



# CONGRESO DE MANTENIMIENTO & CONFIABILIDAD

★ PERÚ ★



**BRÚJULA**  
SESION

ORGANIZADO POR:





CONGRESO DE  
MANTENIMIENTO  
& CONFIABILIDAD  
★ PERÚ ★



# ANALÍTICA PREDICTIVA MEDIANTE SIMULACIÓN MECÁNICA

**Cristián Solís Calderón**

Ingeniero Senior de Desarrollo soluciones SAP en mantenimiento

**SAP&MECHANICAL**

# Qué **ES** y qué **NO ES** esta presentación



No es la venta de un servicio ni un producto



No es una nueva mejora de SAP ni de ANSYS



Es una metodología aprendida después de años de desarrollo del método predictivo



Es una historia real que esta resumida en hitos clave

1. Escenario actual
2. Metodología predictiva más usada por la industria de mantenimiento
3. Metodología predictiva usando simulación mecánica
4. Beneficios y conclusiones

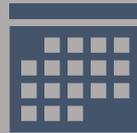




## Escenario actual



30.000 sensores con mediciones del proceso



ERP para gestión de mantenimiento con datos históricos desde el 1999



Equipo(s) que fallan cada cierto tiempo con inspecciones periódicas de alta frecuencia



# La necesidad del uso de los datos



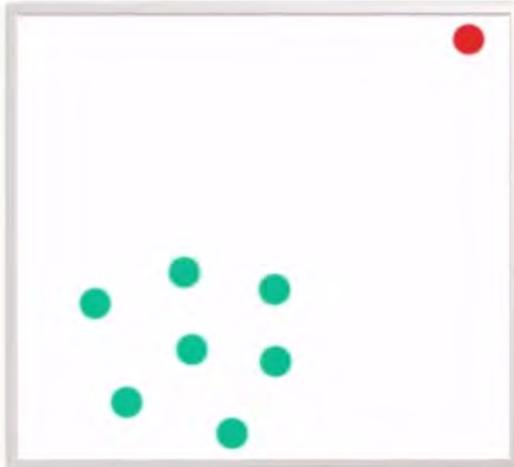


# La caja negra de la industria 4.0

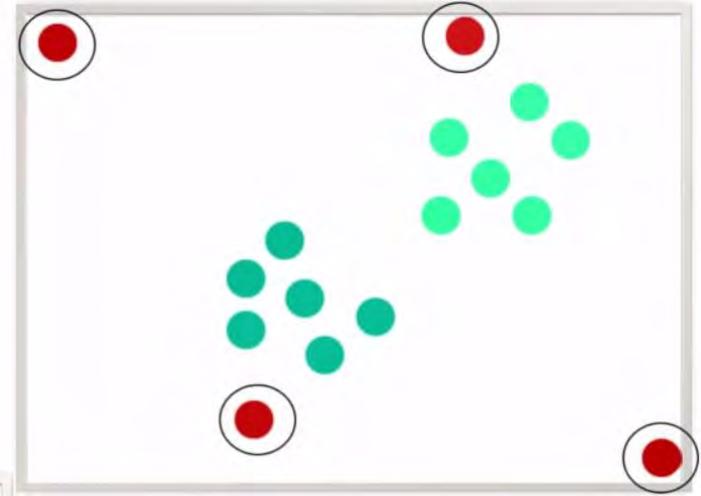




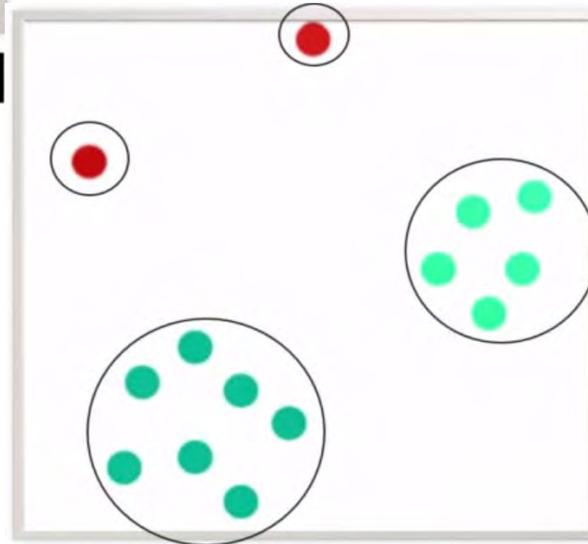
# Modelos predictivos más usados en mantenimiento



Distance Based



Density LOF Based



Density Based



# Sujeto de ESTUDIO



## Válvula de atemperación con fallas que provocaron **2 PARADAS DE PLANTA**

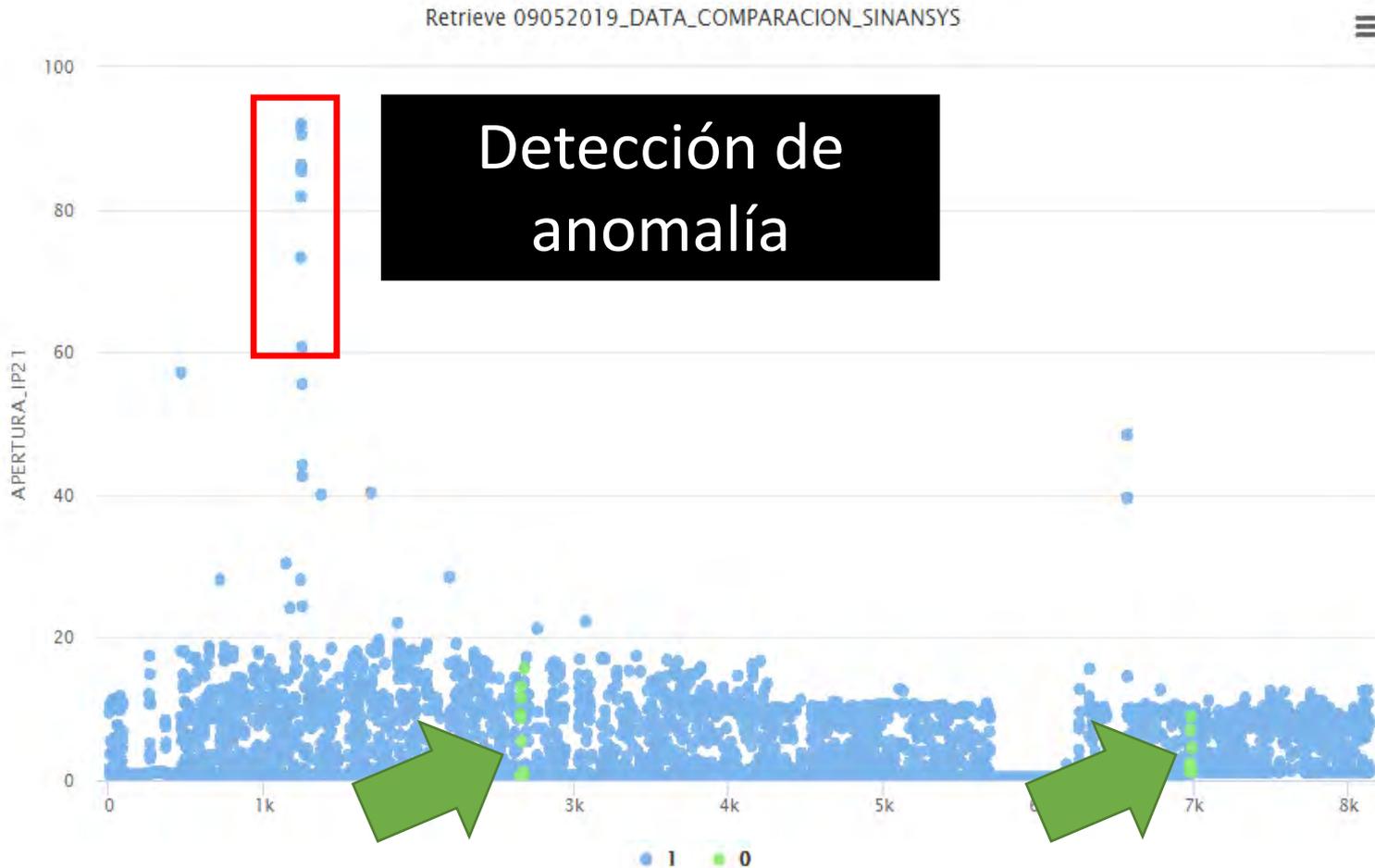
Datos de sensores en la válvula:

- Apertura de la válvula
- Datos operacionales de la válvula

Además:

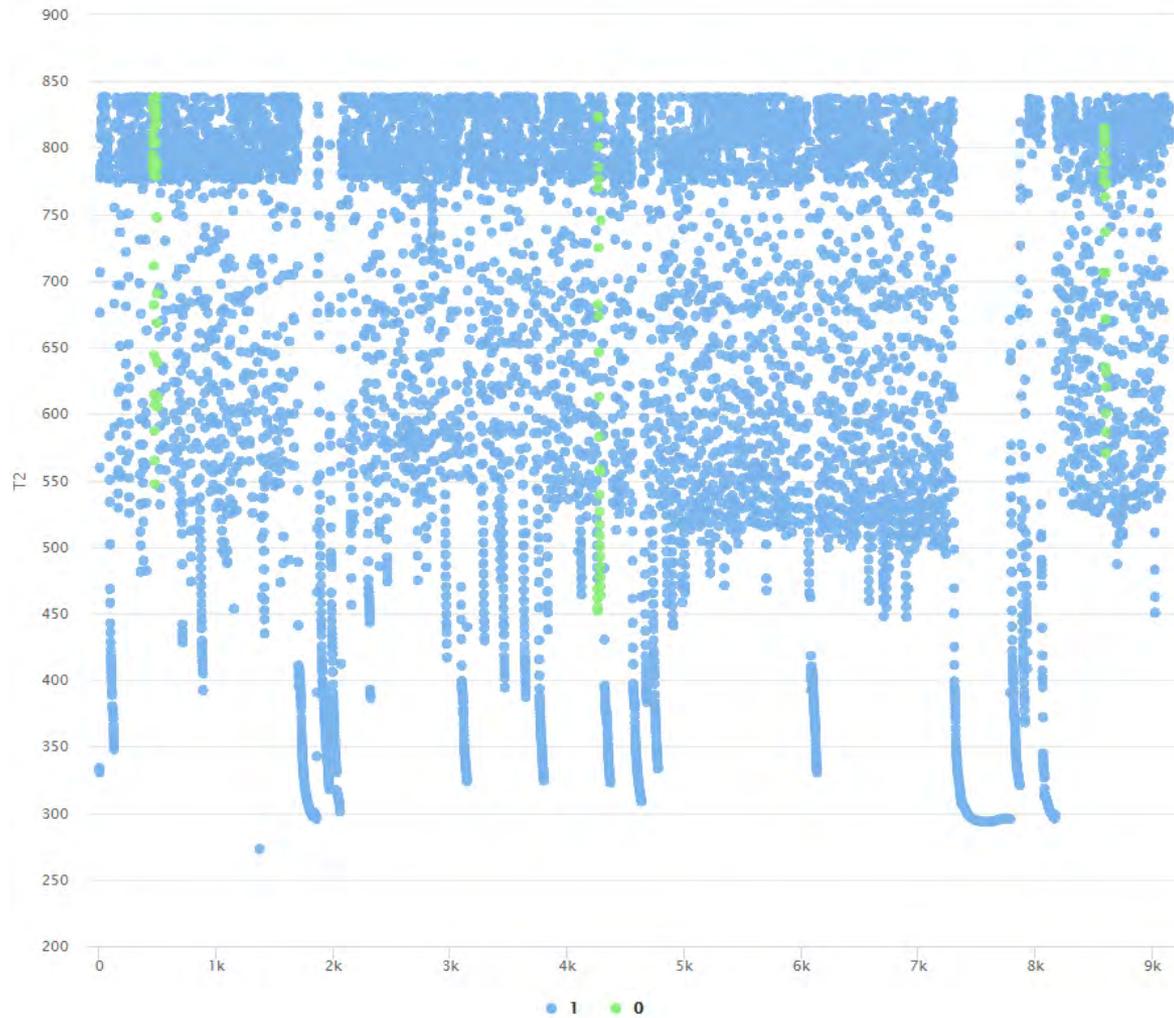
- Registro de avisos en ERP

# Anomalías detectadas **NO SON FALLAS**, en ninguno de los 3 métodos



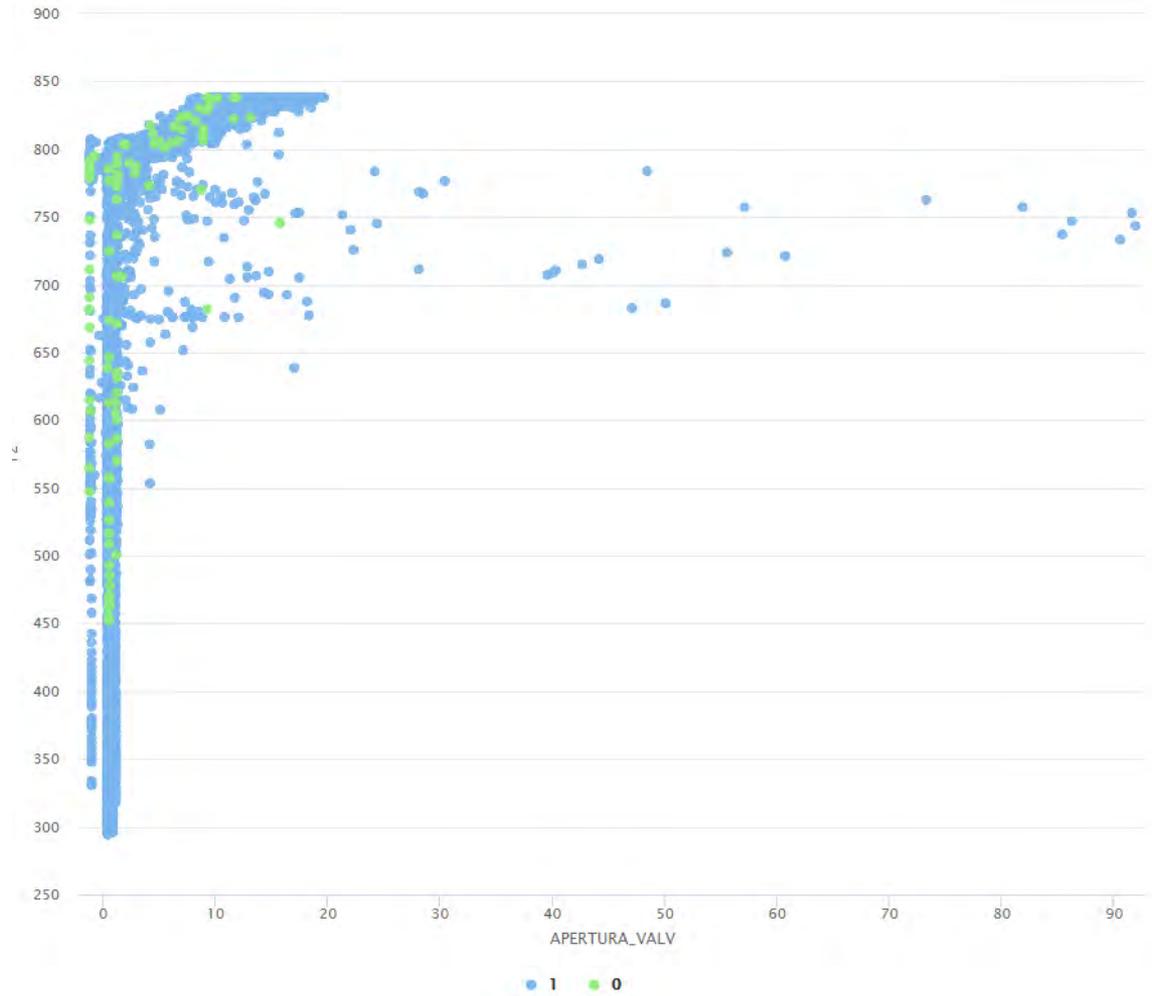


# Anomalías detectadas según temperatura





# Anomalías detectadas según apertura de la válvula y temperatura

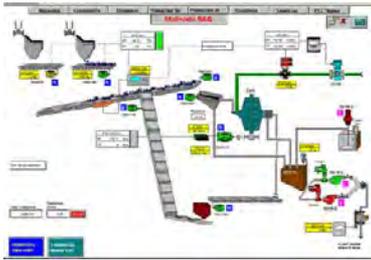


# Método no supervisado

Otras metodologías  
de **PREDICTIVO**

Monitoreo de condiciones de 1 o más variables de manera independiente (técnicas con sonido, escáner, etc.)

Método de anomalía supervisado por etiqueta falla/no falla



SCADA

CLASIFICACIÓN  
SEGÚN  
ANOMALÍA

AVISO  
PREDICTIVO

CRITÉRIO DE  
APROBACIÓN ES  
VISUAL Y NO ESTÁ  
AUTOMATIZADO

AVISO  
CORRECTIVO





CONGRESO DE  
MANTENIMIENTO  
& CONFIABILIDAD  
★ PERÚ ★

# ¡Ayuda!



**SAP&MECHANICAL**

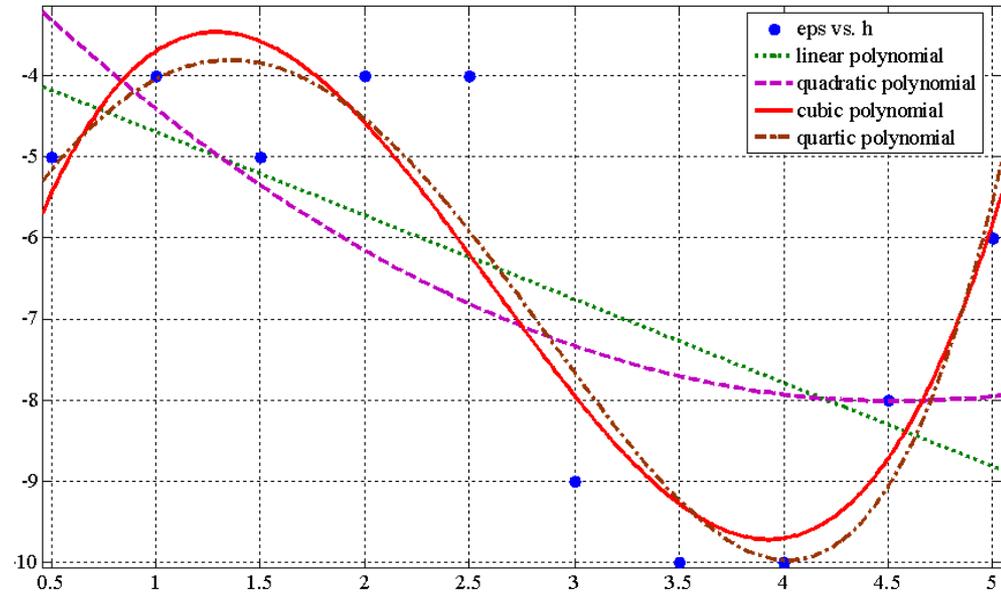
# ¿Y sí tomamos un punto de referencia?

	Ventajas	Desventajas
<b>Experimental</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1.-Más realista</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1.-Requiere equipamiento de prueba</li> <li>2.-Problemas de escalabilidad</li> <li>3.-Dificultad de tomar mediciones</li> <li>4.-Costos operacionales</li> </ul>
<b>Teórico</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1.-Más limpio, información general</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1.- Restringido a una geometría y parámetros físicos simples.</li> <li>2.-Usualmente se limita a problemas lineales</li> </ul>
<b>Computacional</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1.-No tiene restricciones de linealidad</li> <li>2.-Física compleja puede ser tratada</li> <li>3.-Evolución física en el tiempo puede ser obtenida</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1.-Requiere gran capacidad de procesamiento</li> <li>2.-Necesita inversión de tiempo en las iteraciones</li> </ul>

# Reducir el costo de procesamiento vía Machine Learning

Regresión Lineal múltiple

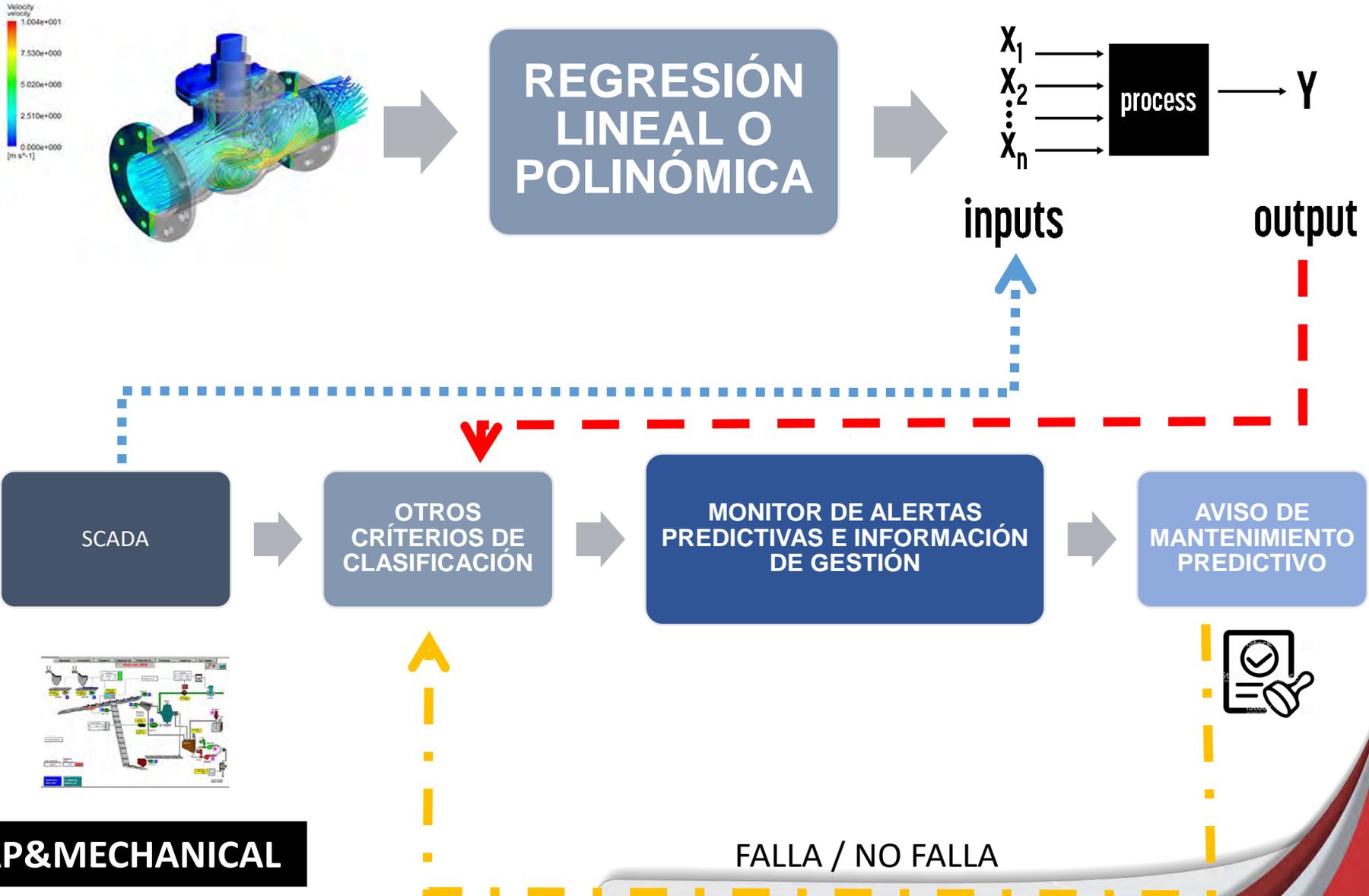
$$y = a_1x_1 + a_2x_2 + b$$



Regresión Polinómica múltiple

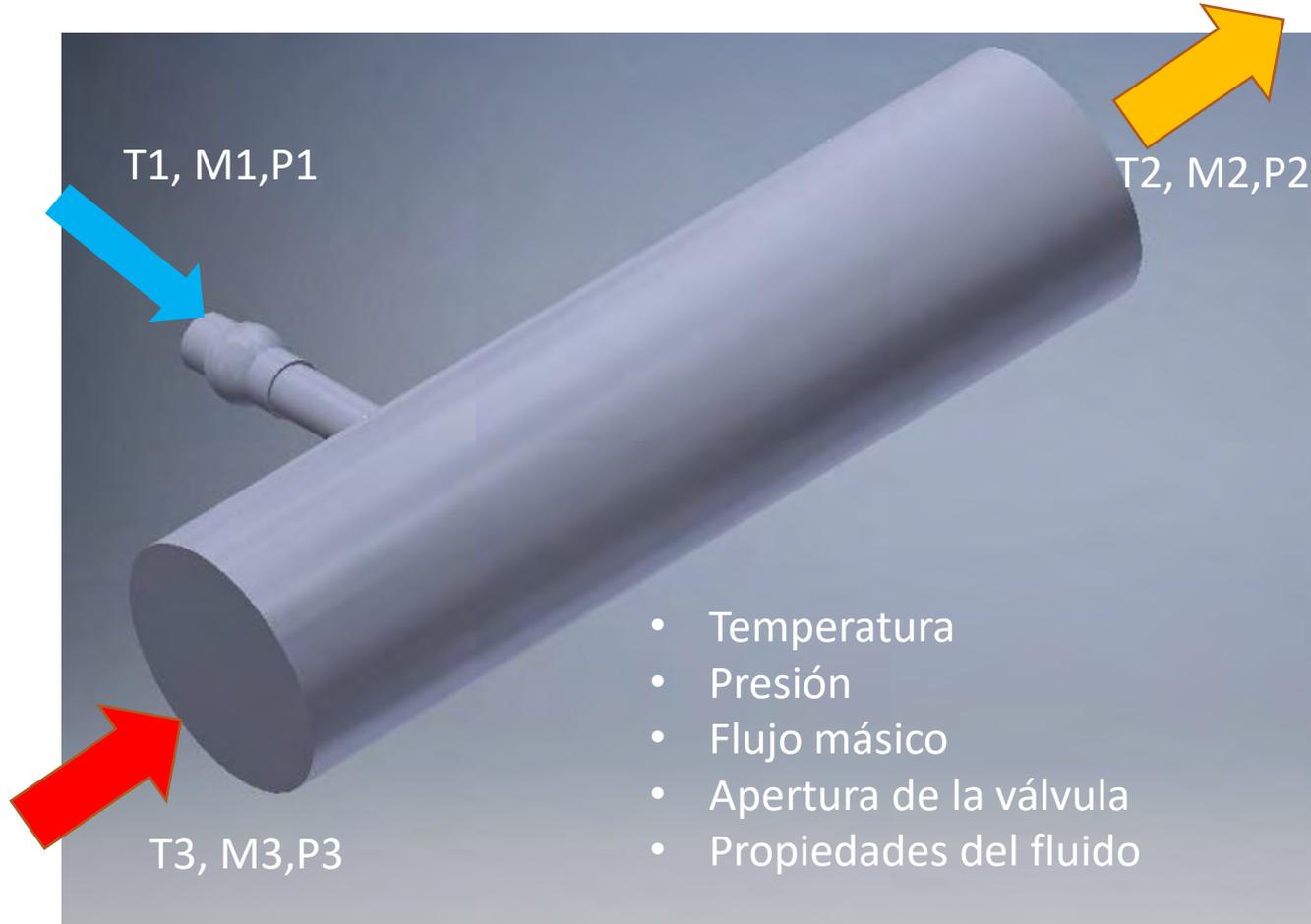
$$y = a_1x_1 + a_2x_1^2 + a_3x_2 + a_4x_2^2 + a_5x_1x_2 + b$$

# Métodos supervisados



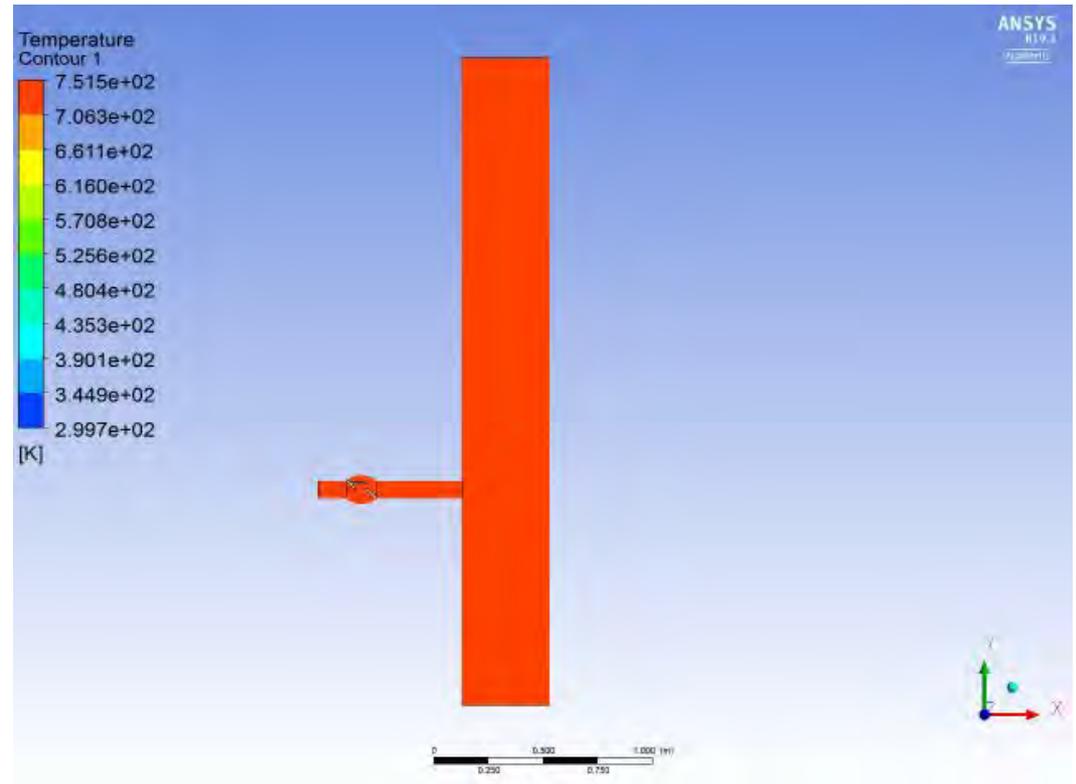


# Geometría del problema



Variables más importantes que intervienen

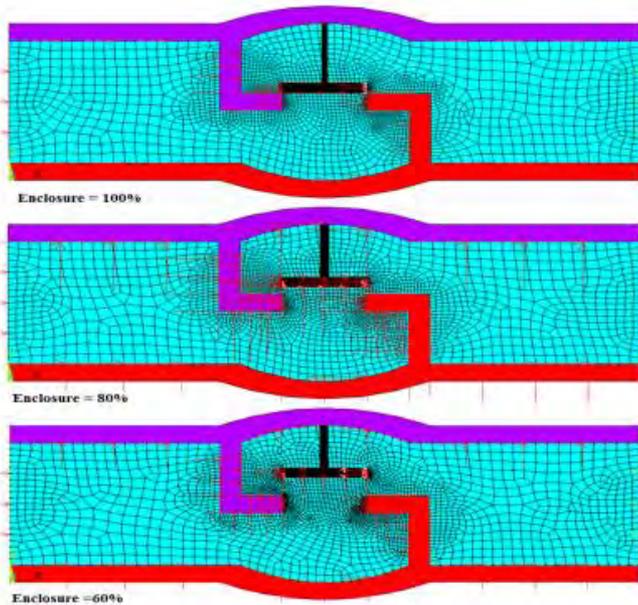
- a) Presión
- b) Temperatura
- c) Flujos máxicos
- d) Apertura de la válvula



# Dos categorías dentro de la simulación

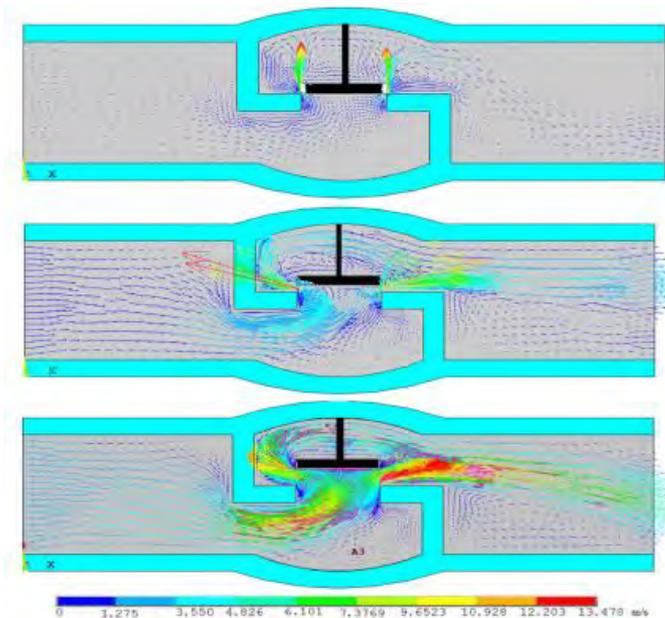
## Medidas geométricas

- Condiciones ideales
- Sin imperfecciones



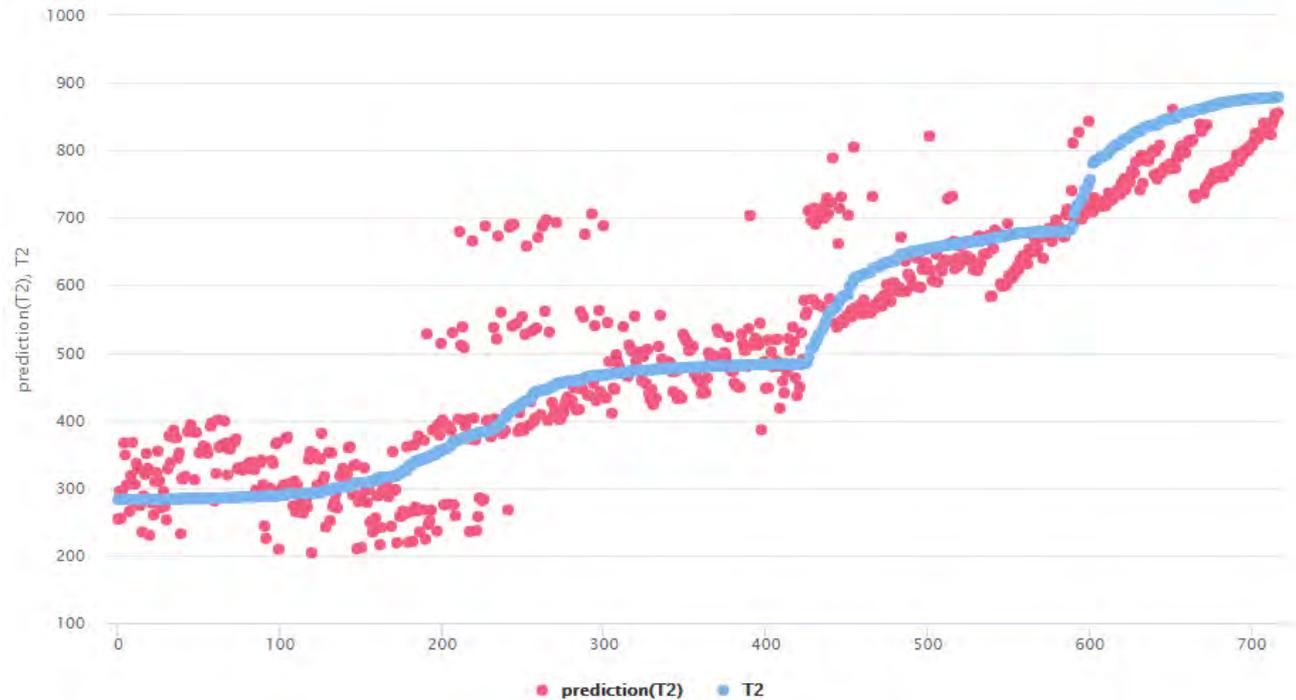
## Propiedades físicas

- Condiciones de borde reales
- Estacionarias



# Obtención polinomio usando regresión lineal o polinómica múltiple variables

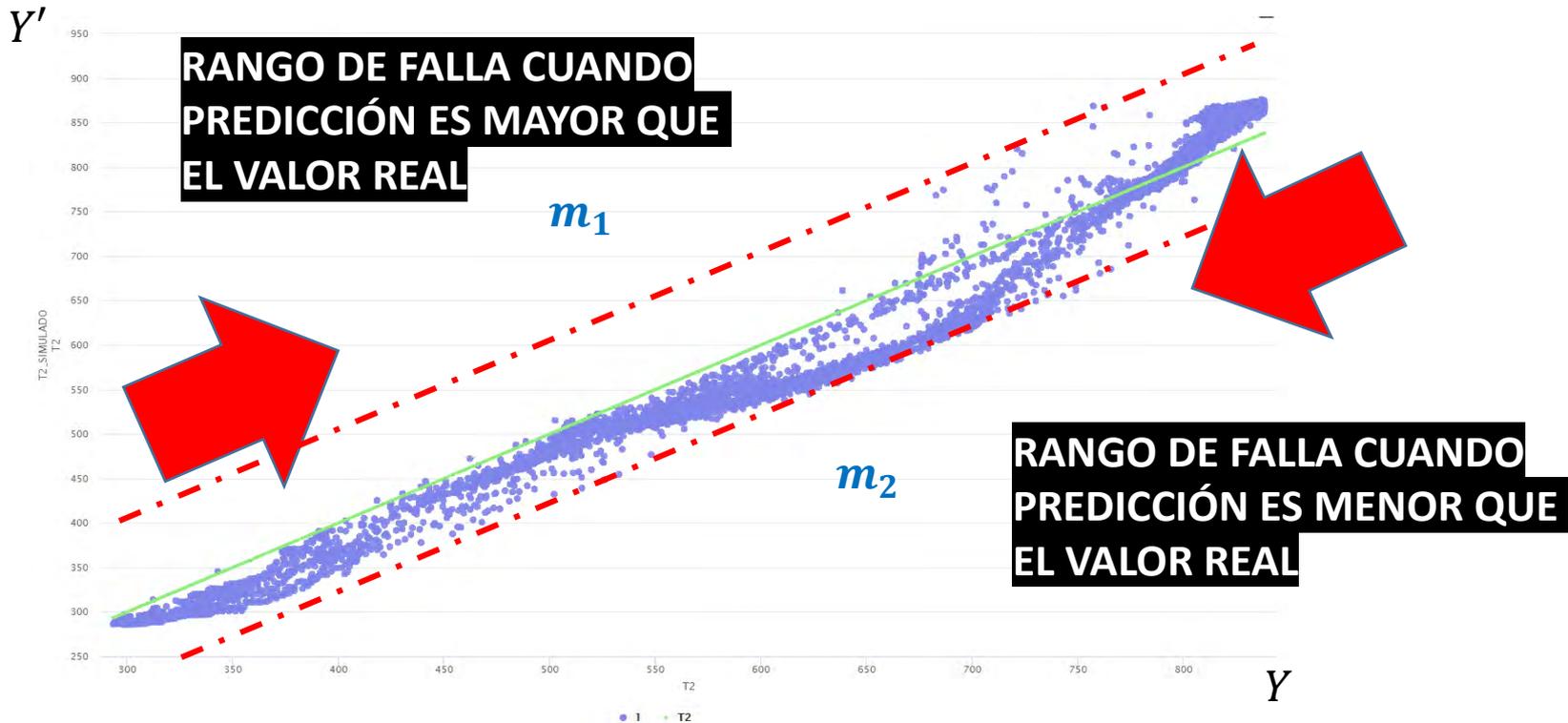
Attribute	Coefficient
T1	0.759
M1	1.257
T3	0.161
M3	-4.406
APERTURA_VALV	0.132
Intercept	-16.472



$$T2 = 0.759T1 + 1.257M1 + 0.161T3 - 4.406M3 + 0.132APERTURA\_VALV - 16.472$$



# Comparar valores simulación mecánica vs SCADA



$Y'$  : Dato evaluado en el polinomio que se generó vía simulación mecánica

$Y$  : Dato obtenido desde SCADA

# Pendiente de falla

●  $(Y, Y')$

$$m_2 < \frac{Y'}{Y} < m_1$$



$$\frac{Y'}{Y} < m_2$$

$$\frac{Y'}{Y} > m_1$$

Se eligen 2 valores iniciales de  $m_1$  y  $m_2$

$$0.9 < \frac{Y'}{Y} < 1.05$$



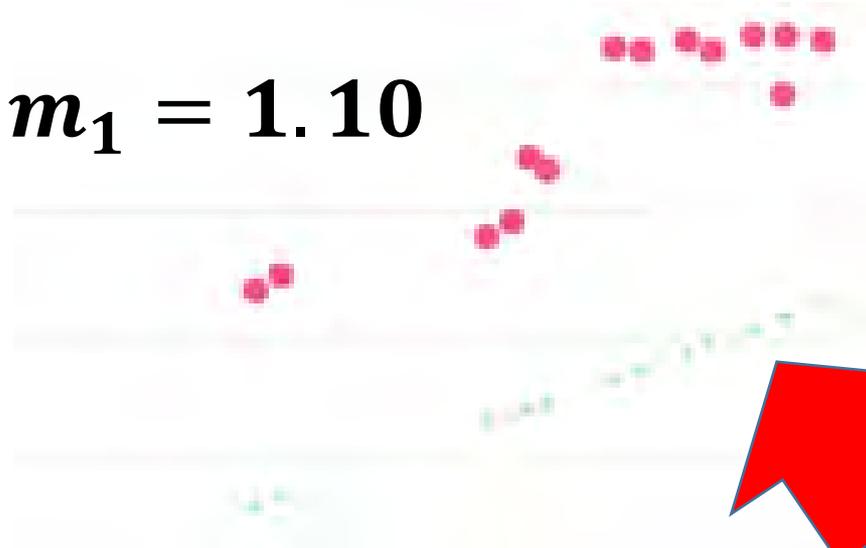
$$\frac{Y'}{Y} < 0.9$$

$$\frac{Y'}{Y} > 1.05$$



# Datos obtenidos en fallas reales

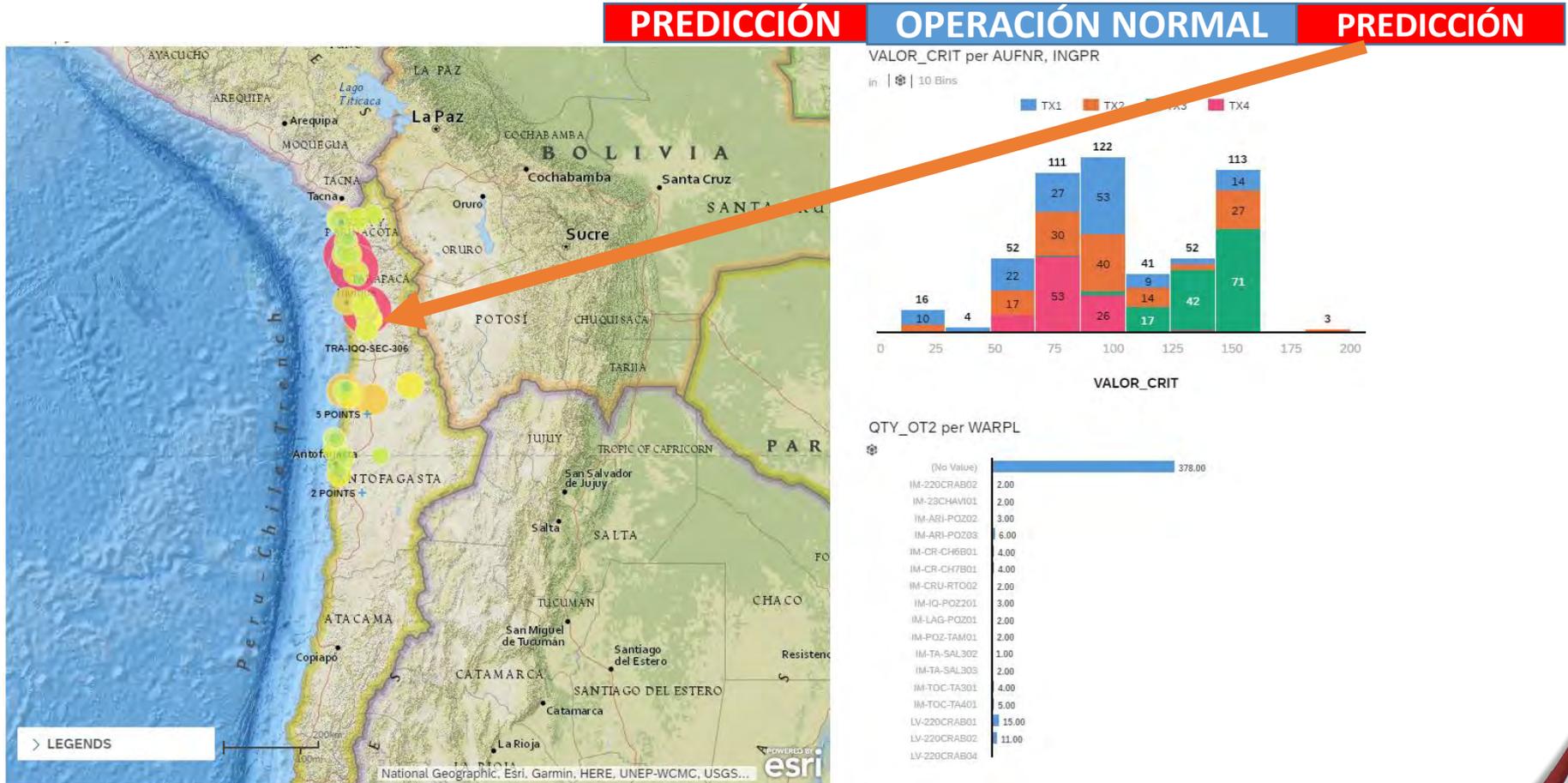
$$m_1 = 1.10$$



$$m_2 = 0.85$$



# Crear automáticamente avisos predictivos si se ingresa al rango predictivo



# Ajuste de las pendientes

● (Y,Y')

- ① Datos obtenidos de predicción 1
- ② Datos obtenidos de predicción 2

$$0.9 < \frac{Y'}{Y} < 1.2$$

RANGO DE FALLA ①

RANGO NORMAL

② RANGO DE FALLA

$$\frac{Y'}{Y} < 0.9$$

$$\frac{Y'}{Y} > 1.1$$

Nuevos valores para m1 y m2

$$0.88 < \frac{Y'}{Y} < 1.17$$

RANGO DE FALLA

RANGO NORMAL

RANGO DE FALLA

$$\frac{Y'}{Y} < 0.88$$

$$\frac{Y'}{Y} > 1.08$$

$$\frac{\sum Y'_{FALLA}}{\sum Y_{FALLA}} = m_1$$

$$\frac{\sum Y'_{FALLA}}{\sum Y_{FALLA}} = m_2$$

## List of Alerts

Search



- |   |                |
|---|----------------|
| Predictivo Valvula de atemperación U3<br>Alerta Predictiva  | 6 Junio, 2019  |
| Predictivo Valvula de atemperación U6<br>Alerta Predictiva  | 10 Julio, 2019 |
| Fatiga de material debido a vibraciones presentes<br>Correctivo   | 5 Mayo, 2019   |
| Fuga de aceite, válvula de seguridad no estanca, aire en sistema hydroset, válvula maniobra no...<br>Correctivo | 29 Mayo, 2019  |
| Cambio Aceite de Lubricación<br>Preventivo, en curso  | 13 Junio, 2019 |

Alerta



Predictivo Valvula de atemperación

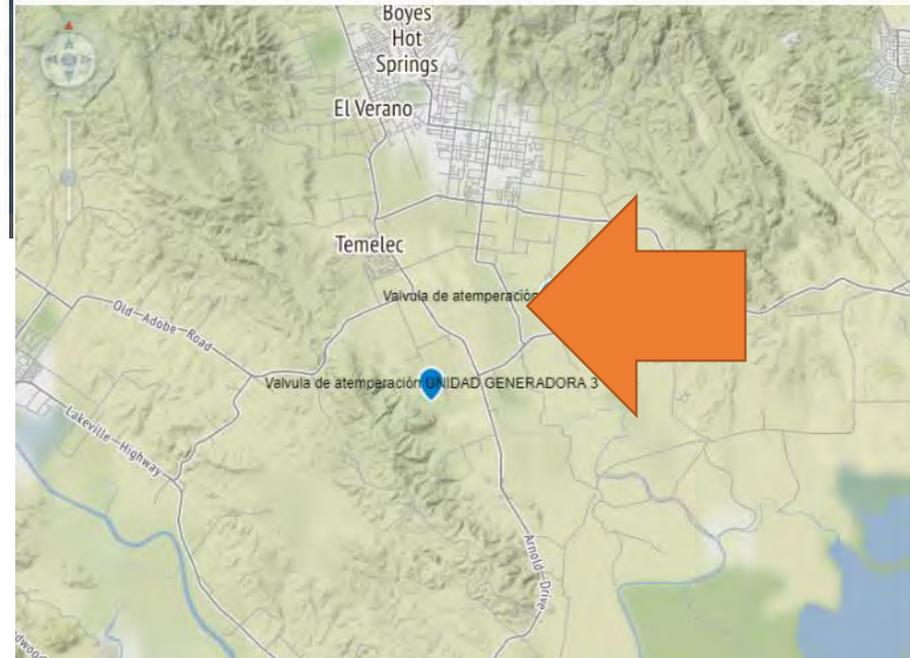
6 Junio, 2019

Severity: Alta

Status: Alerta Predictiva

Assigned to:

Comment:



Valvula de atemperación UNIDAD GENERADORA 16  
WS-205S

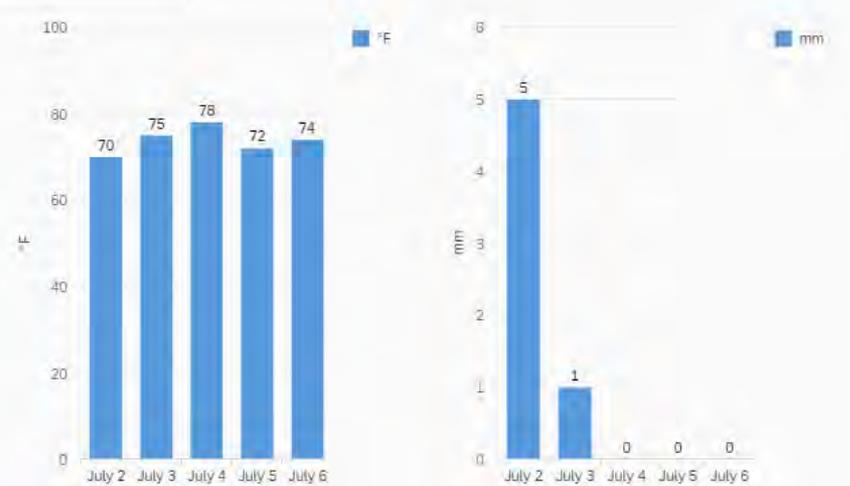
Crear aviso de mantenimiento predictivo

Pendiente m1  Pendiente m2

INFO DATA HISTORY MESSAGES

Model: WS-205S  
Manufacturer: Weather Future Inc.

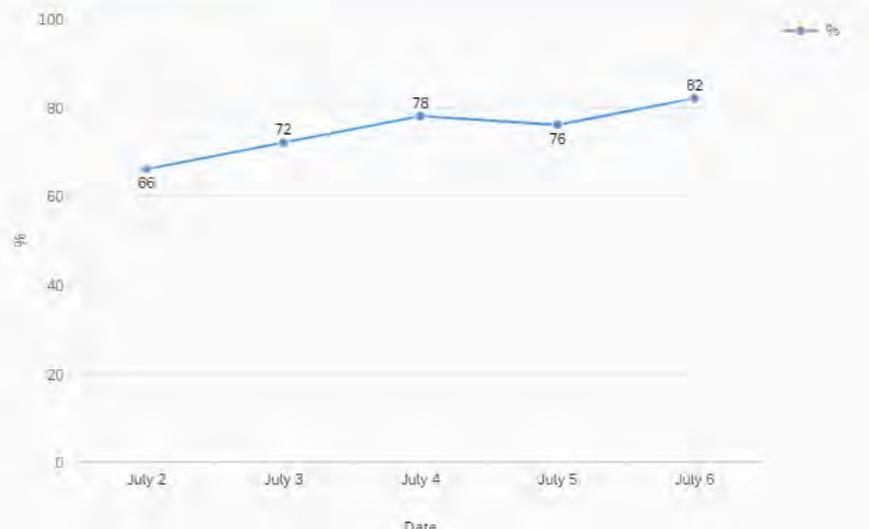
### DATA HISTORY



Date	Temperature (°F)	Precipitation (mm)
July 2	70	5
July 3	75	1
July 4	78	0
July 5	72	0
July 6	74	0

Valvula de atemperación UNIDAD GENERADORA 16 WS-205S

INFO DATA HISTORY MESSAGES



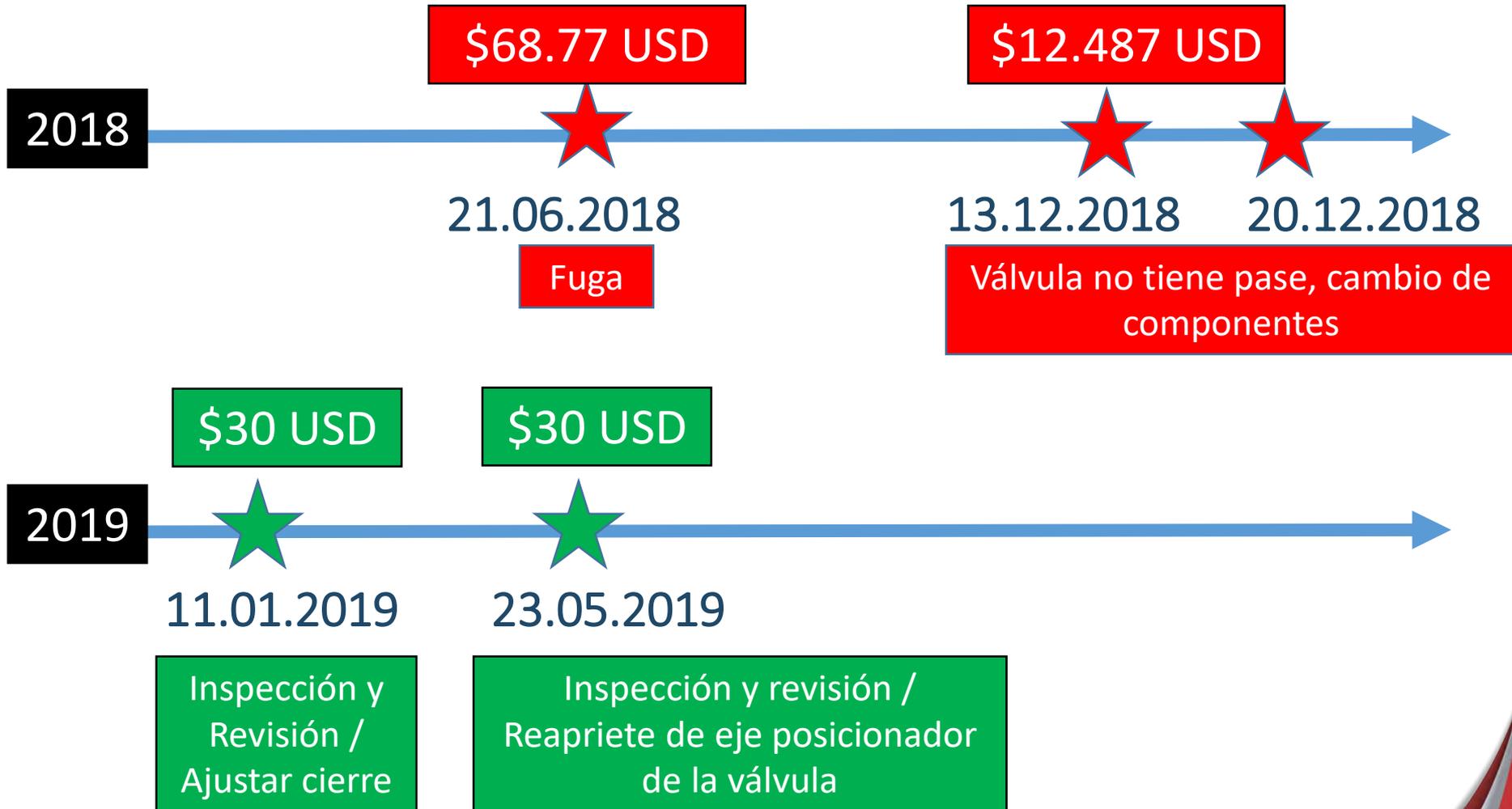
Date	Percentage (%)
July 2	66
July 3	72
July 4	78
July 5	76
July 6	82

### MESSAGES

- July 4, 2018:** Mantenimiento preventivo Cambio Aceite de Lubricación
- July 3, 2018:** Mantenimiento Correctivo Motor no funciona, con ruidos extraños



# Eventos del año 2018 y los del 2019, luego de la metodología





# Comparaciones según tipo de dato

M	Datos	Reconocimiento facial	Reconocimiento de fallas
I	Entrenamiento	Vectorizar la luz, sombra y la forma de la cara de un modelo ideal	Vectorizar la geometría, temperatura, presión, flujos máxicos y otras propiedades físicas de un modelo ideal
I	TEST	Probar el modelo vectorial miles de fotografías	Probar el modelo con miles de conjuntos de datos
I	Objetivo	Nombre y apellido	Propiedad física que resulta del sistema de la variación de geometría y otras propiedades (DATO IDEAL)
II	REAL	Fotografías en ángulos complicados	Datos desde SCADA
II	Predicción	Predicción de rasgos faciales, comparación vía rotación de los vectores	Predicción de falla según rango de normal funcionamiento y rango predictivo
	Incompletos o con acierto menor	Retrato hablado	Teoría de calculo de rendimiento y variable de válvulas



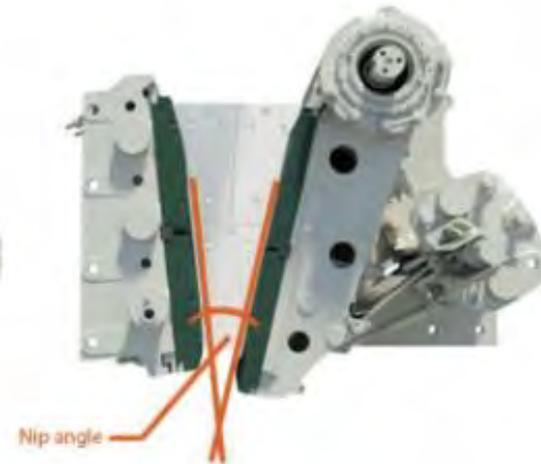
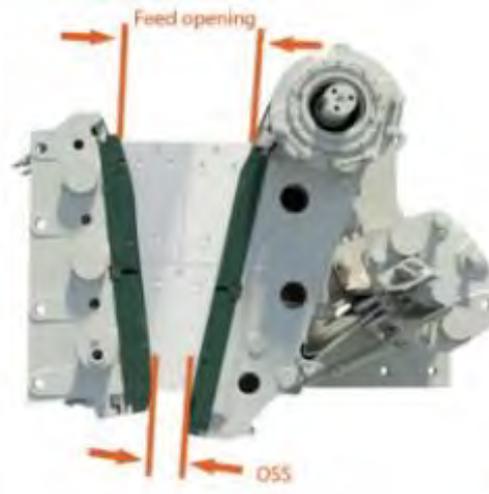
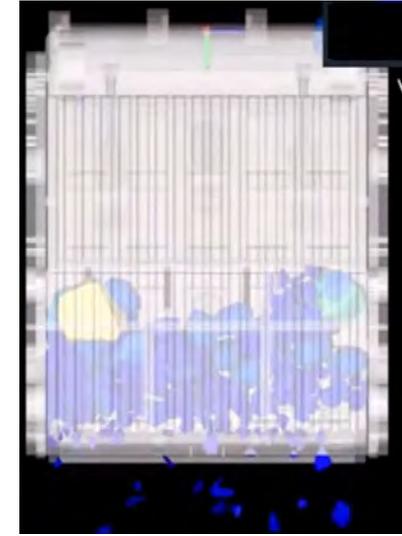
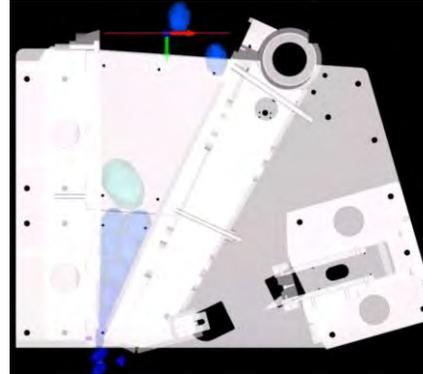
# Retrato hablado





# Extrapolación a otras industrias

- Capacity (ton/h)
- Input Size (mm)
- Output Size (100 mm under)
- Speed: 100 RPM





CONGRESO DE  
MANTENIMIENTO  
& CONFIABILIDAD  
★ PERÚ ★

POR SU ATENCIÓN

**¡GRACIAS!**



CONGRESO DE  
MANTENIMIENTO  
& CONFIABILIDAD  
★ PERÚ ★



## ***Cristián Solís***

*Ingeniero Senior de Desarrollo  
soluciones de mantenimiento en SAP*

*cristian.solis@live.com*

**SI TIENES**

**DUDAS O COMENTARIOS**

**¡No dudes en acercarte!**