



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



## CENTRO DE POSGRADOS

### MAESTRÍA EN GESTIÓN DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN E INTELIGENCIA DE NEGOCIOS

**TEMA: IMPLEMENTACIÓN DE UNA APLICACIÓN DE BUSINESS INTELLIGENCE  
PARA ANALIZAR LA EFICIENCIA EN EL CONSUMO DE ENERGÍA DE  
DISPOSITIVOS MÓVILES UTILIZANDO SMART PLUG Y PLATAFORMA IoT EN LA  
NUBE.**

**Autora:** Ing. Simbaña García, Verónica Elizabeth

**Director:** Msc. Raura Ruiz, Jorge Geovanny

Sangolquí, Diciembre 2022

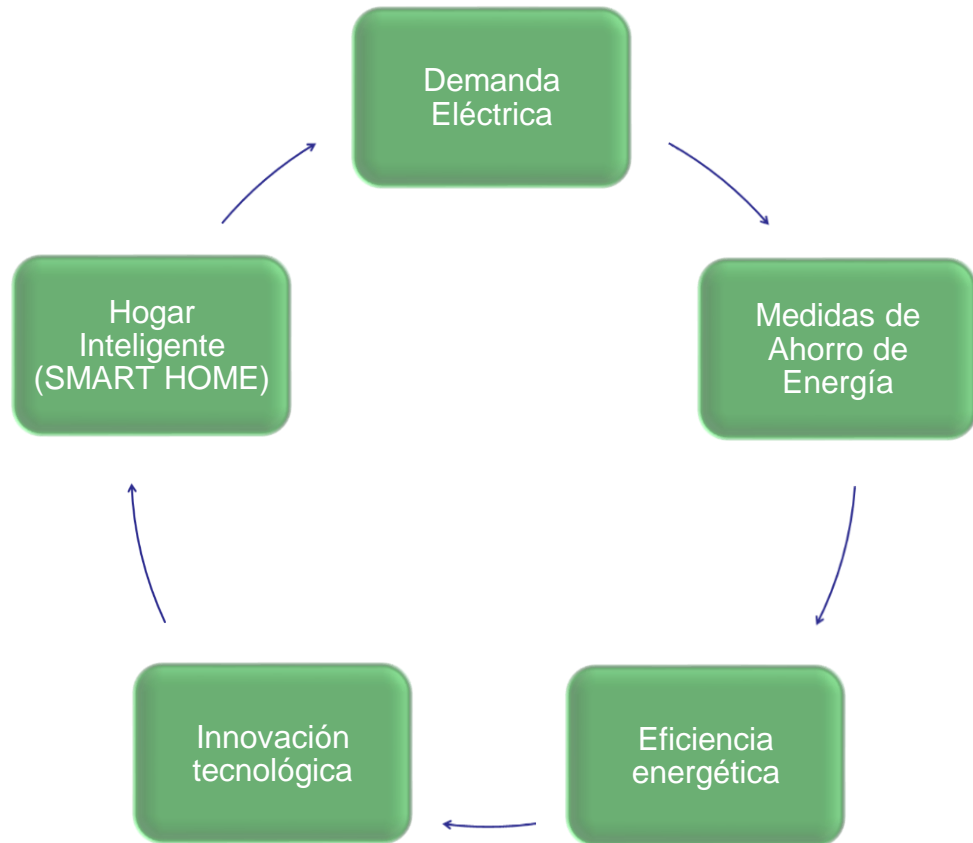


# CONTENIDO

- 1 • Antecedentes
- 2 • Contexto del problema
- 3 • Objetivos
- 4 • Metodología
- 5 • Construcción de la Solución
- 6 • Conclusiones y Recomendaciones



# ANTECEDENTES



# CONTEXTO DEL PROBLEMA



Agencia de  
**Regulación y Control**  
de Electricidad



Demanda Anual de  
Energía Eléctrica.

Incremento de  
consumo de  
energía eléctrica en  
los hogares.

Los dispositivos  
tecnológicos son  
parte importante en  
la vida cotidiana.

Duración de las  
baterías en los  
equipos  
tecnológicos.



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

## OBJETIVOS

### OBJETIVO GENERAL

- Implementar una aplicación de Business Intelligence para analizar la eficiencia en el consumo de energía de dispositivos móviles utilizando Smart Plugs y una plataforma IoT en la nube.



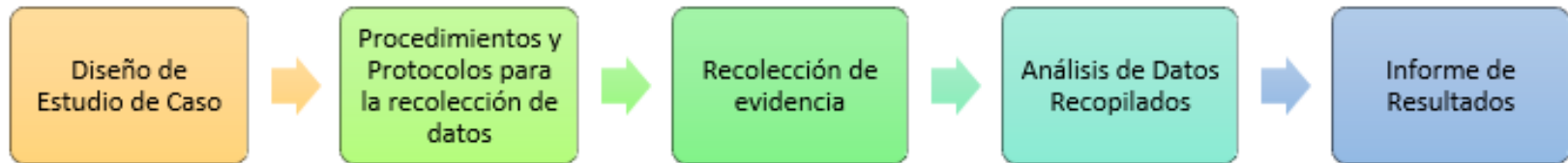
## OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- **OE1:** Realizar una revisión de la literatura que determine posibles soluciones y recomendaciones existentes sobre la eficiencia en el consumo de energía utilizando Smart Plugs y plataformas IoT en la nube como: Grafana, OpenHub y Fiware
- **OE2:** Desarrollar una aplicación de Business Intelligence con arquitectura IoT en la nube que permita la captura de datos de descarga de batería en tiempo real.
- **OE3:** Evaluar los resultados obtenidos mediante un modelo de Business Intelligence utilizando Dashboard de serie temporales para verificar la eficiencia en el consumo de energía y optimización de carga de batería en los dispositivos móviles.



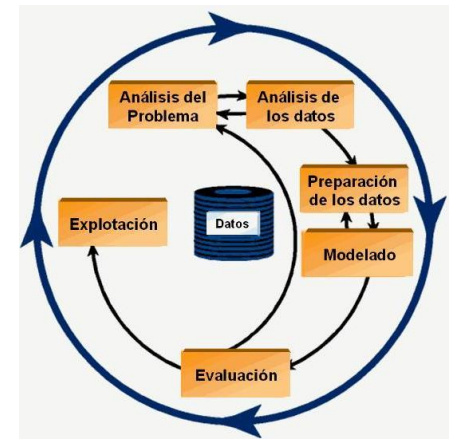
# METODOLOGÍA

**Metodología de estudio de caso** definida por Per Runeson y Martin Host para Ingeniería de Software la cual se encuentra basada en la Metodología de Investigación según YIN.



## Metodología de minería de datos CRISP – DM.

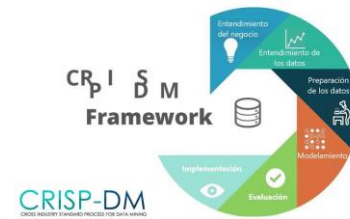
Es una metodología de minería de datos utilizada para el desarrollo de proyectos analíticos.



# CONSTRUCCIÓN DE LA SOLUCIÓN

Metodología de minería de datos CRISP-DM.

## Comprensión del Negocio





## Comprensión de los datos



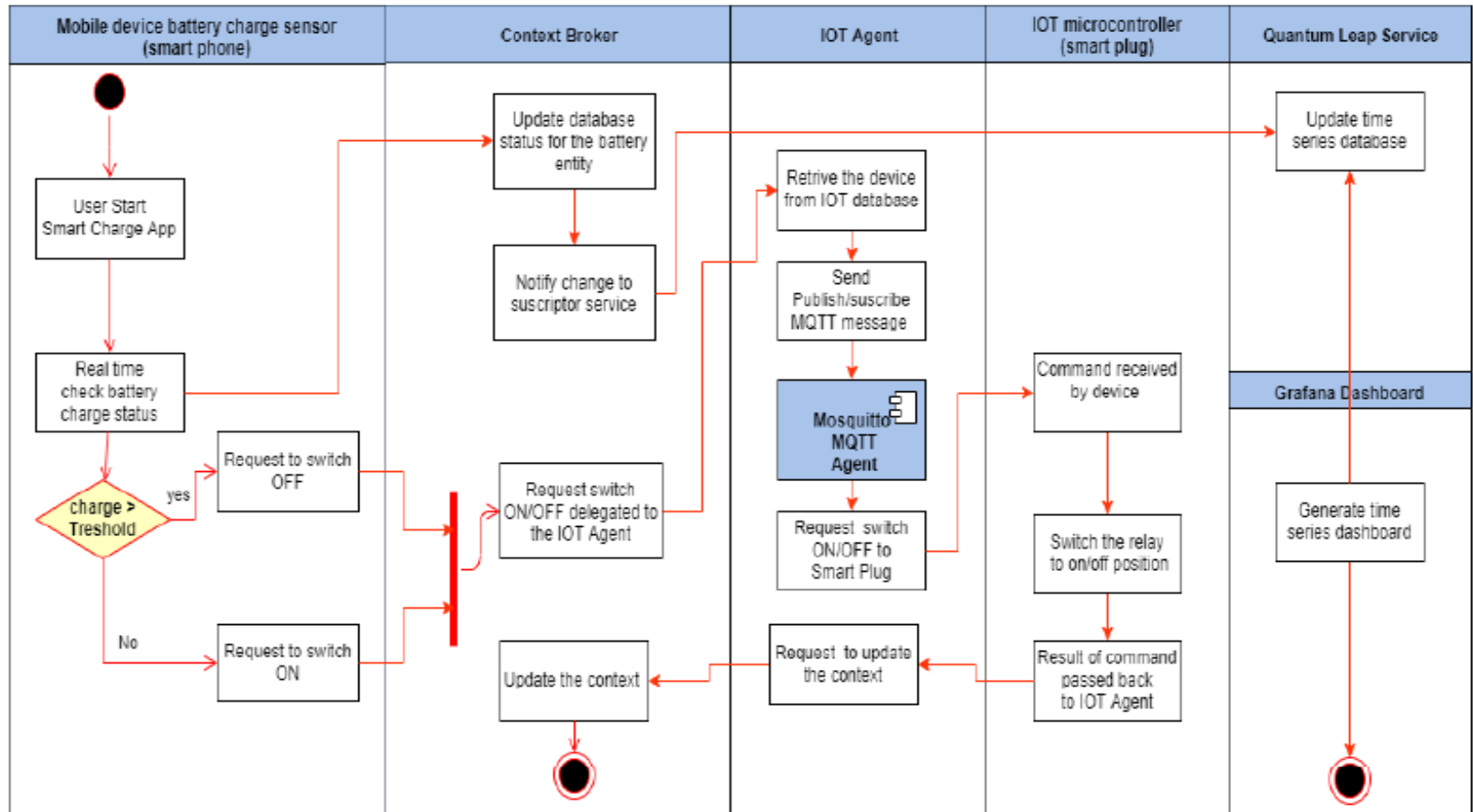
La comprensión de los datos se divide en las siguientes tareas:

### ➤ **Recopilación inicial de datos**

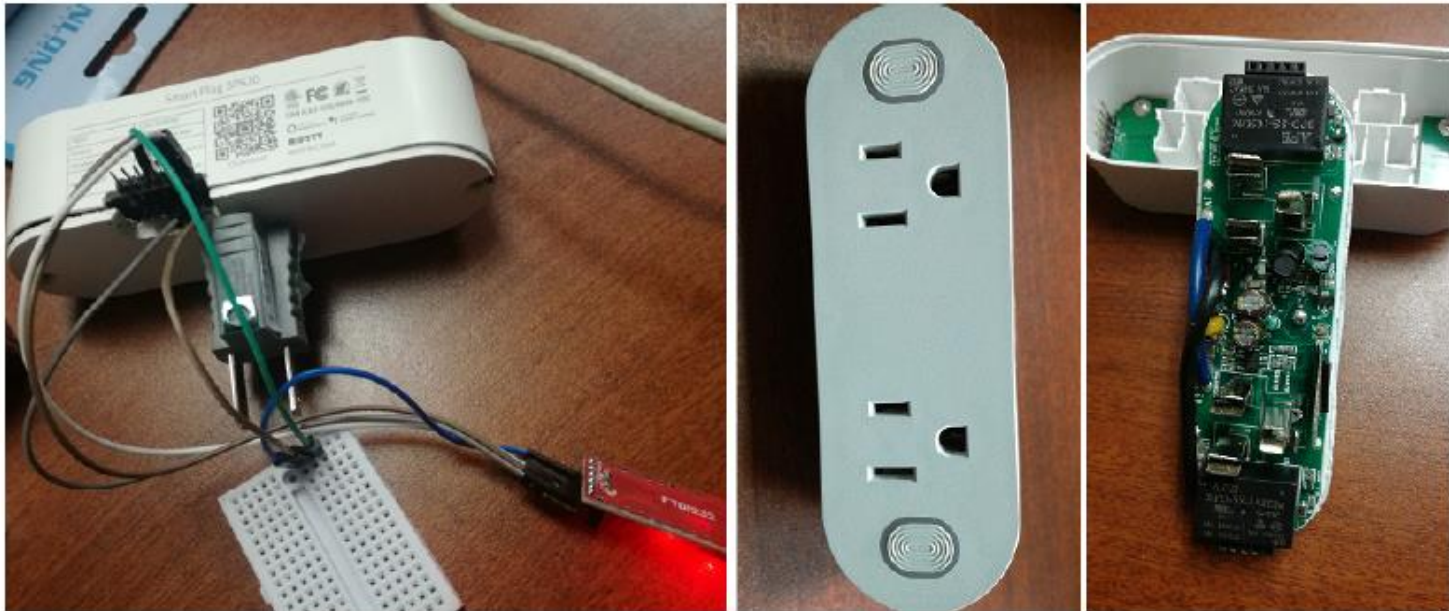
Para obtener los datos de consumo energético, se tomó un prototipo previamente desarrollado denominado “BatteryService”.



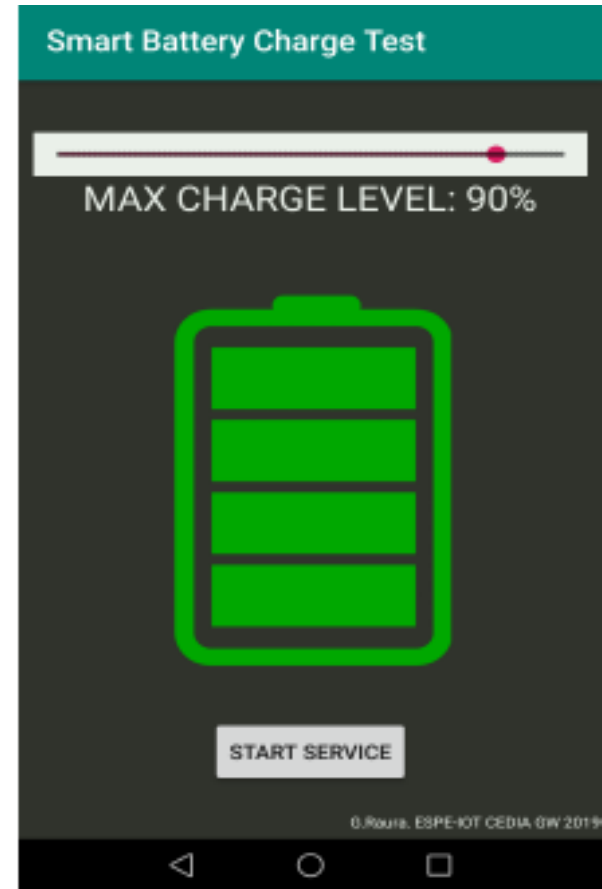
# MODELO DEL PROTOTIPO UTILIZADO



Para obtener los datos del consumo de batería de los dispositivos móviles se realizó la reprogramación del enchufe inteligente usando un convertidor TTL



# INTERFAZ DE USUARIO DEL PROTOTIPO



<b>Dispositivo</b>	<b>Sistema Operativo</b>
Samsung SM-A505F	Android
Samsung SM-G9600	Android
Xiaomi Redmi 7	Android
Samsung SM-A600GN	Android
Xiaomi MI 8 Lite	Android
HUAWEI VNS-L31	Android
Xiaomi Redmi 8	Android
Samsung SM-P550	Android

## **Dispositivos móviles registrados para el estudio**



## Cantidad de datos recolectados por dispositivo móvil.

Dispositivo	Datos Recolectados
Samsung SM-A505F	65
Samsung SM-G9600	109
Xiaomi Redmi 7	54
Samsung SM-A600GN	1515
Xiaomi MI 8 Lite	450
HUAWEI VNS-L31	577
Xiaomi Redmi 8	4
Samsung SM-P550	19
<b>Total</b>	<b>2793</b>



## Datos importados a la herramienta CRATE DB

Resultado de consulta				<	1 / 56	>
chargelevel	dateobserved	deviceinfo	entity_id			
91	1568739600000 (2019-09-17T17:00:00.000Z)	HUAWEI VNS-L31	urn:ngsi-ld:BatteryInfo:01			
90	1568739600000 (2019-09-17T17:00:00.000Z)	HUAWEI VNS-L31	urn:ngsi-ld:BatteryInfo:01			
48	1568739600000 (2019-09-17T17:00:00.000Z)	HUAWEI VNS-L31	urn:ngsi-ld:BatteryInfo:01			
18	1568739600000 (2019-09-17T17:00:00.000Z)	HUAWEI VNS-L31	urn:ngsi-ld:BatteryInfo:01			
41	1568739600000 (2019-09-17T17:00:00.000Z)	HUAWEI VNS-L31	urn:ngsi-ld:BatteryInfo:01			
22	1568739600000 (2019-09-17T17:00:00.000Z)	HUAWEI VNS-L31	urn:ngsi-ld:BatteryInfo:01			
31	1568739600000 (2019-09-17T17:00:00.000Z)	HUAWEI VNS-L31	urn:ngsi-ld:BatteryInfo:01			
33	1568739600000 (2019-09-17T17:00:00.000Z)	HUAWEI VNS-L31	urn:ngsi-ld:BatteryInfo:01			



## Preparación de los datos

La fase de preparación de los datos se agrupa en los siguientes procesos:

- Selección
- Limpieza
- Generación de variables
- Cambios de formato

## Selección de los datos

```
datos_crate_1 <-  
dbGetQuery(con, "SELECT chargelevel,deviceinfo,time_index from battcontroller")  
install.packages("tseries")  
install.packages("tidyverse")  
install.packages("astsa")  
install.packages("forecast")  
install.packages("foreing")  
install.packages("quantmod")  
install.packages("dplyr")  
install.packages("caret")
```

**Instalación de paquetes y  
librerías**



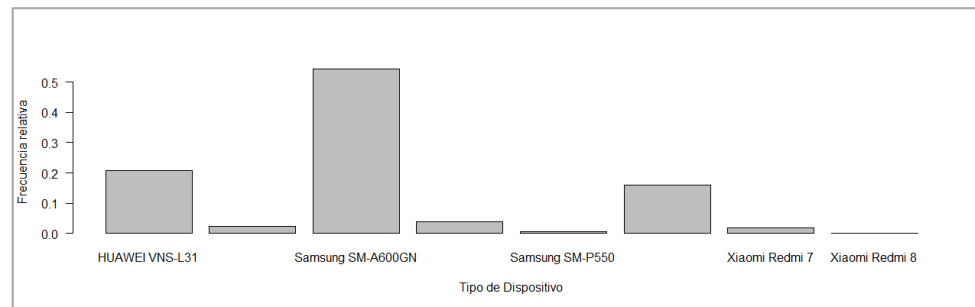
**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



chargelevel	deviceinfo	time_index	lat	lon
86	HUAWEI VNS-L31	2020-04-22 19:26:08	-0.3001297	-78.47561
79	HUAWEI VNS-L31	2020-04-22 20:26:01	-0.3001153	-78.47559
49	HUAWEI VNS-L31	2020-04-23 00:51:07	-0.3001097	-78.47559
44	HUAWEI VNS-L31	2020-04-23 01:29:03	-0.3001097	-78.47559
55	HUAWEI VNS-L31	2020-04-23 00:09:11	-0.3001101	-78.47560
9	HUAWEI VNS-L31	2020-04-23 05:51:26	-0.3001209	-78.47558
29	HUAWEI VNS-L31	2020-04-23 03:35:51	-0.3001113	-78.47560

## Selección de variables a analizar

## Exploración de los datos de los dispositivos móviles



## Estructuración, Integración y Formateo de datos

### Formato al campo Fecha – Hora

```
datos_battery_1[, "Anio"] <- year(datos_battery_1$Fecha_Hora)
datos_battery_1[, "Mes"] <- month(datos_battery_1$Fecha_Hora)
datos_battery_1[, "Dia"] <- day(datos_battery_1$Fecha_Hora)
datos_battery_1[, "Hora"] <- hour(datos_battery_1$Fecha_Hora)
datos_battery_1[, "Minuto"] <- minute(datos_battery_1$Fecha_Hora)
datos_battery_1[, "Segundo"] <- second(datos_battery_1$Fecha_Hora)
```

### Agrupamiento por fechas

```
tabla_agrupacion <- aggregate(datos_bateria$chargelevel,
                               list(datos_bateria$deviceinfo, datos_bateria$Anio,
                                     datos_bateria$Mes, datos_bateria$Dia, datos_bateria$Hora),
                               FUN = mean)
```



## Creación del dataframe de salida de información

```
Promedio_Carga <-  
data.frame(make_datetime(tabla_promedios_hora$Anio, tabla_promedios_hora$Mes,  
                          tabla_promedios_hora$Dia, tabla_promedios_hora$Hora))  
names(Promedio_Carga) <- c("Fecha")  
Promedio_Carga [, "CargaPromedio"] <- tabla_promedios_hora$Carga_Promedio
```

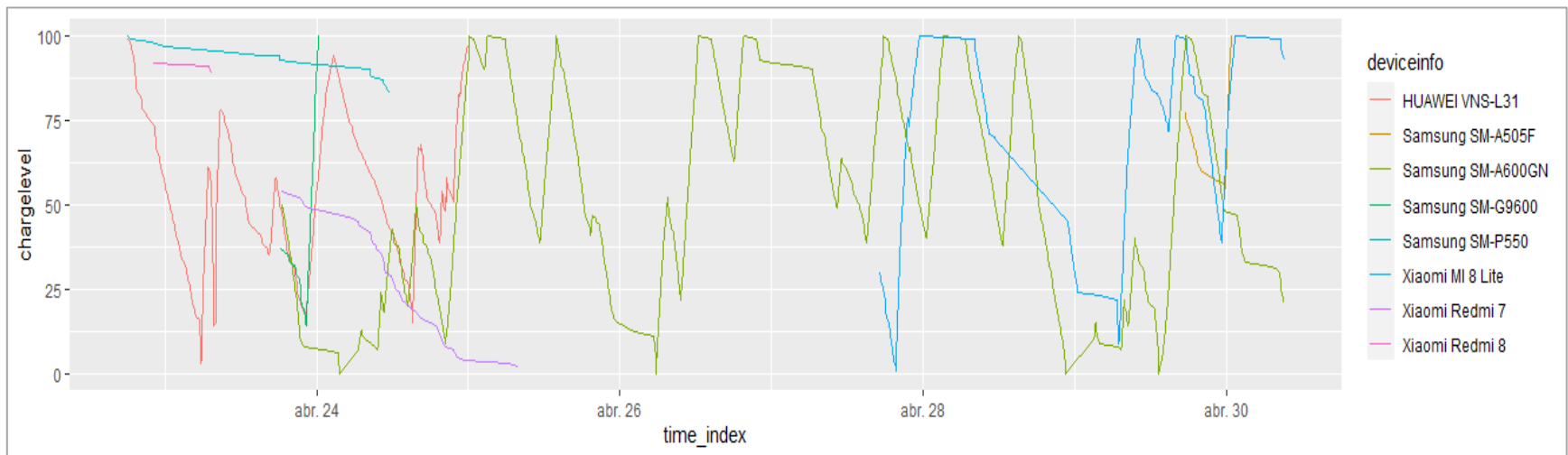
```
"indice","Fecha","CargaPromedio"  
"1",2020-04-23 23:00:00,48.6  
"2",2020-04-24 00:00:00,40  
"3",2020-04-24 01:00:00,26  
"4",2020-04-24 02:00:00,13.5  
"5",2020-04-24 06:00:00,7  
"6",2020-04-24 08:00:00,3  
"7",2020-04-24 11:00:00,9  
"8",2020-04-24 12:00:00,11.6  
"9",2020-04-24 13:00:00,9  
"10",2020-04-24 14:00:00,11.6666666666667
```

**Archivo generado del dataframe  
de salida de información**

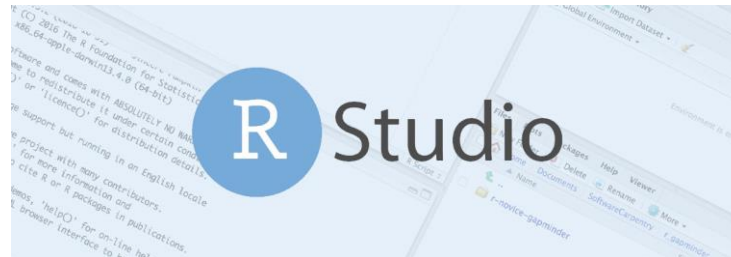


## Análisis preliminar

### Consumo energético de los dispositivos móviles



## Modelado



## Selección de la técnica de modelado

Se aplica el algoritmo de suavizamiento exponencial (ETS), por ser el mejor algoritmo utilizado en proyectos de analítica predictiva en series temporales.



## Selección de atributos para el análisis del algoritmo y construcción del modelo

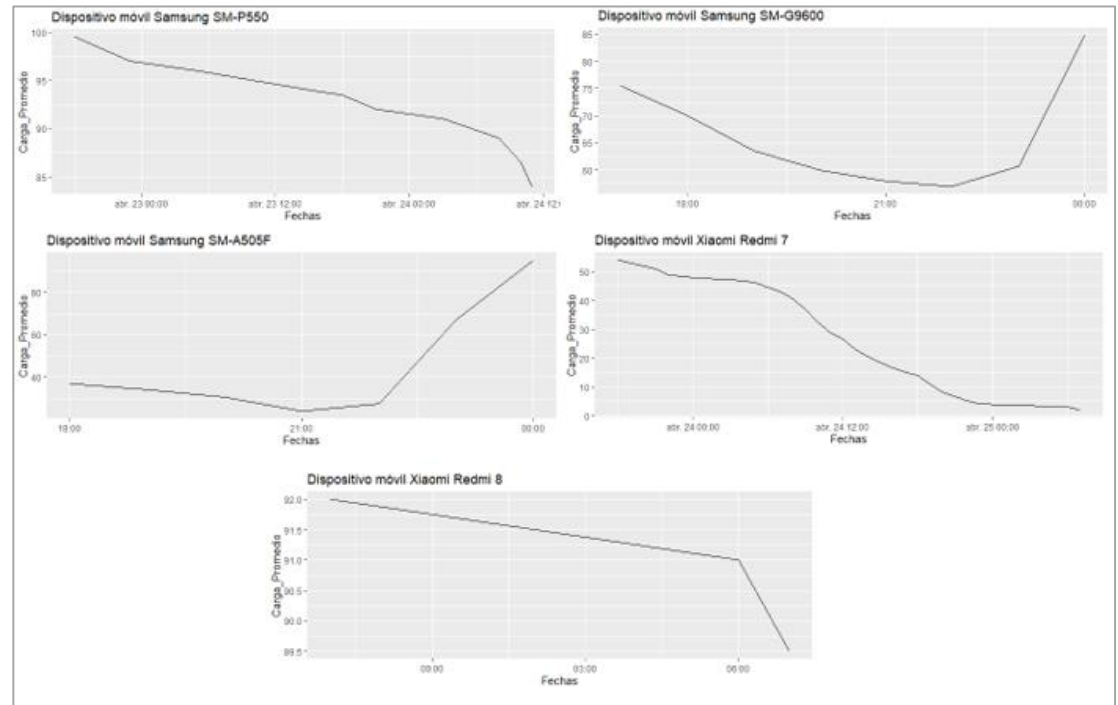
En esta fase, los datos se encuentran preparados y se posee la información necesaria para generar el algoritmo de predicción ETS (Algoritmo de Suavizamiento exponencial).



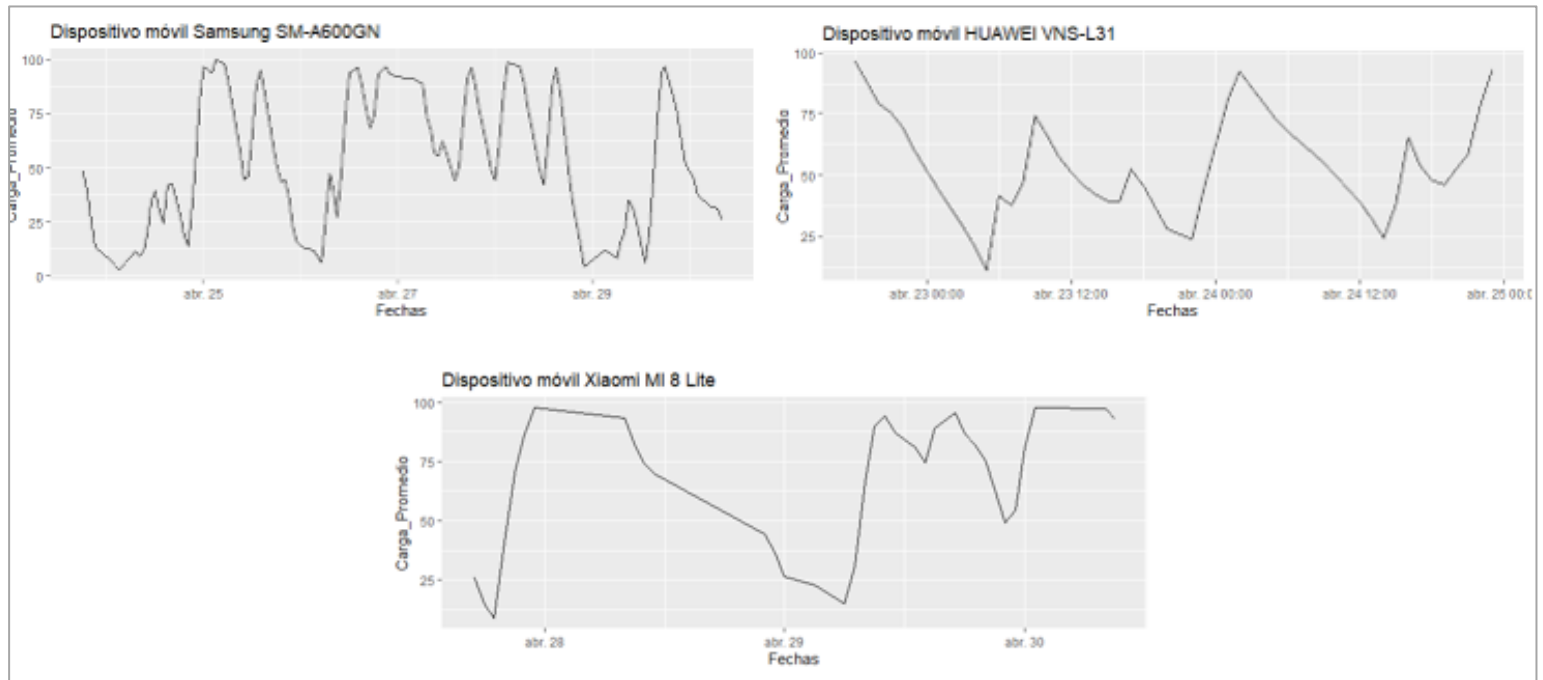
```
Promedio_Carga_Diaria <- Promedio_Carga %>%
  mutate(Fecha_Hora = Fecha) %>%
  group_by(horas = floor_date(Fecha_Hora, unit = 'hour'))
Promedio_Carga_Diaria [, "Carga"]<- tabla_promedios_hora$carga_Promedio
```

## Transformación de datos en series temporales

Gráficos de dispositivos  
móviles series temporales  
sin tendencia



## Gráfica de dispositivos móviles series temporales





# Aplicación del algoritmo ETS en la serie temporal

```
library(smooth)
library(greybox)
library(Mcomp)

#Método ETS para 20 siguientes datos
es(DatosIntel$Carga_Promedio, h=20, holdout=FALSE, interval=TRUE, silent=FALSE)
```

## Visualización de los resultados del modelo

Aplicación del modelo ETS a la serie temporal del Dispositivo Samsung SM-A600GN	Aplicación del modelo ETS a la serie temporal del Dispositivo Xiaomi MI 8 Lite
Model estimated: ETS(AMdN) Persistence vector g: alpha beta 1 1 Damping parameter: 0.4897 Initial values were optimised.  Loss function type: likelihood; Loss function value: 474.2928 Error standard deviation: 9.1809 Sample size: 131 Number of estimated parameters: 4 Number of provided parameters: 2 Number of degrees of freedom: 127 Information criteria: AIC AICC BIC BICC 956.5856 956.9030 968.0863 968.8602	Model estimated: ETS(AMdN) Persistence vector g: alpha beta 1 1 Damping parameter: 0.3965 Initial values were optimised.  Loss function type: likelihood; Loss function value: 138.269 Error standard deviation: 11.9503 Sample size: 36 Number of estimated parameters: 4 Number of provided parameters: 2 Number of degrees of freedom: 32 Information criteria: AIC AICC BIC BICC 284.5381 285.8284 290.8721 293.1841
Aplicación del modelo ETS a la serie temporal del Dispositivo HUAWEI VNS-L31	
Model estimated: ETS(ANN) Persistence vector g: alpha 1 Initial values were optimised.  Loss function type: likelihood; Loss function value: 197.1589 Error standard deviation: 11.7862 Sample size: 51 Number of estimated parameters: 2 Number of provided parameters: 1 Number of degrees of freedom: 49 Information criteria: AIC AICC BIC BICC 398.3179 398.5679 402.1815 402.6730	



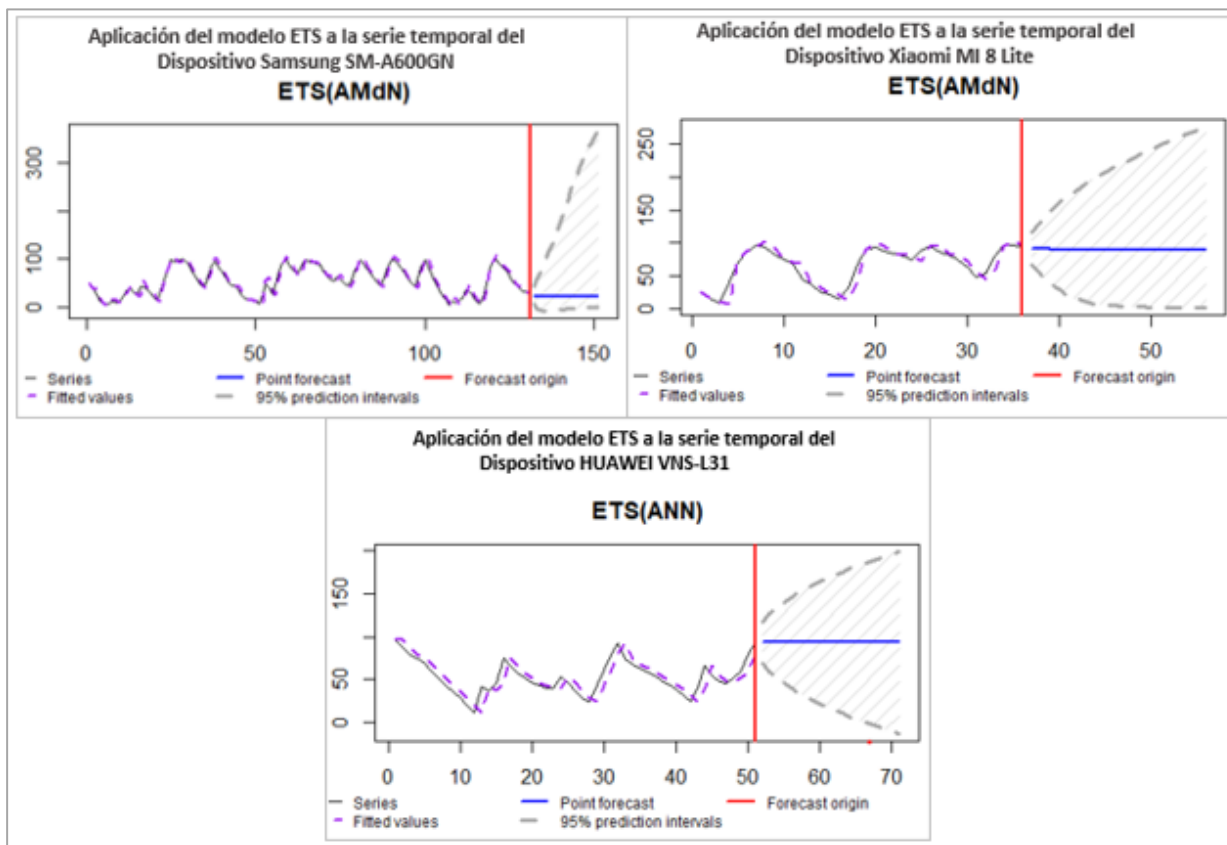
# Análisis y Discusión de los Resultados

## Validación del modelo predictivo ETS

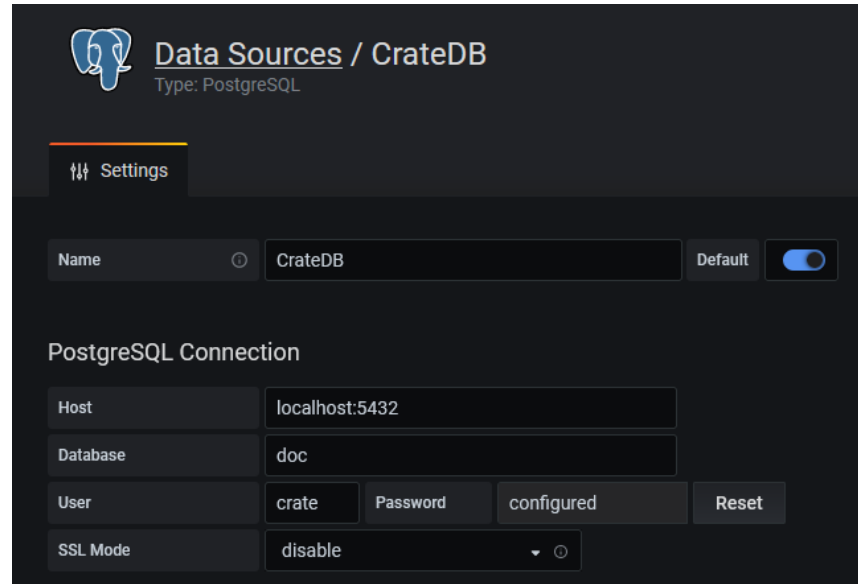
Aplicación del modelo ETS a la serie temporal del Dispositivo Samsung SM-A600GN	Aplicación del modelo ETS a la serie temporal del Dispositivo Xiaomi MI 8 Lite
<p>Model estimated: ETS(AMdN)            Persistence vector g:            alpha beta                      1   1            Damping parameter: 0.4897            Initial values were optimised.</p> <p>Loss function type: likelihood; Loss function value: 474.2928            Error standard deviation: 9.1809            Sample size: 131            Number of estimated parameters: 4            Number of provided parameters: 2            Number of degrees of freedom: 127            Information criteria:                      AIC   AICC   BIC   BICC            956.5856 956.9030 968.0863 968.8602</p>	<p>Model estimated: ETS(AMdN)            Persistence vector g:            alpha beta                      1   1            Damping parameter: 0.3965            Initial values were optimised.</p> <p>Loss function type: likelihood; Loss function value: 138.269            Error standard deviation: 11.9503            Sample size: 36            Number of estimated parameters: 4            Number of provided parameters: 2            Number of degrees of freedom: 32            Information criteria:                      AIC   AICC   BIC   BICC            284.5381 285.8284 290.8721 293.1841</p>
<p style="text-align: center;"><b>Aplicación del modelo ETS a la serie temporal del Dispositivo HUAWEI VNS-L31</b></p> <p>Model estimated: ETS(ANN)            Persistence vector g:            alpha                      1            Initial values were optimised.</p> <p>Loss function type: likelihood; Loss function value: 197.1589            Error standard deviation: 11.7862            Sample size: 51            Number of estimated parameters: 2            Number of provided parameters: 1            Number of degrees of freedom: 49            Information criteria:                      AIC   AICC   BIC   BICC            398.3179 398.5679 402.1815 402.6730</p>	



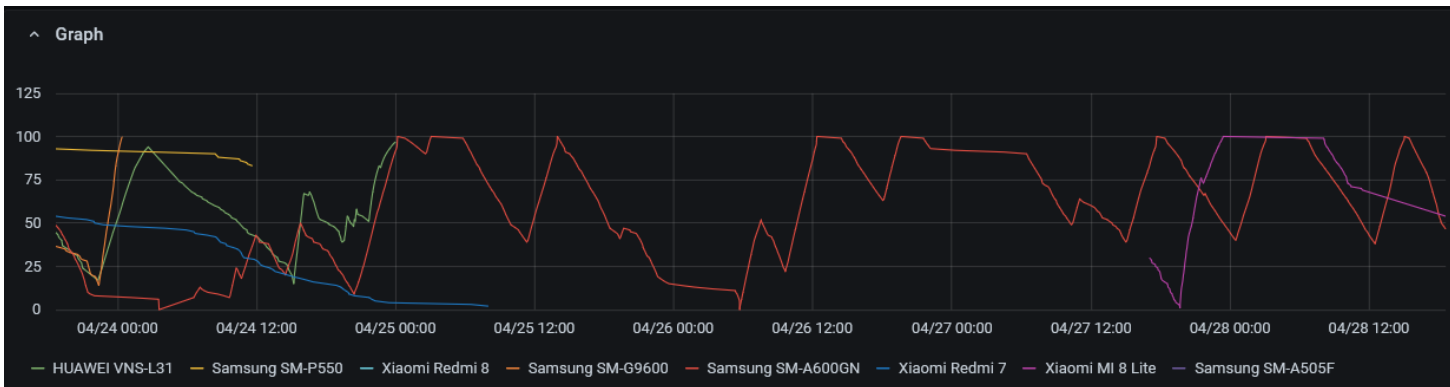
## Gráfica de predicción aplicando el modelo ETS



## Conexión de Grafana con CrateDB



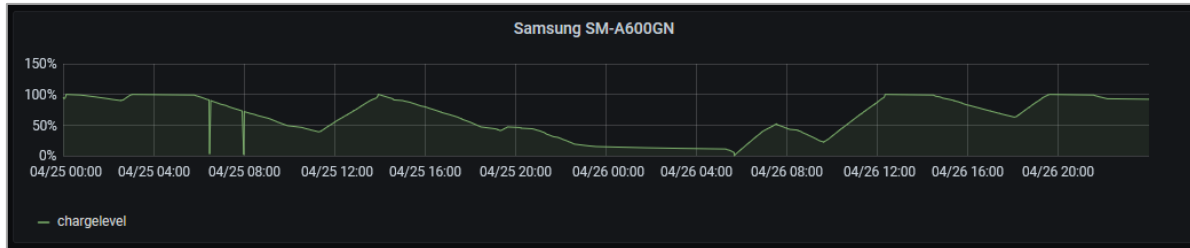
The screenshot shows the Grafana interface for configuring a data source. The title is "Data Sources / CrateDB" with a sub-label "Type: PostgreSQL". A "Settings" tab is active. The "Name" field is set to "CrateDB" and is marked as the "Default" source with a toggle switch. Under the "PostgreSQL Connection" section, the "Host" is "localhost:5432", the "Database" is "doc", the "User" is "crate", and the "Password" is "configured". The "SSL Mode" is set to "disable".



**Registro de  
consumo de  
batería de los  
dispositivos  
móviles**

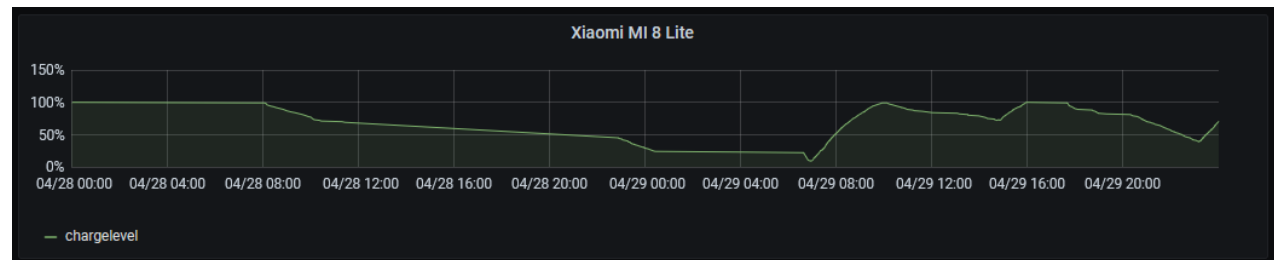


## Visualización de la información en series de tiempo

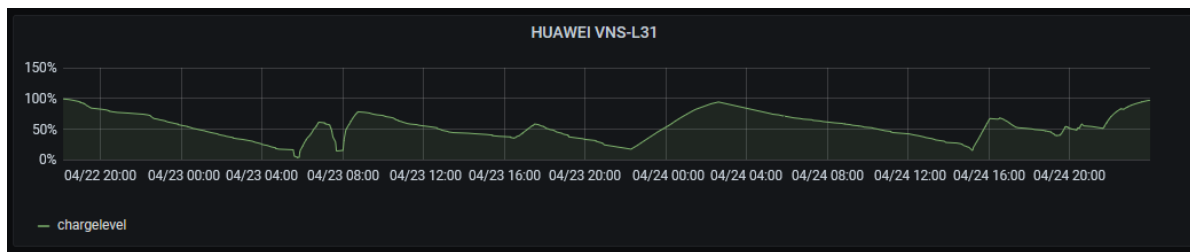


**Registro consumo batería del Dispositivo Móvil Samsung SM-A600GN**

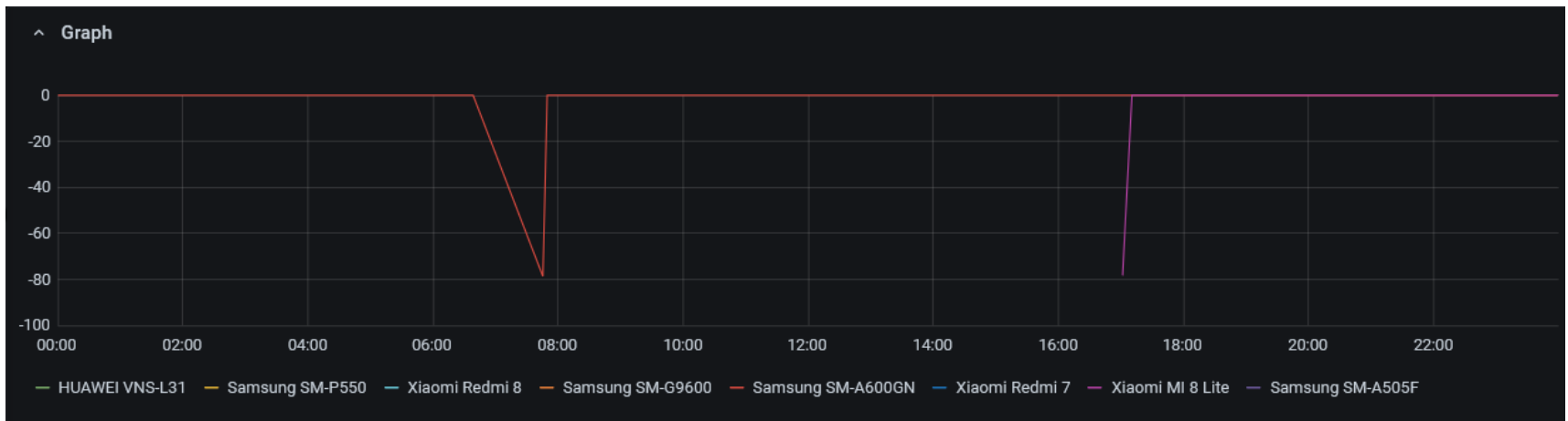
**Registro consumo batería del Dispositivo Móvil Xiaomi MI 8 Lite**



**Registro consumo batería del Dispositivo Móvil HUAWEI VNS-L31**



## Consumo energético de los dispositivos móviles por ubicación



# CONCLUSIONES

En el análisis del estudio de literatura, se pudo reflejar varias soluciones en cuanto al mejoramiento de la eficiencia del consumo energético mediante el uso de dispositivos Smart Plugs.

Para el desarrollo del aplicativo se adaptó el diseño de la aplicación para la gestión de carga de batería de un dispositivo móvil que utiliza la plataforma FIWARE y un microcontrolador (Smart Plug).

Para la validación de la propuesta, se generaron Dashboard en series temporales y se aplicó el modelo predictivo ETS los cuales permitieron verificar hábitos de consumo de la batería de los dispositivos móviles



## RECOMENDACIONES

Se recomienda que al realizar la revisión inicial de literatura se debe seguir el proceso adecuado



Se recomienda a todos aquellos que poseen un dispositivo móvil con sistema operativo Android, considerar la información obtenida en este estudio.





***GRACIAS POR LA  
ATENCIÓN***



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA