



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

# SISTEMA DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO PARA MÁQUINAS ELÉCTRICAS EN PROCESOS INDUSTRIALES EN EL ESCENARIO DE LA INDUSTRIA 4.0

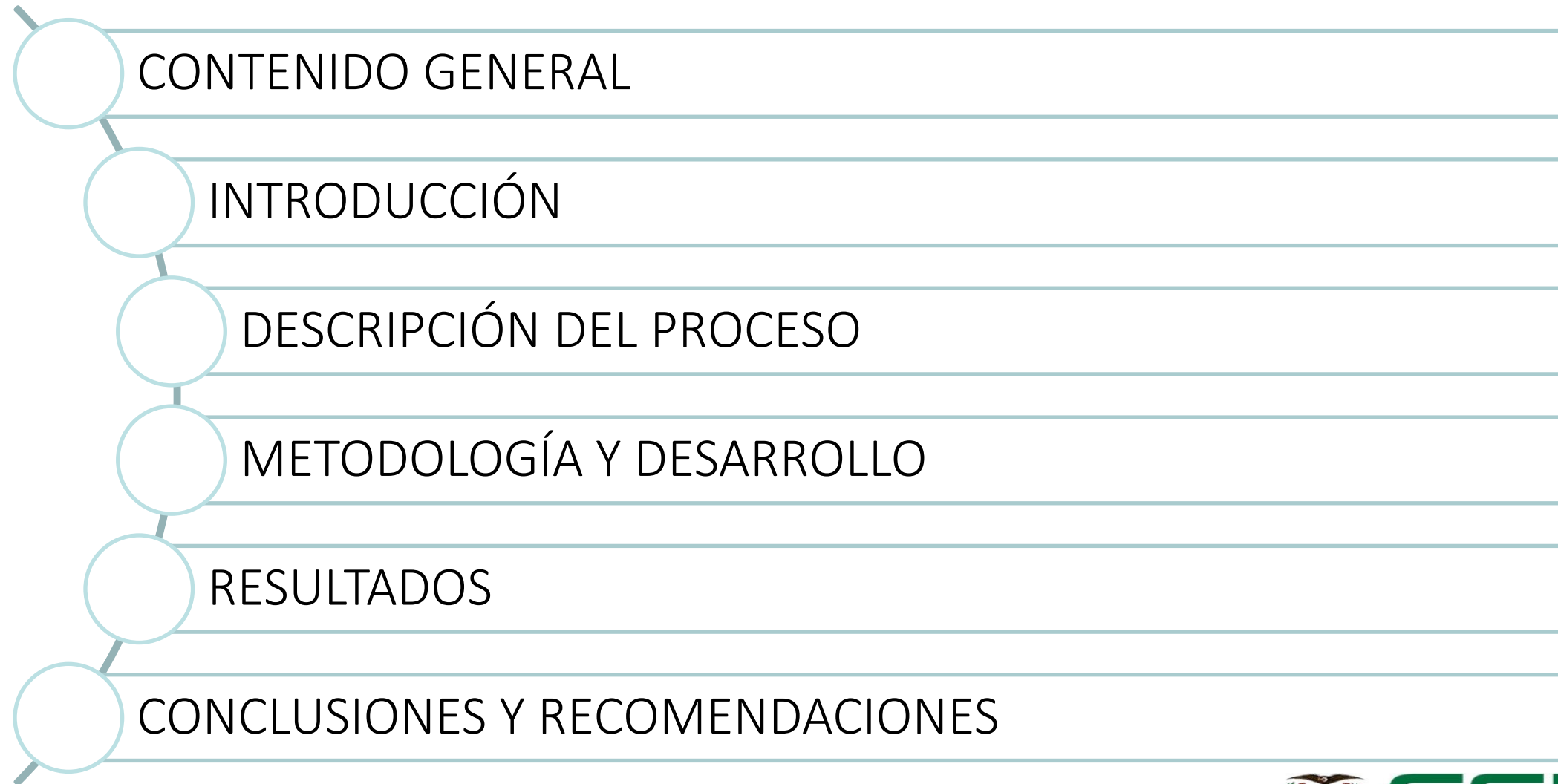
**AUTORES:**

Pillajo Ñauñay, Martha Cecilia

Vivanco Correa, Jessica Andrea



# AGENDA



# CONTENIDO GENERAL

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La planta industrial funciona las 24 horas, por lo que, las actividades de mantenimiento correctivo en cualquiera de las etapas implican un tiempo de parada en la planta a nivel general, en la etapa de la ósmosis los tiempos de detección de fallas tienen un rango de entre 20 a 30 minutos previo a su corrección, el presente sistema busca disminuir ese tiempo, tipificando las fallas de proceso y eléctricas más comunes presentadas durante su funcionamiento.



# CONTENIDO GENERAL

## ALCANCE

Sistema de mantenimiento predictivo para obtener alertas de posibles fallas a producirse en las máquinas eléctricas de la planta de tratamiento de aguas residuales en la fábrica Indecaucho ubicada en Cayambe, mediante el análisis de las variables obtenidas a través de los sensores presentes en el proceso. El sistema generará notificaciones para que acciones correctivas sean ejecutadas por el personal a cargo.



# CONTENIDO GENERALE

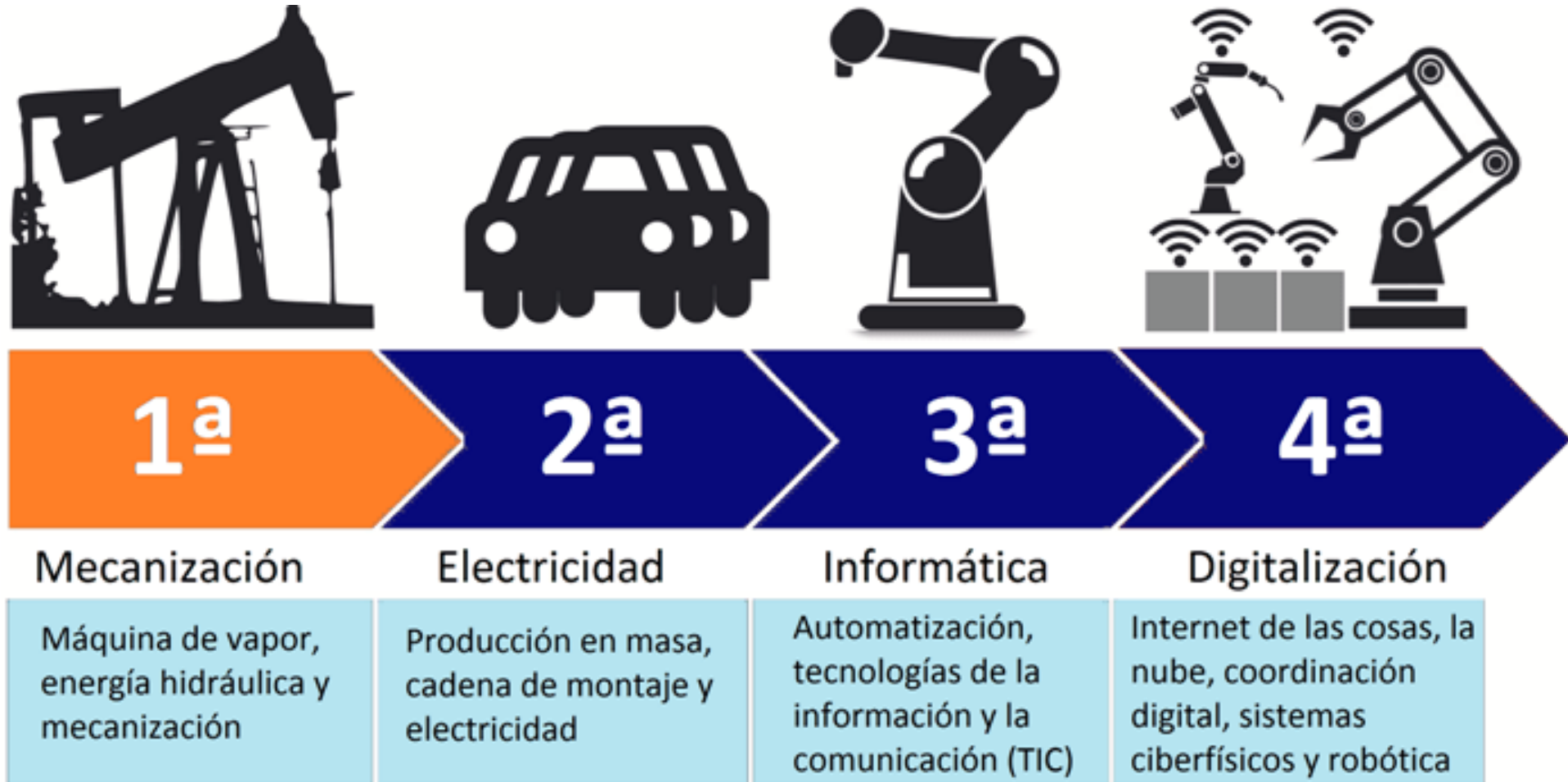
## OBJETIVOS

- Definir las variables de proceso a evaluar para el análisis del comportamiento de la máquina.
- Implementar los protocolos de comunicación para integrar todos los dispositivos del sistema.
- Desarrollar el modelo matemático para la detección de valores anormales.
- Analizar los valores atípicos encontrados para detectar la posible falla.
- Diseñar una interfaz gráfica de usuario para visualizar los resultados obtenidos.



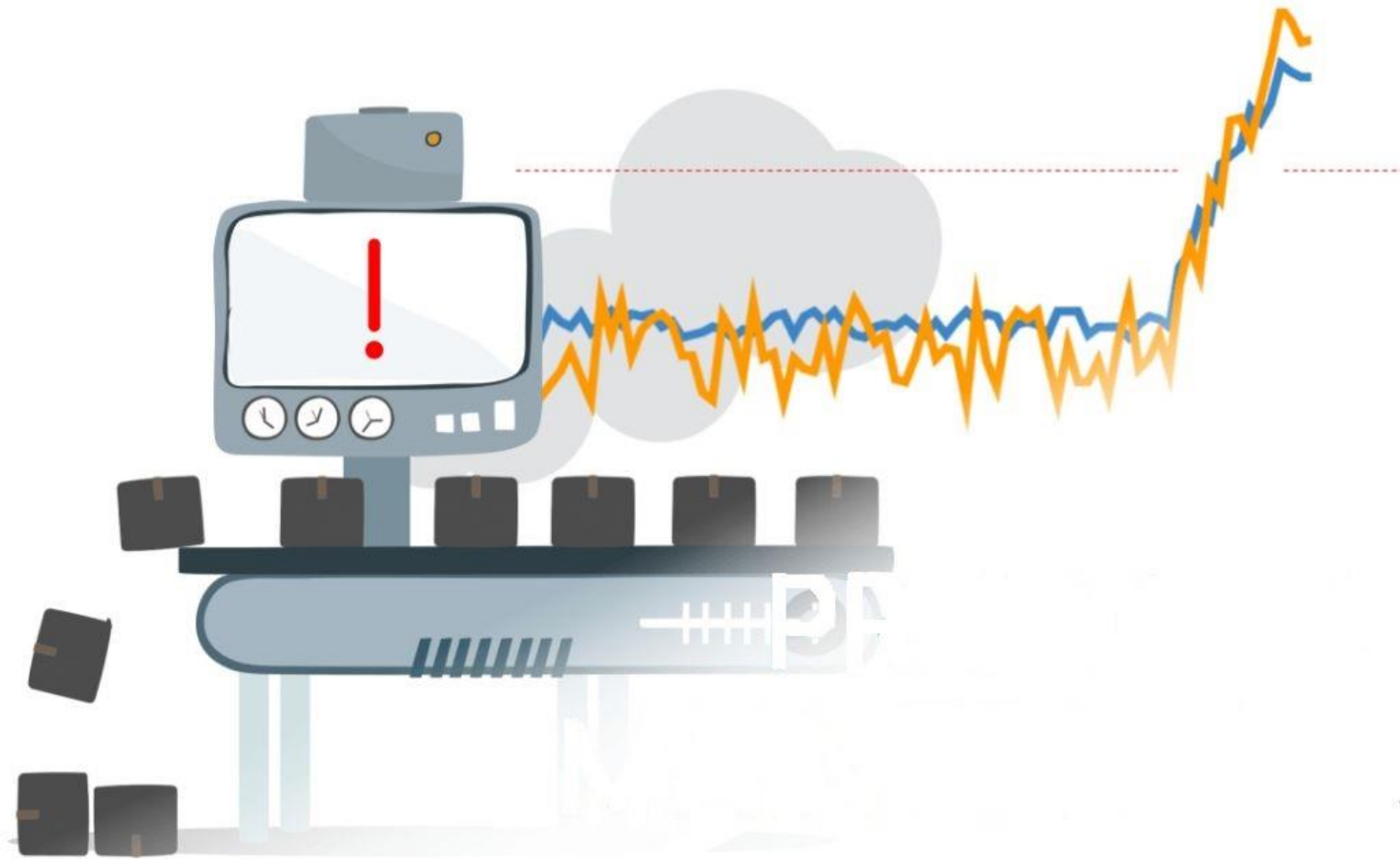
# INTRODUCCIÓN

## INDUSTRIA 4.0



# INTRODUCCIÓN

## MANTENIMIENTO PREDICTIVO





# DESCRIPCIÓN DEL PROCESO





# METODOLOGÍA

Adquisición de datos

Pre procesamiento de datos

Identificación de indicadores de condición

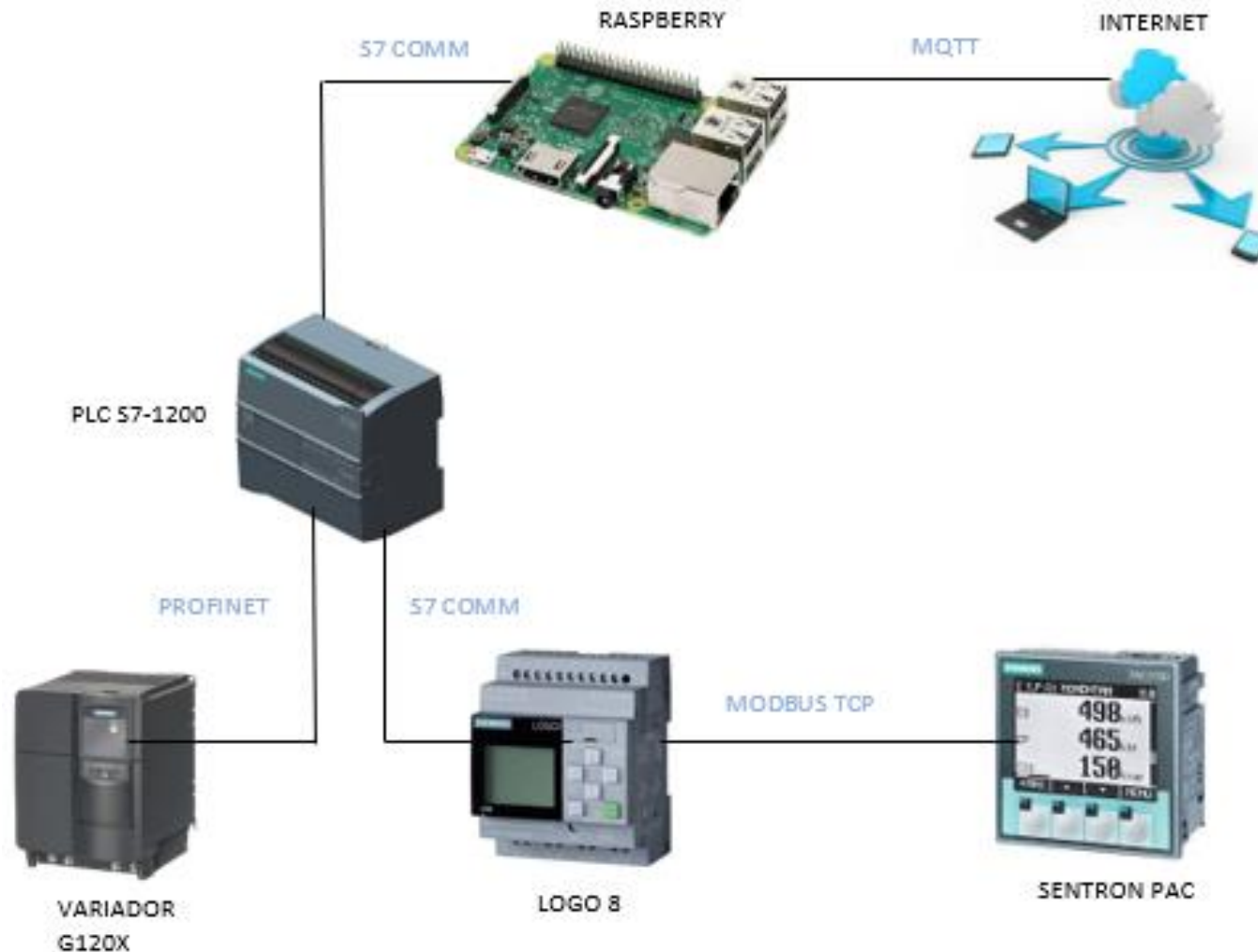
Entrenamiento del modelo

Implementación e integración



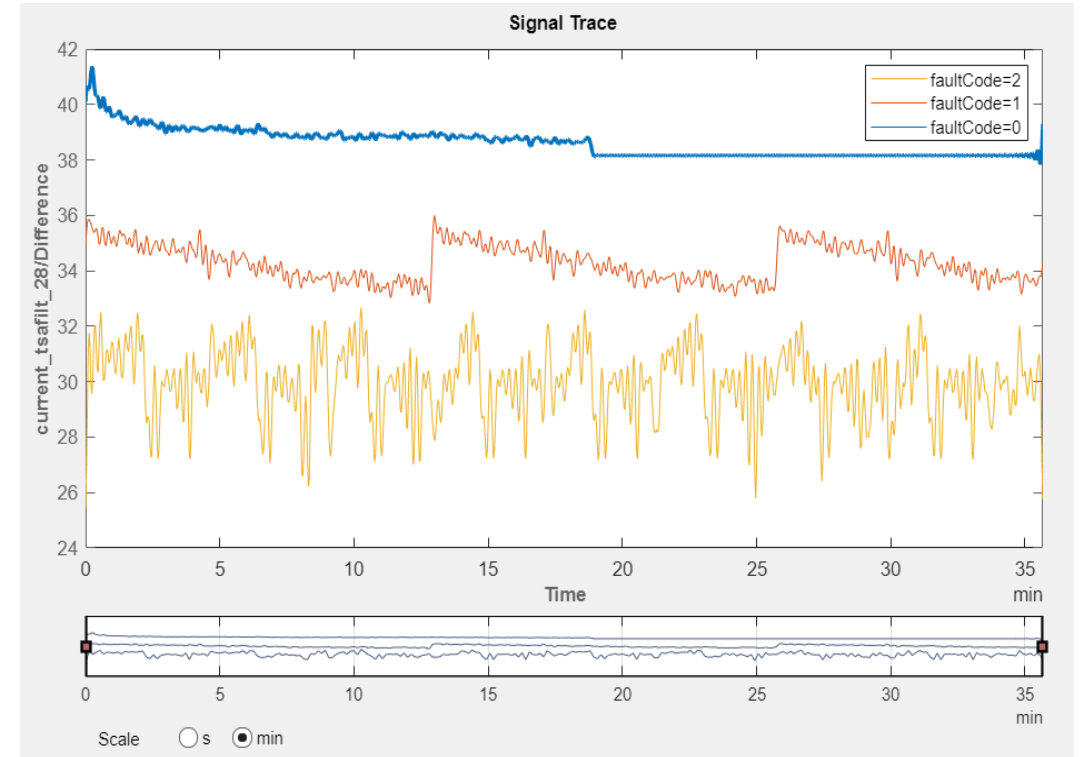
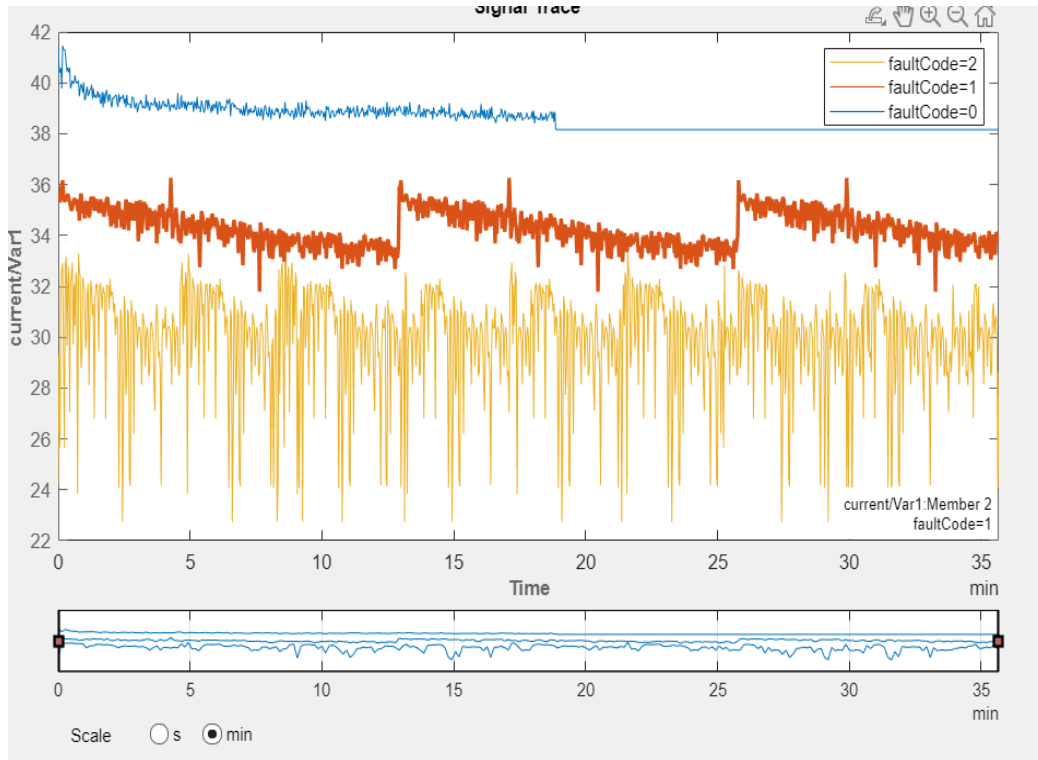
# DESARROLLO

## ADQUISICIÓN DE DATOS



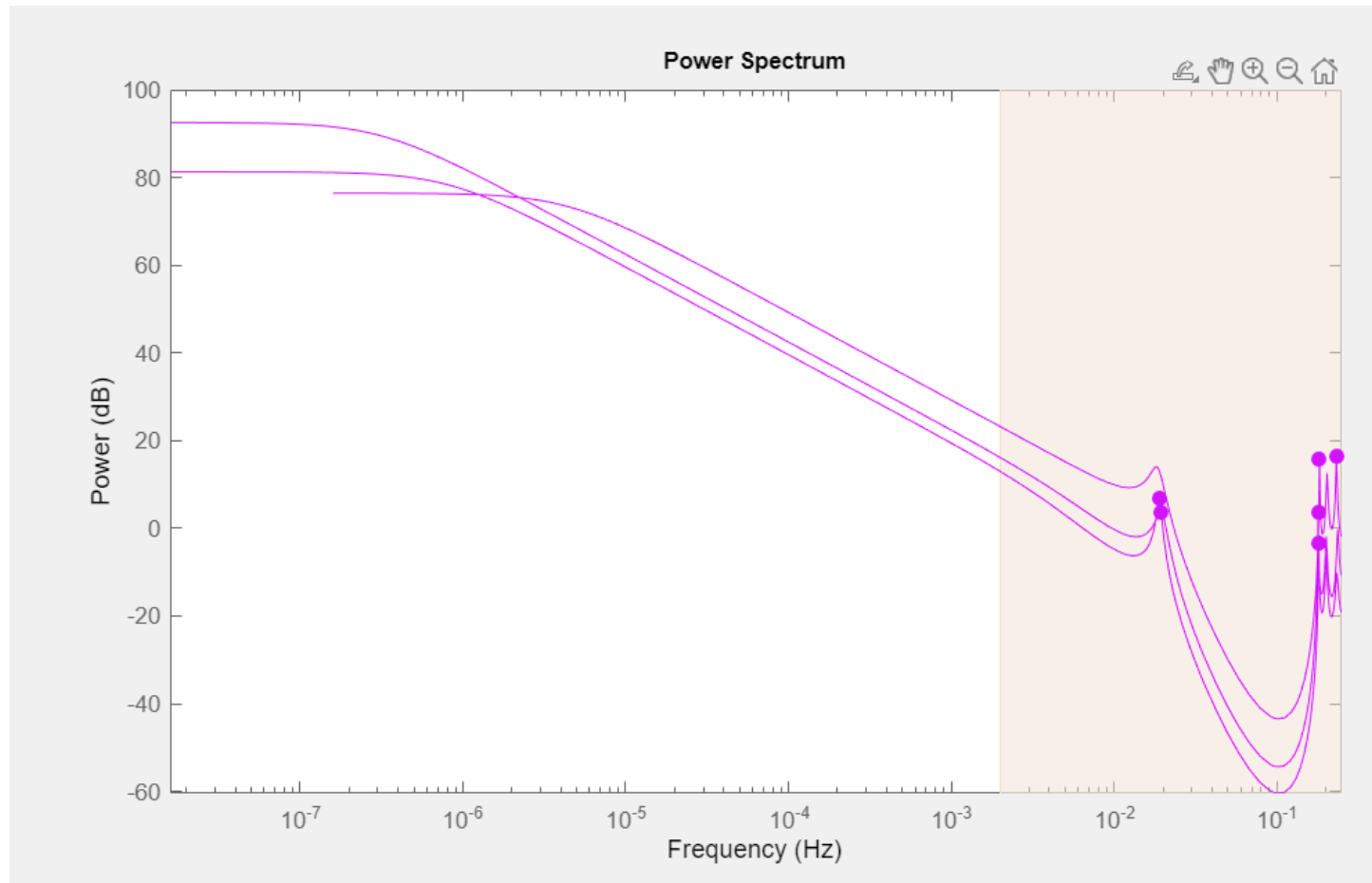
# DESARROLLO

## PRE PROCESAMIENTO DE DATOS



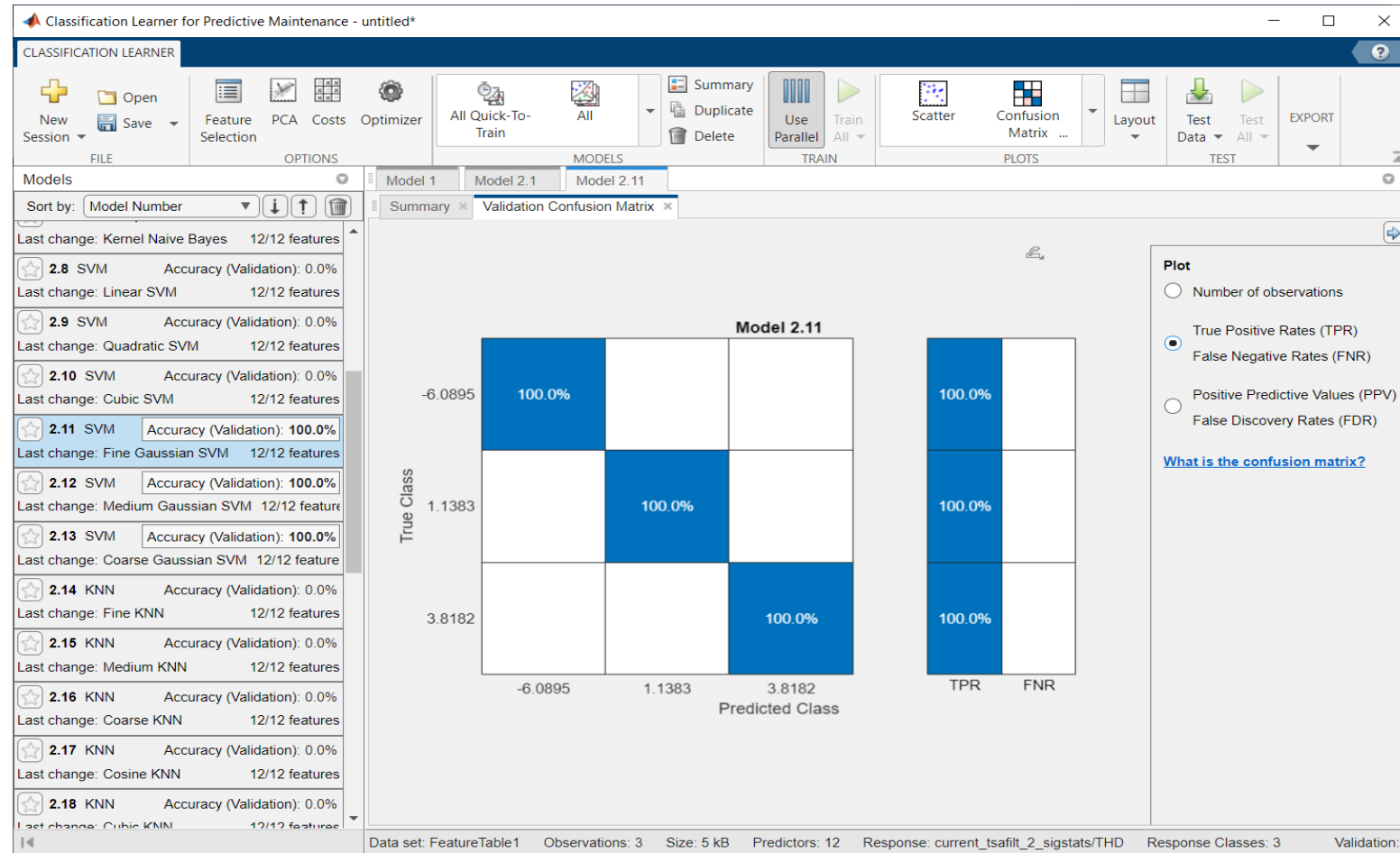
# DESARROLLO

## IDENTIFICACIÓN DE INDICADORES DE CONDICIÓN



# DESARROLLO

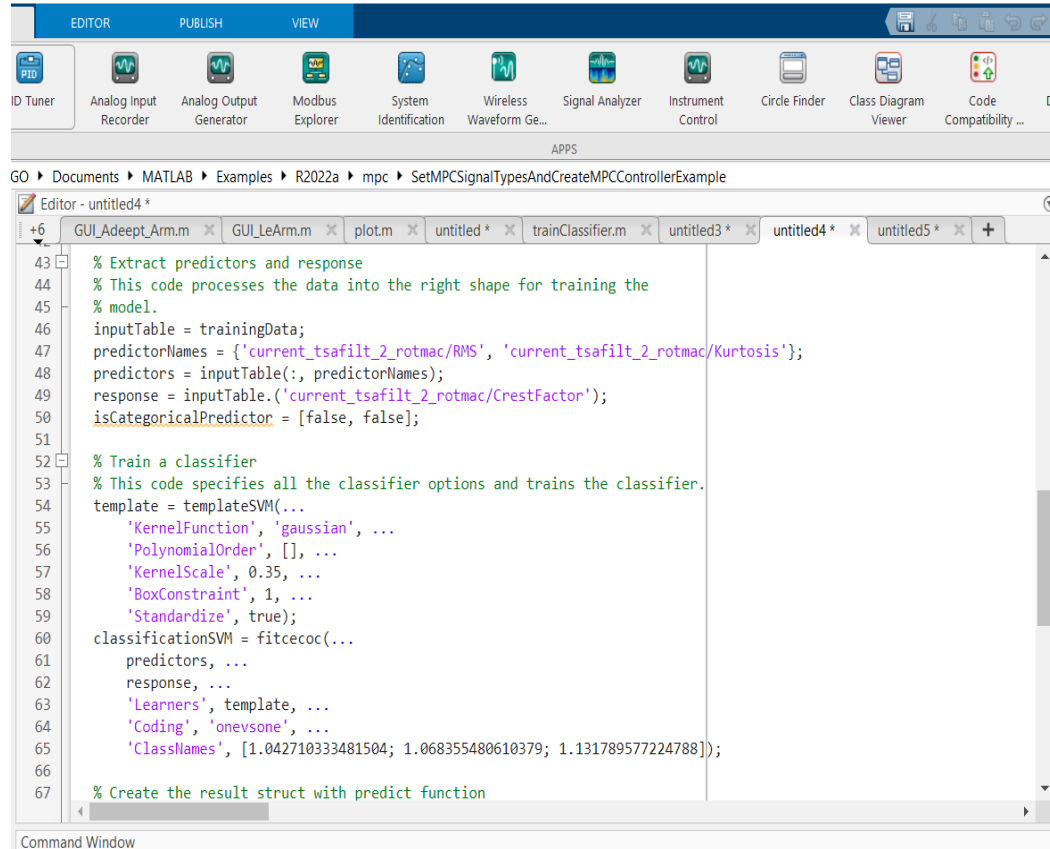
# ENTRENAMIENTO DEL MODELO



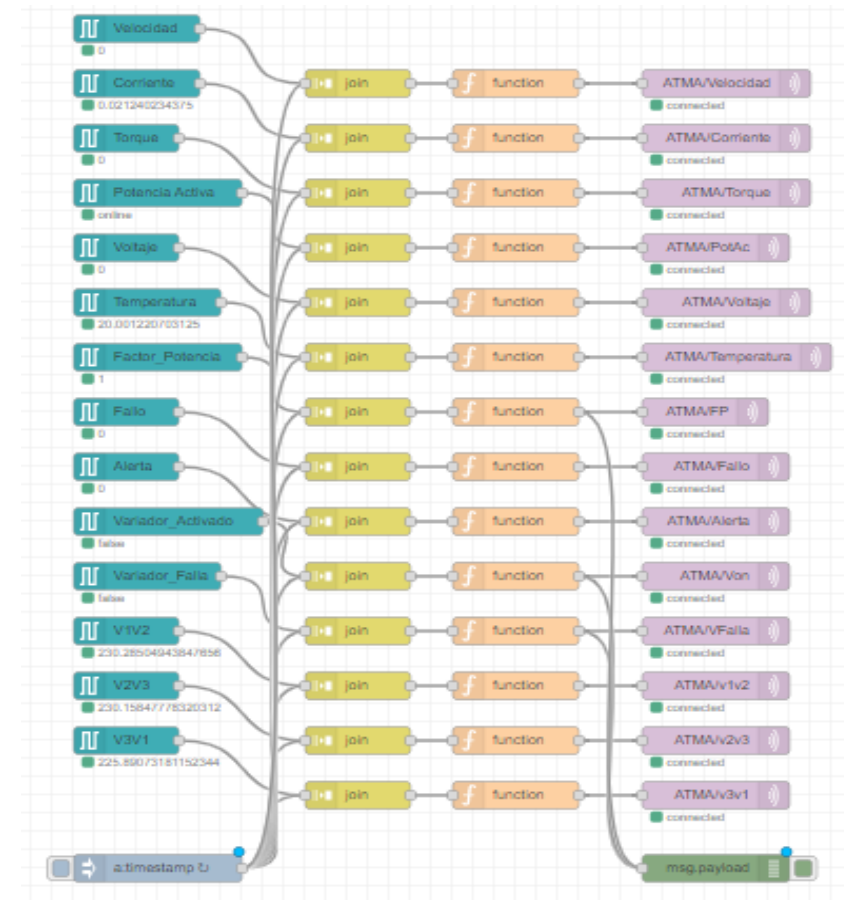


# DESARROLLO

## IMPLEMENTACIÓN E INTEGRACIÓN

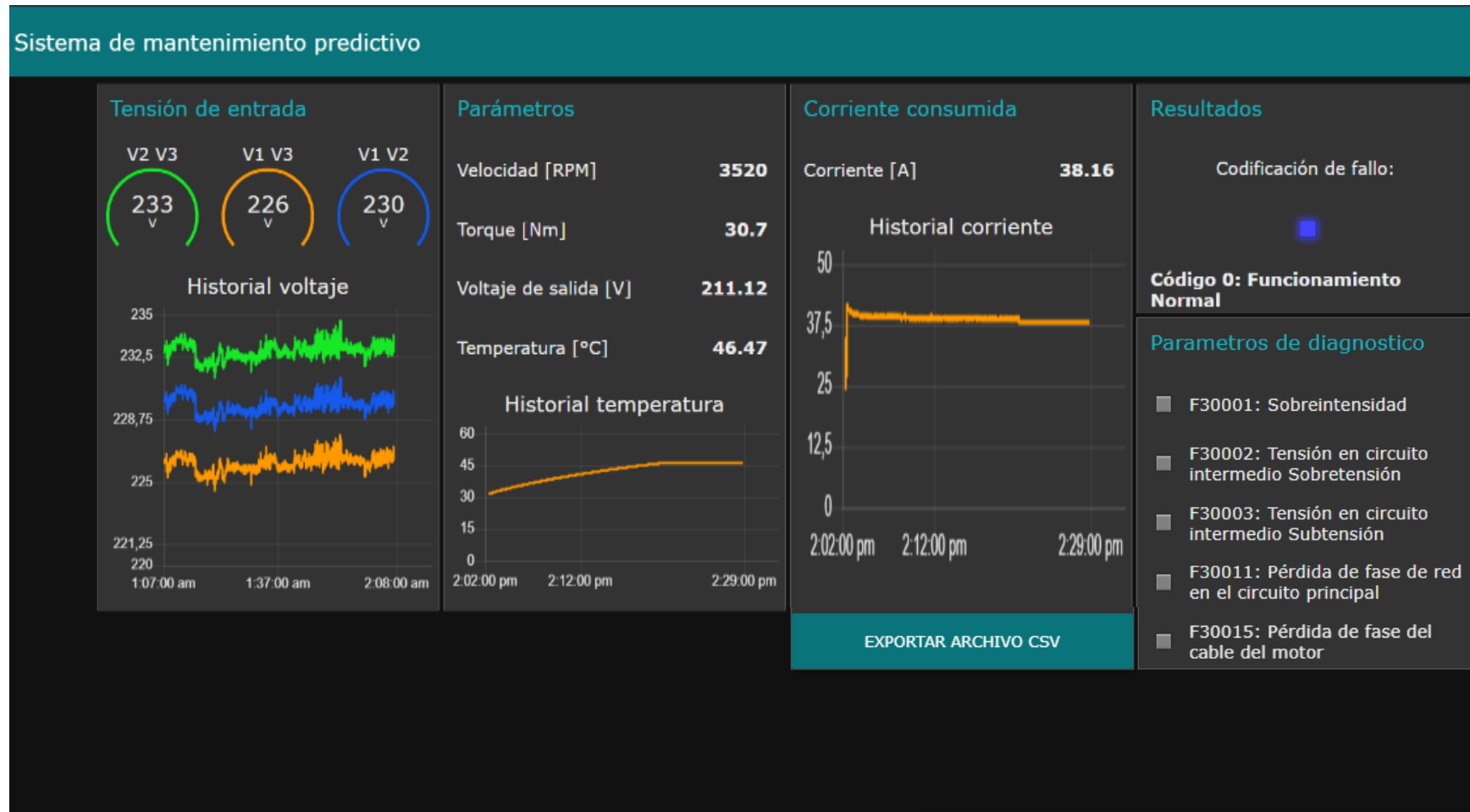


```
43 % Extract predictors and response
44 % This code processes the data into the right shape for training the
45 % model.
46 inputTable = trainingData;
47 predictorNames = {'current_tsafilt_2_rotmac/RMS', 'current_tsafilt_2_rotmac/Kurtosis'};
48 predictors = inputTable(:, predictorNames);
49 response = inputTable('current_tsafilt_2_rotmac/CrestFactor');
50 isCategoricalPredictor = [false, false];
51
52 % Train a classifier
53 % This code specifies all the classifier options and trains the classifier.
54 template = templateSVM(...
55     'KernelFunction', 'gaussian', ...
56     'PolynomialOrder', [], ...
57     'KernelScale', 0.35, ...
58     'BoxConstraint', 1, ...
59     'Standardize', true);
60 classificationSVM = fitcecoc(...
61     predictors, ...
62     response, ...
63     'Learners', template, ...
64     'Coding', 'onesone', ...
65     'ClassNames', [1.042710333481504; 1.068355480610379; 1.131789577224788]);
66
67 % Create the result struct with predict function
```



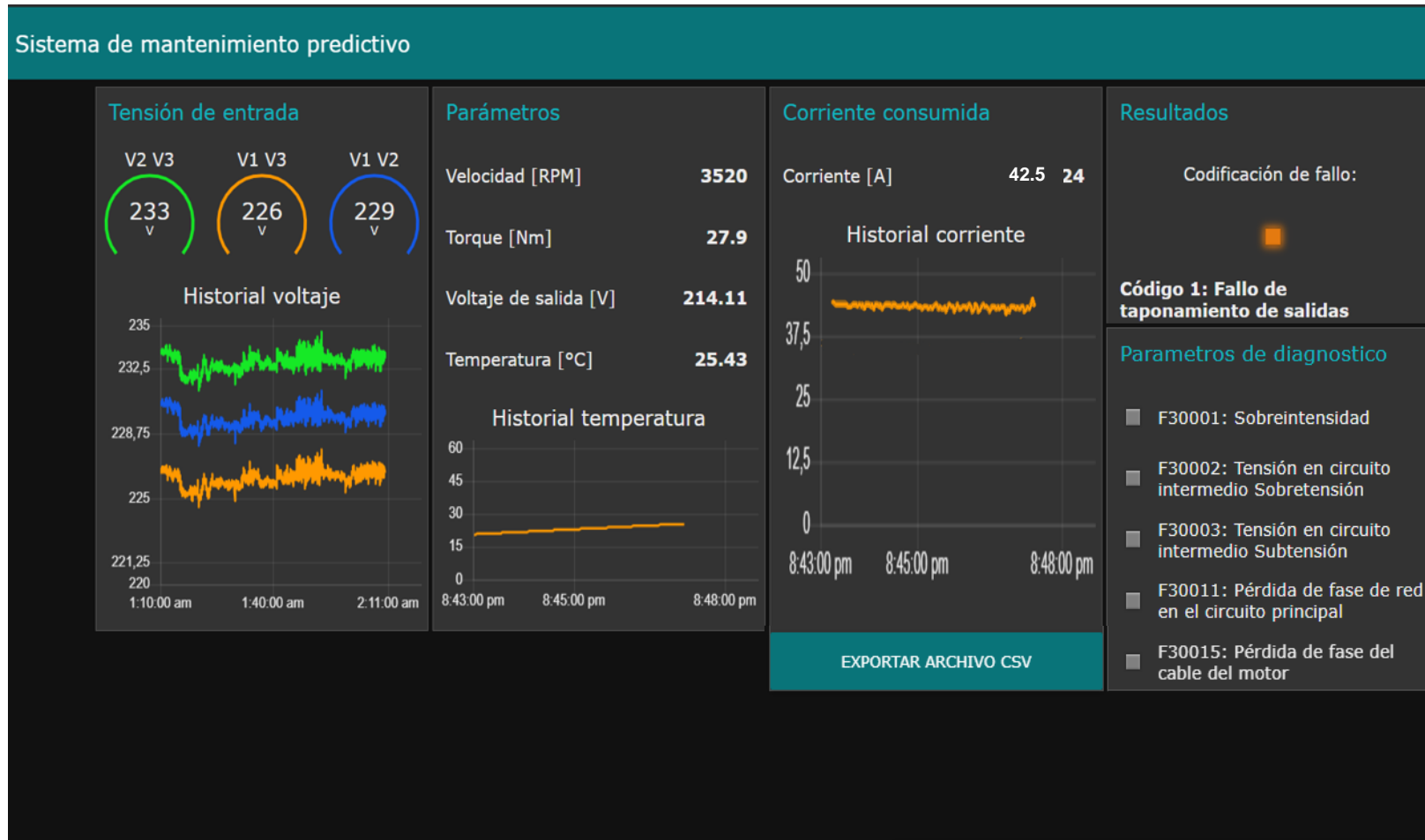
# RESULTADOS

## INTERFAZ SISTEMA FUNCIONAMIENTO NORMAL



# RESULTADOS

## INTERFAZ SISTEMA CON CÓDIGO DE FALLA 1



# RESULTADOS

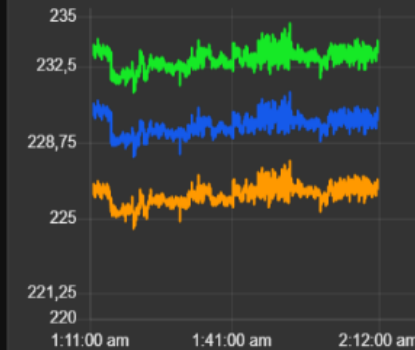
## INTERFAZ SISTEMA CON CÓDIGO DE FALLA 2

Sistema de mantenimiento predictivo

Tensión de entrada



Historial voltaje



Parámetros

Velocidad [RPM] 3520

Torque [Nm] 23.49

Voltaje de salida [V] 215.76

Temperatura [°C] 27.19

Historial temperatura



Corriente consumida

Corriente [A] 31.09

Historial corriente



EXPORTAR ARCHIVO CSV

Resultados

Codificación de fallo:



**Código 2: Fallo de saturación en la entrada**

Parámetros de diagnóstico

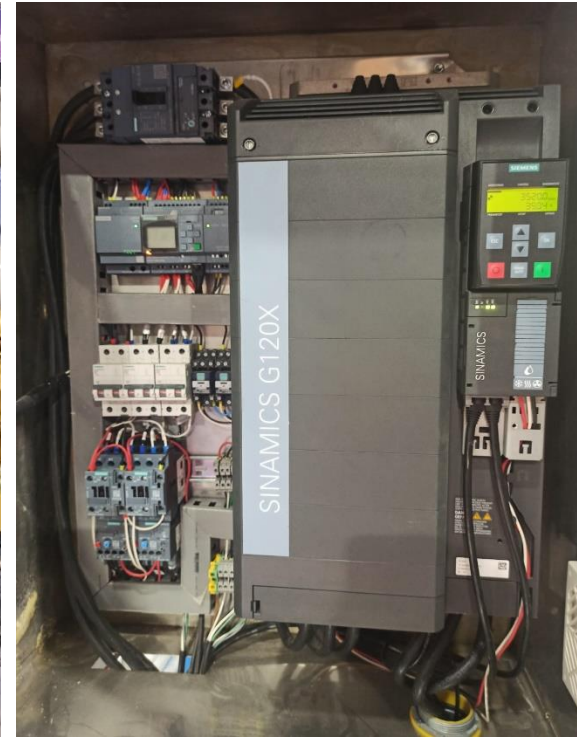
- F30001: Sobreintensidad
- F30002: Tensión en circuito intermedio Sobretensión
- F30003: Tensión en circuito intermedio Subtensión
- F30011: Pérdida de fase de red en el circuito principal
- F30015: Pérdida de fase del cable del motor





# RESULTADOS

## Proceso detección de fallas





# RESULTADOS

## Tiempo de detección de falla ANTES del sistema

Num. Reporte	Fecha	Hora inicio falla	Hora detección falla	Tiempo detección de falla	Falla	Observaciones
R0303	17-mar	07:28	07:49	00:21	Taponamiento de salidas	Falla de proceso
R0305	20-mar	15:34	15:53	00:19	Saturación en la entrada	Falla de proceso
R0306	21-mar	14:56	15:28	00:32	Sobreintensidad	Falla eléctrica
R0308	23-mar	09:23	09:52	00:29	Sobretensión en circuito intermedio	Falla eléctrica
R0309	23-mar	10:48	11:15	00:27	Subtensión en circuito intermedio	Falla eléctrica
R0310	25-mar	08:25	08:50	00:25	Pérdida de fase en la red	Falla eléctrica
R0312	28-mar	19:21	19:41	00:20	Pérdida de fase en el motor	Falla eléctrica



# RESULTADOS

## Tiempo de detección de falla DESPUÉS del sistema

Num. Reporte	Fecha	Hora inicio falla	Hora detección falla	Tiempo de detección de falla	Falla	Observaciones
R0403	03-abr	08:43	08:53	00:10	Taponamiento de salidas	Falla de proceso
R0405	05-abr	14:17	14:25	00:08	Saturación en la entrada	Falla de proceso
R0406	06-abr	09:52	10:02	00:10	Sobreintensidad	Falla eléctrica
R0408	08-abr	18:34	18:42	00:08	Sobretensión en circuito intermedio	Falla eléctrica
R0409	10-abr	11:23	11:30	00:07	Subtensión en circuito intermedio	Falla eléctrica
R0410	10-abr	06:48	06:57	00:09	Pérdida de fase en la red	Falla eléctrica
R0412	12-abr	17:04	17:12	00:08	Pérdida de fase en el motor	Falla eléctrica



# CONCLUSIONES

- Corriente consumida como indicador de condición
- Protocolos de comunicación industrial para integración del sistema
- Medium Gaussian Mode como modelo seleccionado
- Interfaz gráfica basada en una plataforma web
- Tiempo promedio de detección de fallas 3 veces menor



# RECOMENDACIONES

- Adquirir un servidor privado virtual
- Eliminar datos atípicos detectados
- Un servidor VPS con RAM suficiente
- Añadir sensores especializados al sistema
- Crear una contraseña segura para ingreso a la plataforma



# GRACIAS



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