, para no cruzar datos

con otras parejas. Para ello, cada pareja puede usar un número de carné de alguno de sus integrantes como topic.

Se debe consultar la documentación del lenguaje de su elección para encontrar la sintaxis específica para ello. Un esqueleto del programa en pseudocódigo puede ser:

```
//importar modulos de kafka
//importar elementos para random, y demas
public static void main(String[]: args){
    //inicializar random seeds, etc
    //crear topic, instanciar demas objetos necesarios
    KafkaProducer producer = new
    KafkaProducer(server='157.245.244.105:9092');
        while(corriendo){
            JSONObject data = generarData().toJSON();//{'temperatura':50.1,
...} producer.send(topic='12345',key='sensor1',...,
value=data.toString(); }
}
```



```
Command Prompt - python producer.py
Datos enviados: {'temperatura': 36.1, 'humedad': 47.6, 'direccion_viento': 'NW'}
Datos enviados: {'temperatura': 46.4, 'humedad': 41.8, 'direccion_viento': 'W'}
Datos enviados: {'temperatura': 50.9, 'humedad': 45.2, 'direccion_viento': 'SW'}
Datos enviados: {'temperatura': 41.8, 'humedad': 44.6, 'direccion_viento': 'NW'}
Datos enviados: {'temperatura': 49.7, 'humedad': 45.9, 'direccion_viento': 'S'}
Datos enviados: {'temperatura': 55.5, 'humedad': 33.5, 'direccion_viento': 'N'}
Datos enviados: {'temperatura': 58.4, 'humedad': 49.4, 'direccion_viento': 'W'}
Datos enviados: {'temperatura': 43.7, 'humedad': 69.7, 'direccion_viento': 'SW'}
Datos enviados: {'temperatura': 53.6, 'humedad': 55.1, 'direccion_viento': 'S'}
Datos enviados: {'temperatura': 37.8, 'humedad': 57.1, 'direccion_viento': 'NE'}
Datos enviados: {'temperatura': 59.7, 'humedad': 47.4, 'direccion_viento': 'NE'}
Datos enviados: {'temperatura': 46.5, 'humedad': 47.9, 'direccion_viento': 'E'}
Datos enviados: {'temperatura': 36.1, 'humedad': 61.0, 'direccion_viento': 'SE'}
Datos enviados: {'temperatura': 57.4, 'humedad': 71.7, 'direccion_viento': 'SW'}
Datos enviados: {'temperatura': 52.8, 'humedad': 39.2, 'direccion_viento': 'NW'}
Datos enviados: {'temperatura': 47.7, 'humedad': 59.5, 'direccion_viento': 'S'}
Datos enviados: {'temperatura': 59.1, 'humedad': 52.2, 'direccion_viento': 'NW'}
Datos enviados: {'temperatura': 42.8, 'humedad': 44.0, 'direccion_viento': 'NW'}
Datos enviados: {'temperatura': 47.7, 'humedad': 48.7, 'direccion_viento': 'SE'}
Datos enviados: {'temperatura': 37.1, 'humedad': 47.2, 'direccion_viento': 'NE'}
Datos enviados: {'temperatura': 52.6, 'humedad': 47.4, 'direccion_viento': 'NE'}
Datos enviados: {'temperatura': 63.6, 'humedad': 43.6, 'direccion_viento': 'S'}
Datos enviados: {'temperatura': 44.1, 'humedad': 60.4, 'direccion_viento': 'S'}
Datos enviados: {'temperatura': 64.7, 'humedad': 20.4, 'direccion_viento': 'SE'}
Datos enviados: {'temperatura': 62.8, 'humedad': 27.4, 'direccion_viento': 'W'}
Datos enviados: {'temperatura': 49.2, 'humedad': 49.9, 'direccion_viento': 'NW'}
Datos enviados: {'temperatura': 41.4, 'humedad': 50.7, 'direccion_viento': 'NW'}
Datos enviados: {'temperatura': 45.5, 'humedad': 74.8, 'direccion_viento': 'N'}
Datos enviados: {'temperatura': 48.9, 'humedad': 44.8, 'direccion_viento': 'SE'}
```

3.3 Consumir y Desplegar Datos Meteorológicos

Una vez se genere data y se esté publicando en Topics de nuestro Kafka Broker es momento de consumirlos y darles utilidad. Para ello usaremos un **Kafka Consumer**, el cual se suscribira a un Topic y escuchara por nuevos mensajes entrantes. El Consumer juega el rol de los elementos que están detrás del Edge, posiblemente en el core o en algún otro componente Edge, o bien alguna herramienta externa. Un pseudocódigo ejemplo del Consumer es el siguiente:

```
from kafka import KafkaConsumer
from kafka import ...
#import random y demas utilidades, modulos, etc. consumer =

KafkaConsumer('12345',group_id='foo2', ..., bootstrap_server='...')

for mensaje in consumer:
    print(mensaje)
    payload = procesarMensaje(mensaje)
    all_temp.append(payload['temperatura'])
    all_hume.append(payload['humedad'])
    all_wind.append(payload['direccion_viento'])

    #graficar, plotear, analizar, etc.
    plotAllData(all_temp, all_hume, all_wind)
```

Se sugiere explorar sobre los distintos parámetros del KafkaConsumer y el KafkaServer. Mediante se vaya recibiendo data, se debe ir graficando la telemetría pasada y entrante en vivo, actualizando el gráfico cada vez que entre un nuevo dato (que será aprox cada 15-30 segundos)

➤ *Responda: ¿Qué ventajas y desventajas considera que tiene este acercamiento basado en Pub/Sub de Kafka?*

Considero que algunas **ventajas** que tiene seria que es altamente escalable, lo que permite manejar grandes volúmenes de datos y aplicaciones con alto rendimiento. Tambien por lo visto en este laboratorio considero que ofrece flexibilidad ya que puede utilizarse para diversos casos de uso, desde registro de eventos hasta procesamiento de datos en tiempo real. Sin mencionar que los datos pueden ser de facil acceso. Por otra parte si hablamos de **desventajas** consideramos que puede ser complejo de configurar y administrar, por lo que requiere de conocimiento especializado.

➤ *Responda: ¿Para qué aplicaciones tiene sentido usar Kafka? ¿Para cuáles no?*

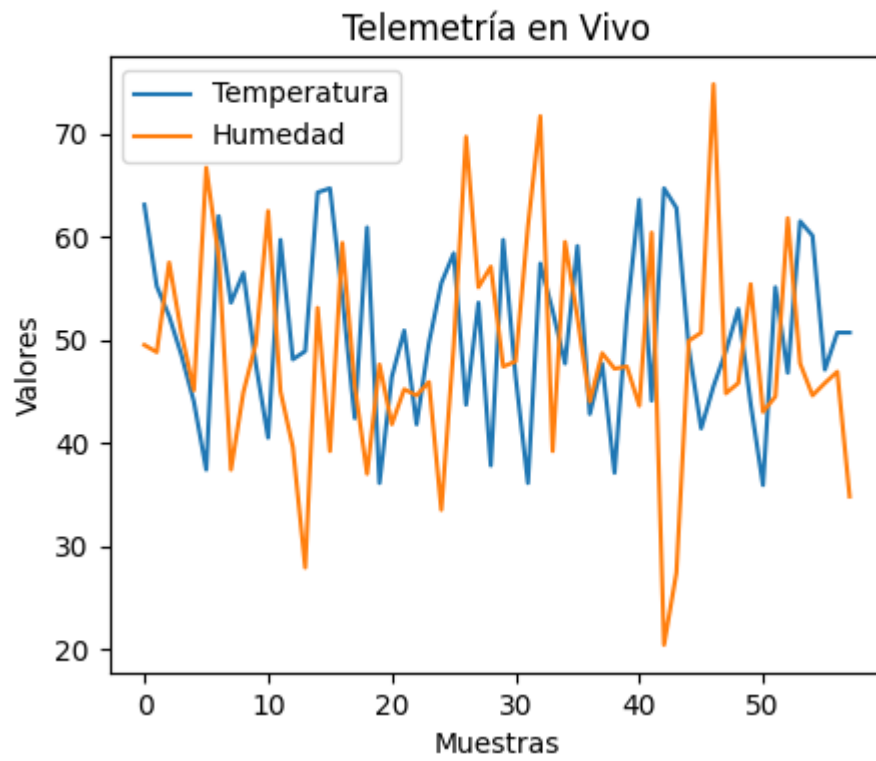
Aplicaciones donde tiene sentido usar Kafka:

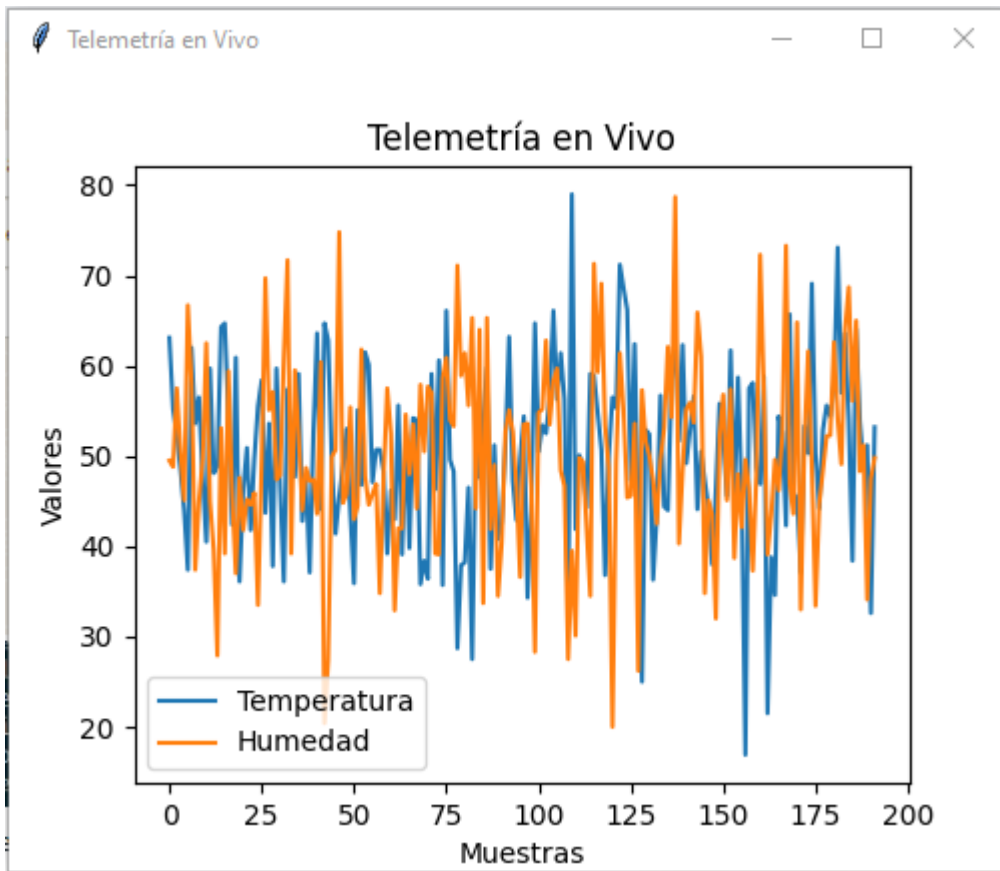
- Proyectos que requieran de procesamiento y análisis en tiempo real de datos, como análisis de registros y monitorización de sistemas.
- Se puede utilizar para gestionar eventos en tiempo real, como la interacción entre jugadores en videojuegos y la administración de servidores de juegos.
- En casos como los vistos en este laboratorio para IoT, en donde se necesita procesar los datos de entrada en tiempo real.
- En proyectos donde se necesita la comunicación entre sistemas distribuidos.

Aplicaciones donde Kafka puede no ser adecuado:

- No es adecuado y útil en proyectos con baja necesidad de procesamiento en tiempo real, pues puede ser un enfoque excesivo e innecesario.
- Para proyectos con recursos limitados, la complejidad y el costo de implementar y administrar Kafka no pueden ser la mejor opción..

```
Command Prompt - python ./consumer.py
Datos recibidos: {'temperatura': 43.7, 'humedad': 69.7, 'direccion_viento': 'SW'}
Datos recibidos: {'temperatura': 53.6, 'humedad': 55.1, 'direccion_viento': 'S'}
Datos recibidos: {'temperatura': 37.8, 'humedad': 57.1, 'direccion_viento': 'NE'}
Datos recibidos: {'temperatura': 59.7, 'humedad': 47.4, 'direccion_viento': 'NE'}
Datos recibidos: {'temperatura': 46.5, 'humedad': 47.9, 'direccion_viento': 'E'}
Datos recibidos: {'temperatura': 36.1, 'humedad': 61.0, 'direccion_viento': 'SE'}
Datos recibidos: {'temperatura': 57.4, 'humedad': 71.7, 'direccion_viento': 'SW'}
Datos recibidos: {'temperatura': 52.8, 'humedad': 39.2, 'direccion_viento': 'NW'}
Datos recibidos: {'temperatura': 47.7, 'humedad': 59.5, 'direccion_viento': 'S'}
Datos recibidos: {'temperatura': 59.1, 'humedad': 52.2, 'direccion_viento': 'NW'}
Datos recibidos: {'temperatura': 42.8, 'humedad': 44.0, 'direccion_viento': 'NW'}
Datos recibidos: {'temperatura': 47.7, 'humedad': 48.7, 'direccion_viento': 'SE'}
Datos recibidos: {'temperatura': 37.1, 'humedad': 47.2, 'direccion_viento': 'NE'}
Datos recibidos: {'temperatura': 52.6, 'humedad': 47.4, 'direccion_viento': 'NE'}
Datos recibidos: {'temperatura': 63.6, 'humedad': 43.6, 'direccion_viento': 'S'}
Datos recibidos: {'temperatura': 44.1, 'humedad': 60.4, 'direccion_viento': 'S'}
Datos recibidos: {'temperatura': 64.7, 'humedad': 20.4, 'direccion_viento': 'SE'}
```





3.4 IoT en Entornos con Restricciones

En algunos entornos más complicados o remotos, como es el caso de nuestra estación, surgen diversos retos y restricciones que determinan fuertemente el diseño de nuestro protocolo/estructura de mensaje/etc. En redes IoT como LoRa y Sigfox una de esas limitaciones es el tamaño de la Carga Útil de un paquete enviado (payload).

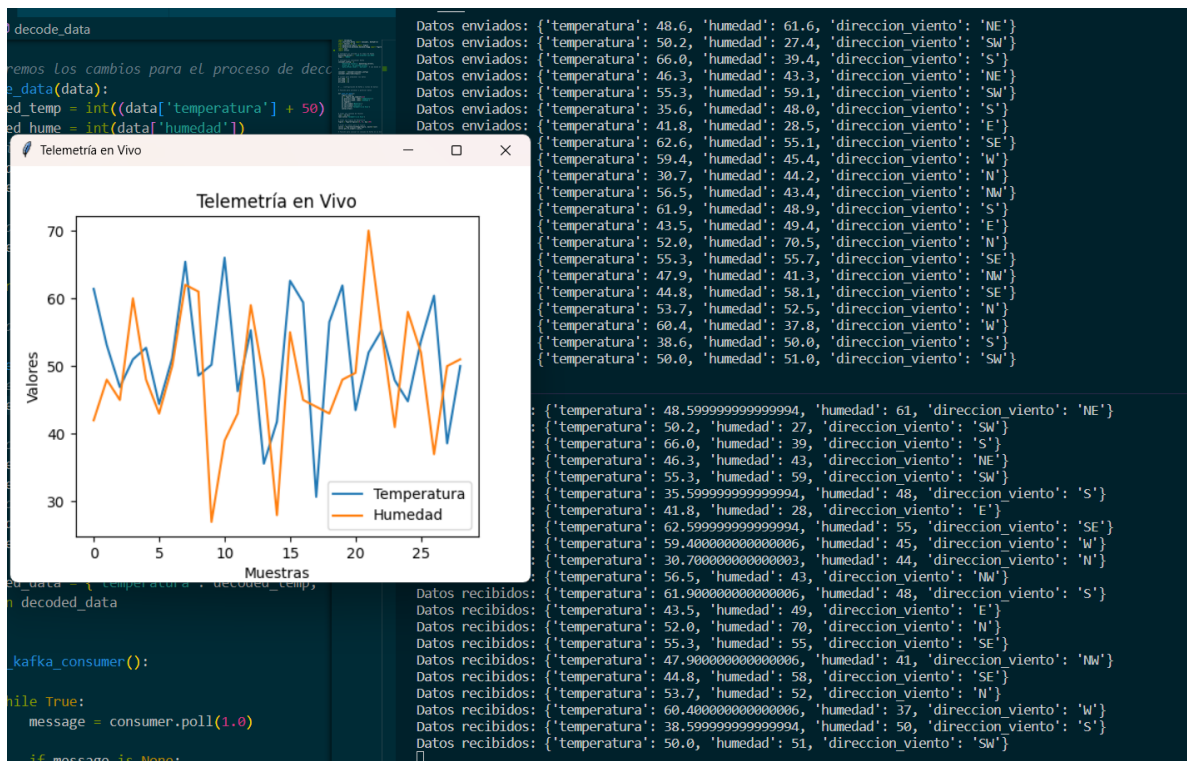
Modifique su código para adaptarlo a la siguiente restricción: el tamaño máximo de mensaje (payload) a enviar es de 3 bytes (24 bits). Recordemos que un Char pesa un byte, por lo que nuestro mensaje debe caber dentro de 3 caracteres (“aF!”, “=~Z”, etc...). Debemos entonces **codificar** y **decodificar** nuestros mensajes antes de enviarlos y luego de recibirlos.

Debe evidenciar en su Presentación que se logró lo mismo de los pasos anteriores (envío, consumo, despliegue) pero ahora con la restricción de payload.

Como podrán ver, ahora “cada bit cuenta”. A continuación algunos tips muy importantes:

- Implementar una función Encode (JSON to Bytes) y una Decode (Bytes to JSON) para el propósito.
- La temperatura en punto flotante es un gran problema. Solo el tipo de dato float ocupa 4 bytes (!), por lo que hay que usar nuestro ingenio para lograr que quepa.
- La humedad es un dato entero, entre 0-100, por lo que cabría en 7 bits mínimo.
- La dirección del viento es un valor categórico con 8 posibles opciones. Cabe en 3 bits mínimo.
- De los 24 bits nos quedan ahora 14... aca viene la pista importante:
 - Cuanto es 2^{14} ?
 - Observe detenidamente el rango de valores posibles de temperatura, especialmente el máximo valor posible.
 - Vuelva a observar ese valor máximo detenidamente y compárelo con los 14 bits que nos quedan. ¿Cómo podemos hacer que quepa ahí?

Luego de realizar los cambios en el código obtenemos los siguientes resultados en los gráficos:



Aquí se muestra el proceso de encoding and decoding en los procesos de comunicación entre producer y consumer:

```

58 # aquí haremos los cambios para el proceso de decode y encode para el ejercicio 3.4
59 def encode_data(data):
60     encoded_temp = int((data['temperatura'] + 50) * 100) # Rango de temperatura: -50 a 50
61     encoded_hume = int(data['humedad'])
62     # Codificar la dirección del viento
63     wind_directions = ['N', 'NW', 'W', 'SW', 'S', 'SE', 'E', 'NE']
64     encoded_wind = wind_directions.index(data['direccion_viento'])
65
66     # Empaquetar los datos en 3 bytes (24 bits)
67     encoded_data = struct.pack('>HBB', encoded_temp, encoded_hume, encoded_wind)
68
69     return encoded_data
70
71 # ... (código existente)
72
73 def decode_data(encoded_data):
74     # Desempaquetar los datos
75     decoded_temp, decoded_hume, decoded_wind = struct.unpack('>HBB', encoded_data)
76
77     # Decodificar los datos
78     decoded_temp = (decoded_temp / 100) - 50 # Deshacer la codificación de temperatura
79     decoded_hume = int(decoded_hume)
80     # Decodificar la dirección del viento
81     wind_directions = ['N', 'NW', 'W', 'SW', 'S', 'SE', 'E', 'NE']
82     decoded_wind = wind_directions[decoded_wind]
83
84     decoded_data = {'temperatura': decoded_temp, 'humedad': decoded_hume, 'direccion_viento': decoded_wind}
85     return decoded_data
86

```

```

19 # aquí vamos a poner la parte nueva de código para el ejercicio 3.4 donde codificamos la data
20 def encode_data(data):
21     encoded_temp = int((data['temperatura'] + 50) * 100) # Rango de temperatura: -50 a 50
22     encoded_hume = int(data['humedad'])
23     # Codificar la dirección del viento
24     wind_directions = ['N', 'NW', 'W', 'SW', 'S', 'SE', 'E', 'NE']
25     encoded_wind = wind_directions.index(data['direccion_viento'])
26
27     # Empaquetar los datos en 3 bytes (24 bits)
28     encoded_data = struct.pack('>HBB', encoded_temp, encoded_hume, encoded_wind)
29
30     return encoded_data

```

- *Respuesta: ¿Qué complejidades introduce el tener un payload restringido (pequeño)?*
Dado que el tamaño reducido nos deja relativamente poco espacio para trabajar y enviar los datos, tenemos que manejar mejor la información verdaderamente útil y codificarla para cumplir con el requerimiento. Debemos de tener una codificación bastante compacta y eficiente.
- *Respuesta: ¿Cómo podemos hacer que el valor de temperatura quepa en 14 bits?*

Hay que tener un rango de compresión mucho mayor para que la información de la temperatura quepa en los 14 bits. Con la ayuda de la librería de struct es relativamente sencillo el proceso.

- *Responda: ¿Qué sucedería si ahora la humedad también es tipo float con un decimal? ¿Qué decisiones tendríamos que tomar en ese caso?*

En este caso se puede hacer un cambio en el formato de la humedad a modo que se reduzca la cantidad de números que entran en un bit. En este caso podemos dividir en partes el número para que la parte entera y la parte decimal se repartan y se pueda tener la información necesaria en los bits.

- *Responda: ¿Qué parámetros o herramientas de Kafka podrían ayudarnos si las restricciones fueran aún más fuertes?*

En este caso existen opciones pero de las que logramos investigar y que se observan relativamente sencillas y útiles de aplicar tenemos:

- *Configurar tipos de compresión y rate de compresión para ser más fuerte y estricto*
- *Hacer particiones más compactas eliminando duplicados.*

4 Entregar en Canvas

- La presentación con la evidencia de las fases, explicaciones, capturas de pantalla y respuesta a las preguntas (se puede imprimir a PDF).
- Todo el código implementado en el Laboratorio. Idealmente en un archivo comprimido (.zip, .rar).