



CONGRESO DE
MANTENIMIENTO
& CONFIABILIDAD
CHILE

2^a
EDICIÓN



“Por aquí es un camino...”

Vamos a compartir nuestras experiencias, logros, tropiezos y descubrimientos.



ANALÍTICA PREDICTIVA MEDIANTE SIMULACIÓN MECÁNICA

Cristián Solís Calderón

Ingeniero Senior de Desarrollo soluciones SAP en mantenimiento

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



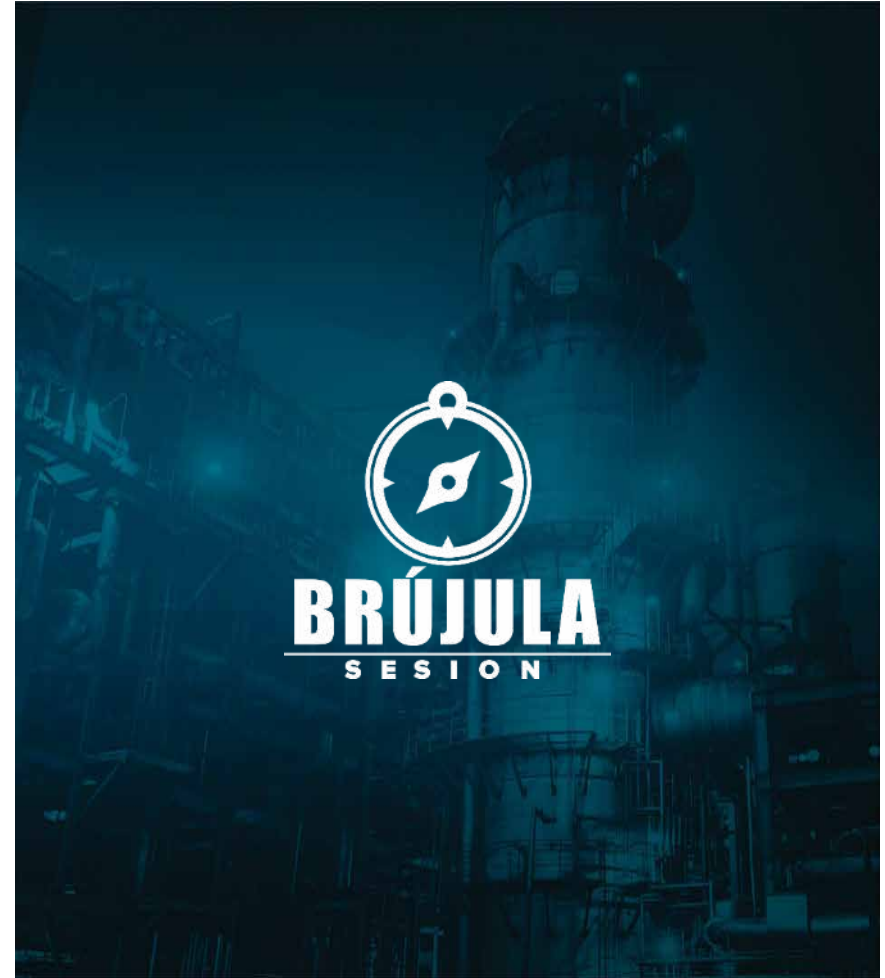
Es una metodología aprendida después de años de desarrollo del método predictivo



Es una historia real que esta resumida en hitos clave

Viaje a través de la presentación

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

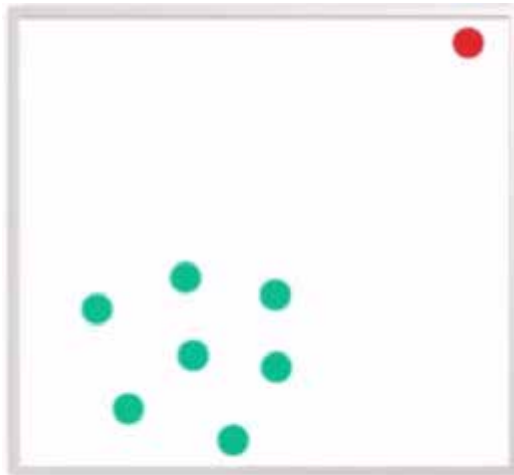
La necesidad del uso de los datos



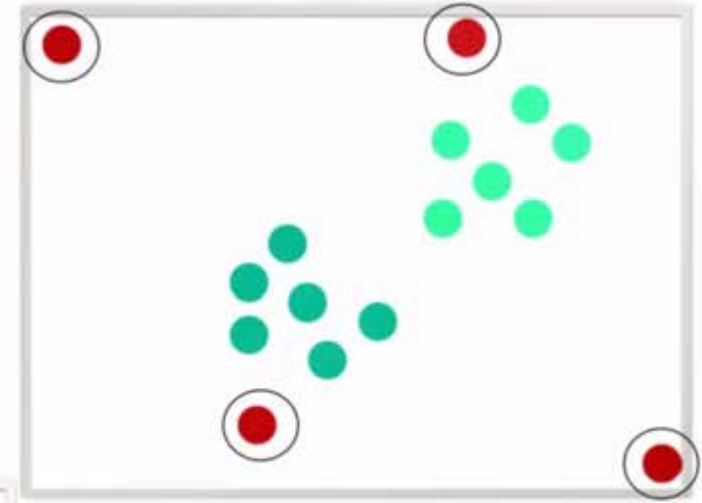
La caja negra de la industria 4.0



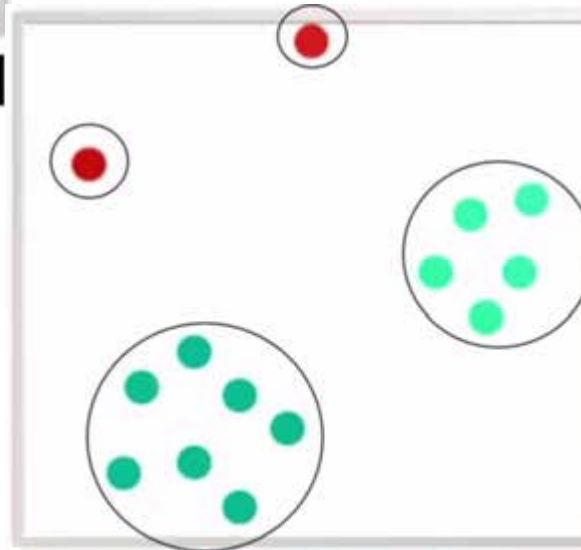
Modelos predictivos más usados en mantenimiento



Distance Based



Density LOF Based



Density Based



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

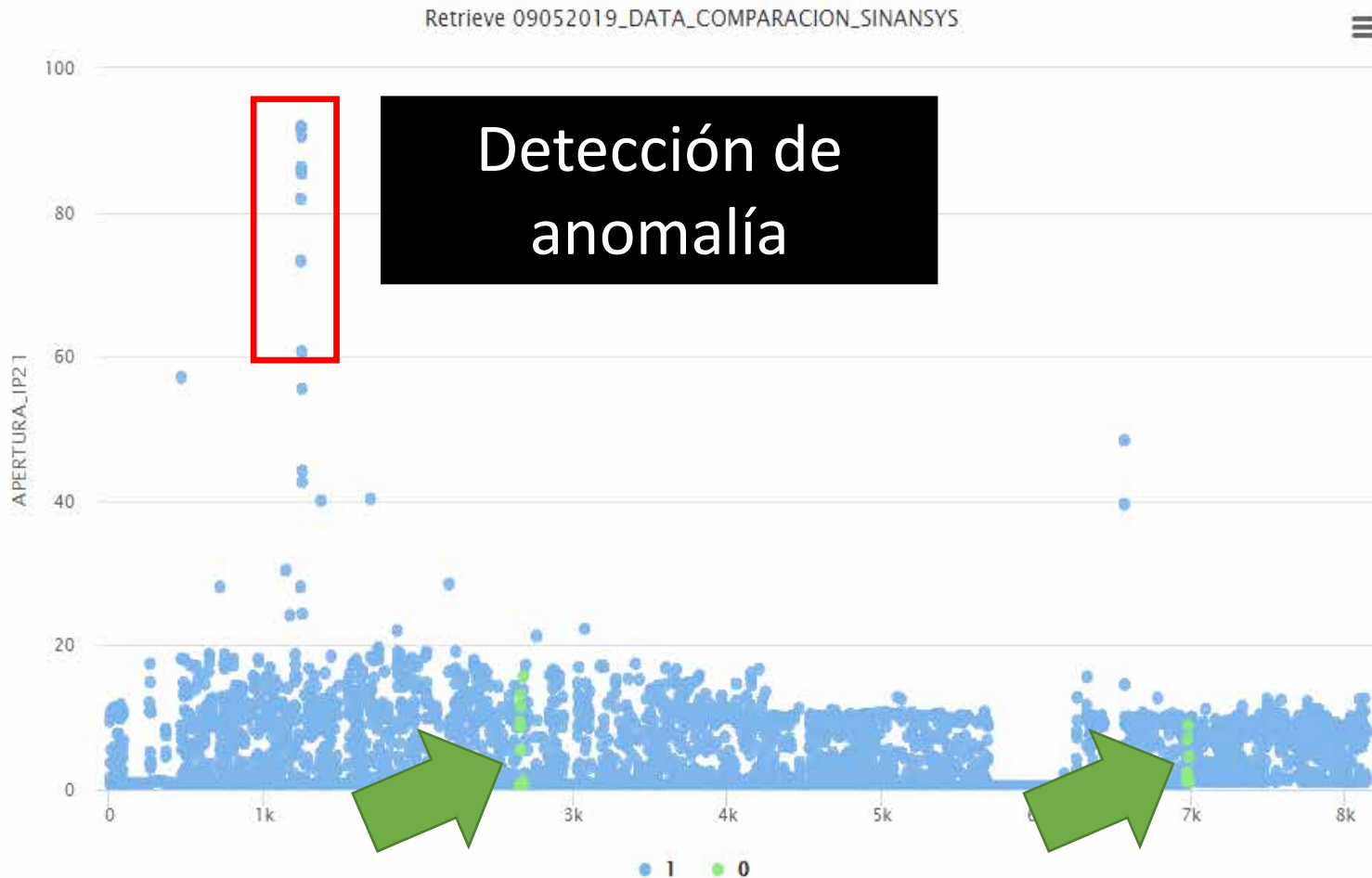
Datos de sensores en la válvula:

- Apertura de la válvula
- Datos operacionales de la válvula

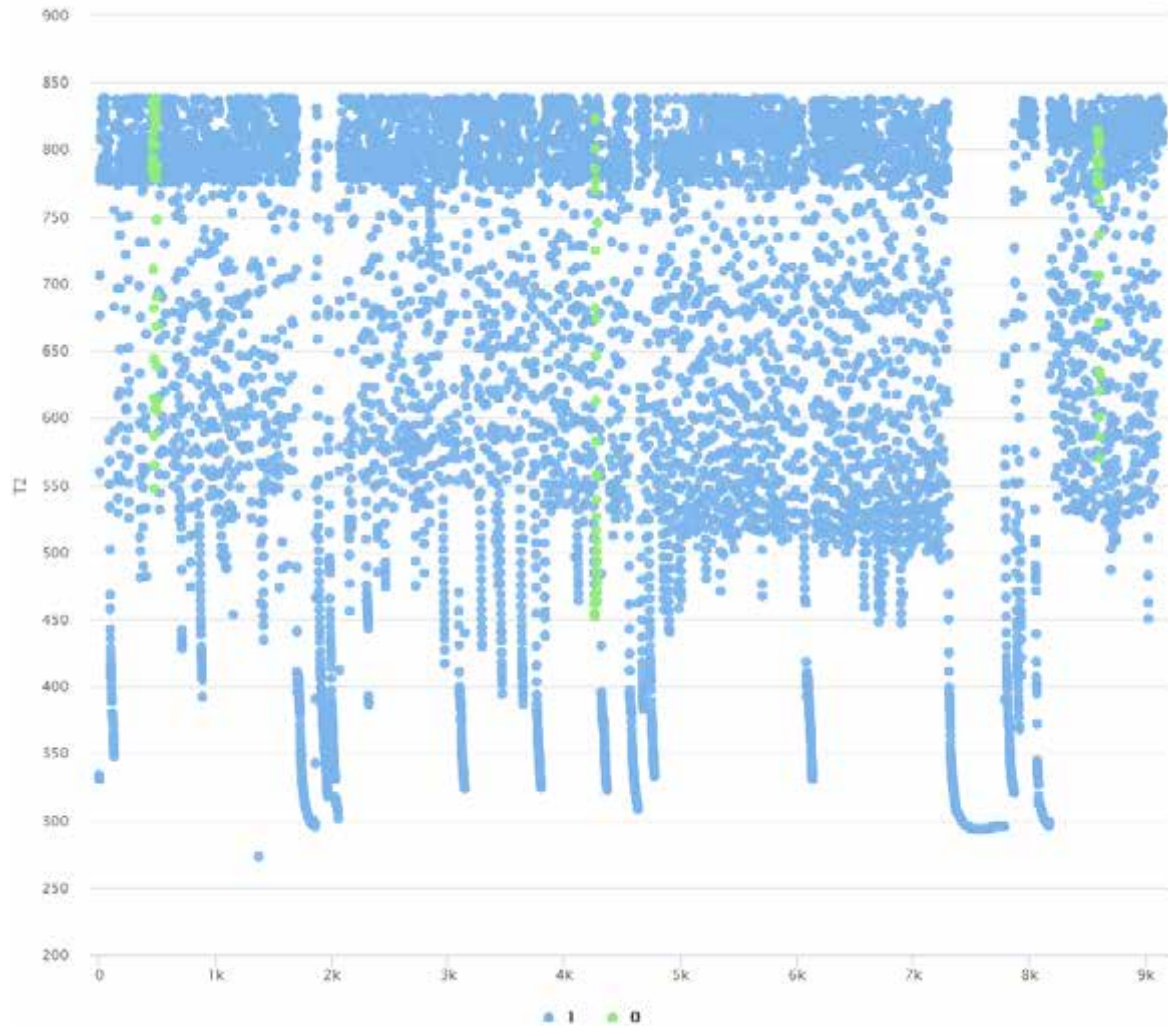
Además:

- Registro de avisos en ERP

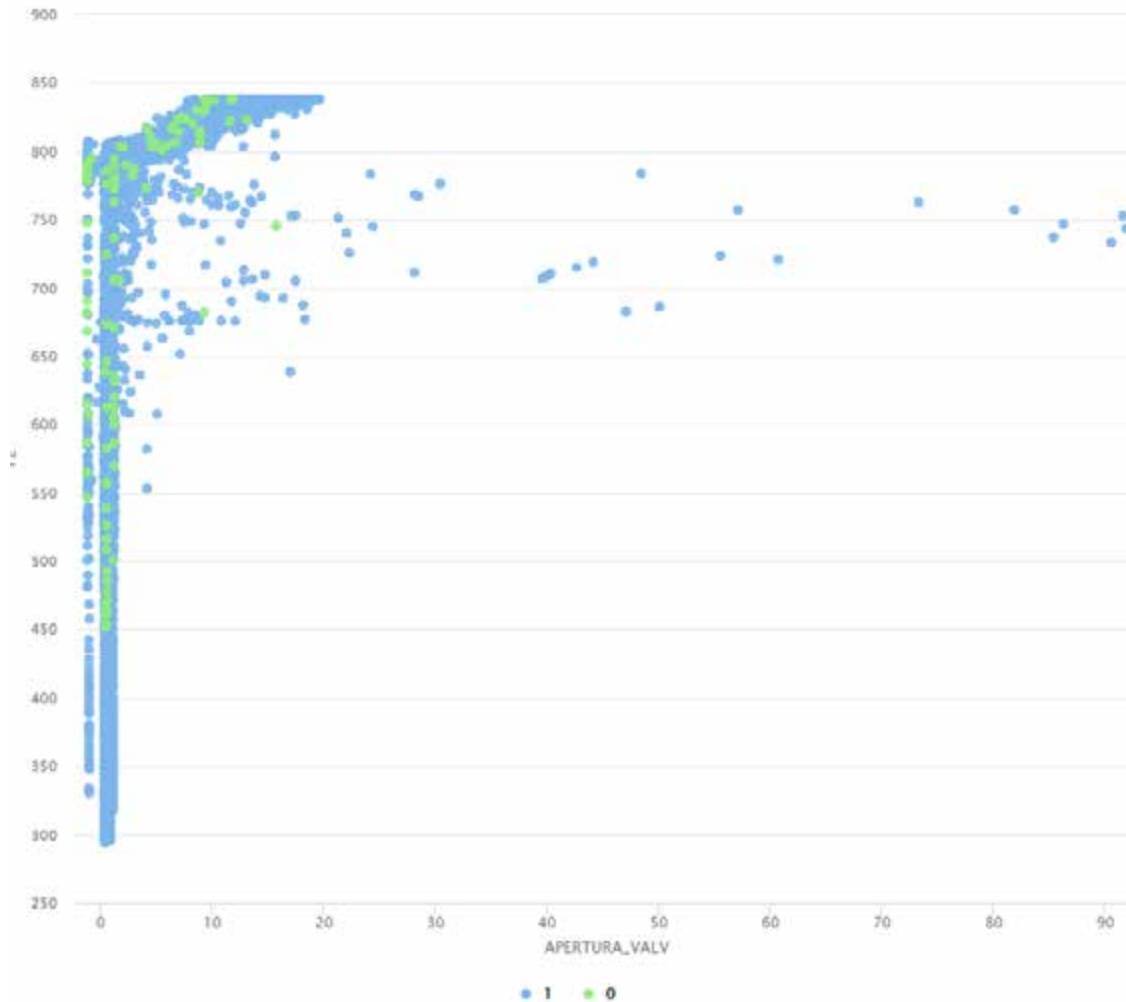
Anomalías detectadas NO SON FALLAS, en ninguno de los 3 métodos



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

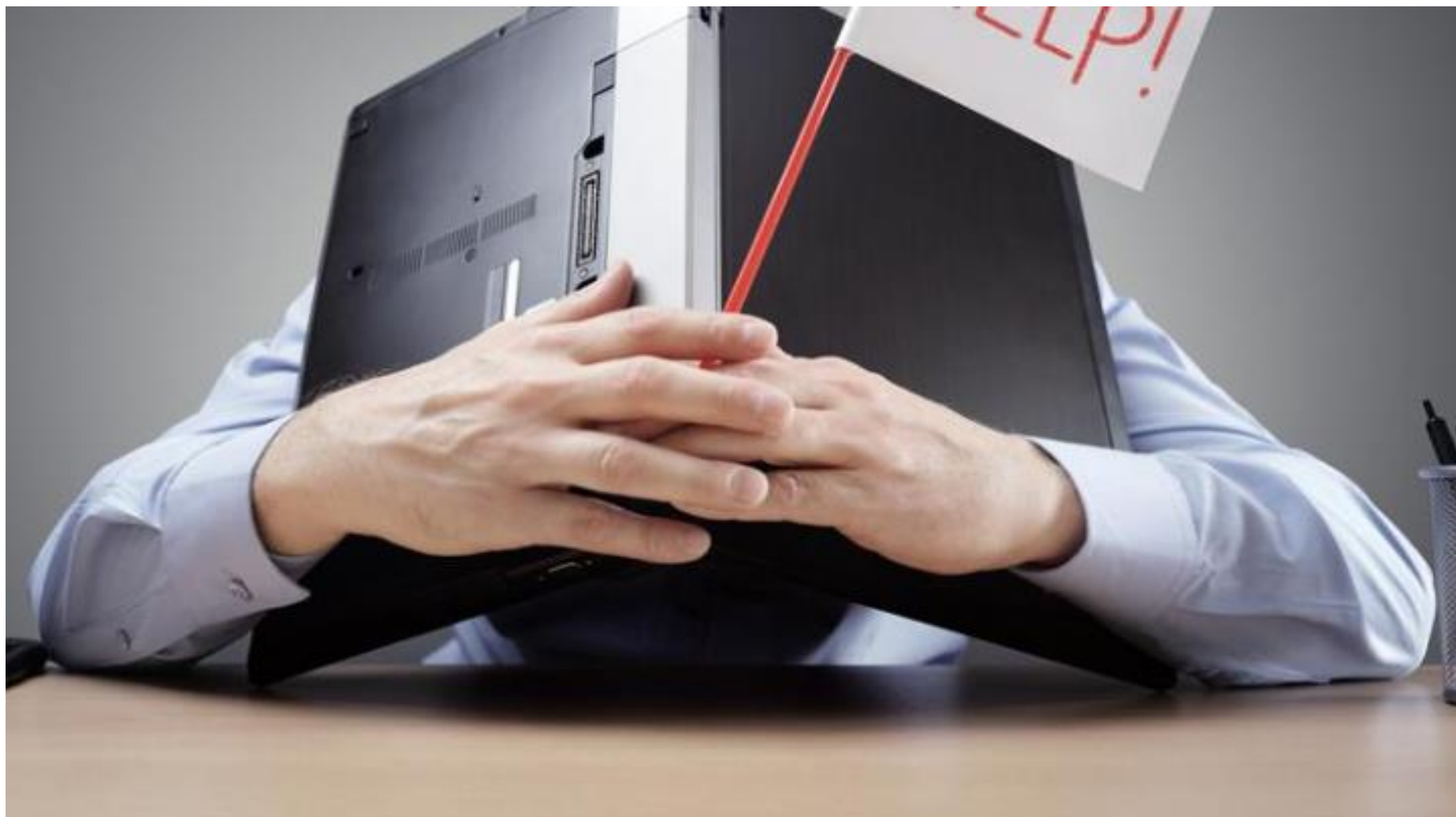
AVISO
PREDICTIVO

CRÍTERIO DE
APROBACIÓN ES
VISUAL Y NO ESTÁ
AUTOMATIZADO

AVISO
CORRECTIVO

SAP&MECHANICAL





¿Y sí tomamos un punto de referencia?

	Ventajas	Desventajas
Experimental	1.-Más realista	1.-Requiere equipamiento de prueba 2.-Problemas de escalabilidad 3.-Dificultad de tomar mediciones 4.-Costos operacionales
Teórico	1.-Más limpio, información general	1.- Restringido a una geometría y parámetros físicos simples. 2.-Usualmente se limita a problemas lineales
Computacional	1.-No tiene restricciones de linealidad 2.-Física compleja puede ser tratada 3.-Evolución física en el tiempo puede ser obtenida	1.-Requiere gran capacidad de procesamiento 2.-Necesita inversión de tiempo en las iteraciones

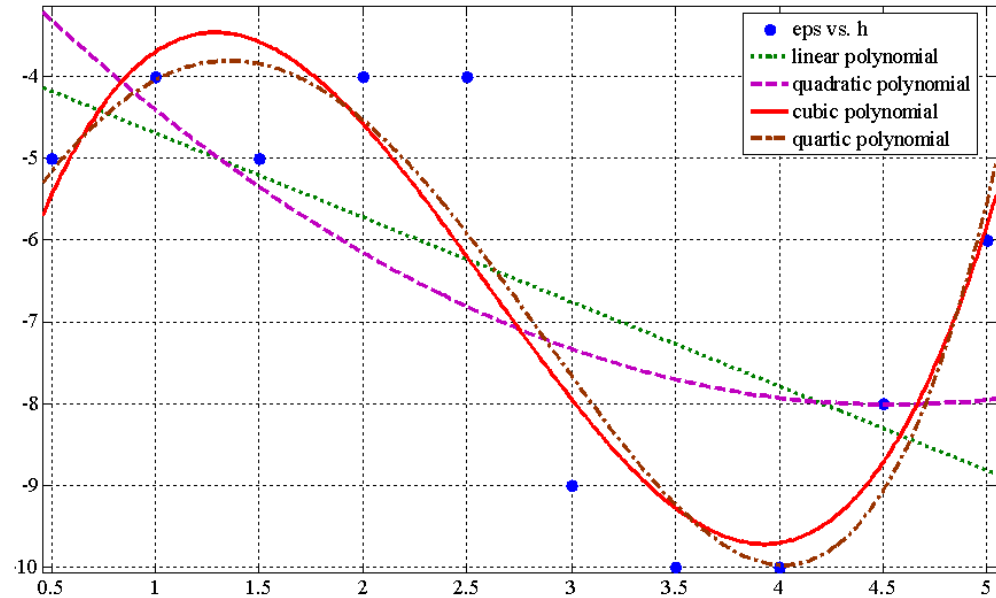
Reducir el costo de procesamiento vía Machine Learning

Regresión Lineal múltiple

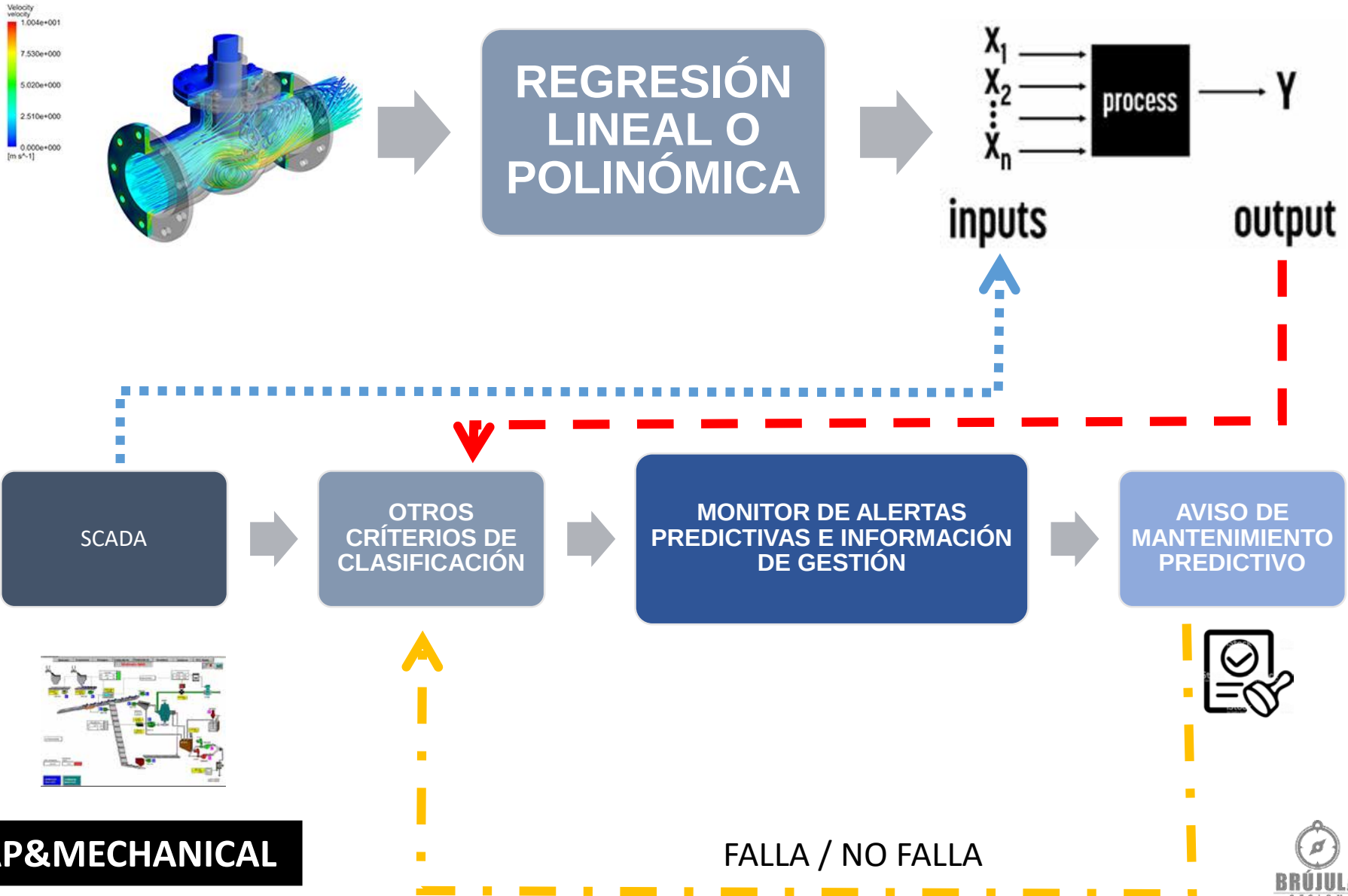
$$y = a_1x_1 + a_2x_2 + b$$

Regresión Polinómica múltiple

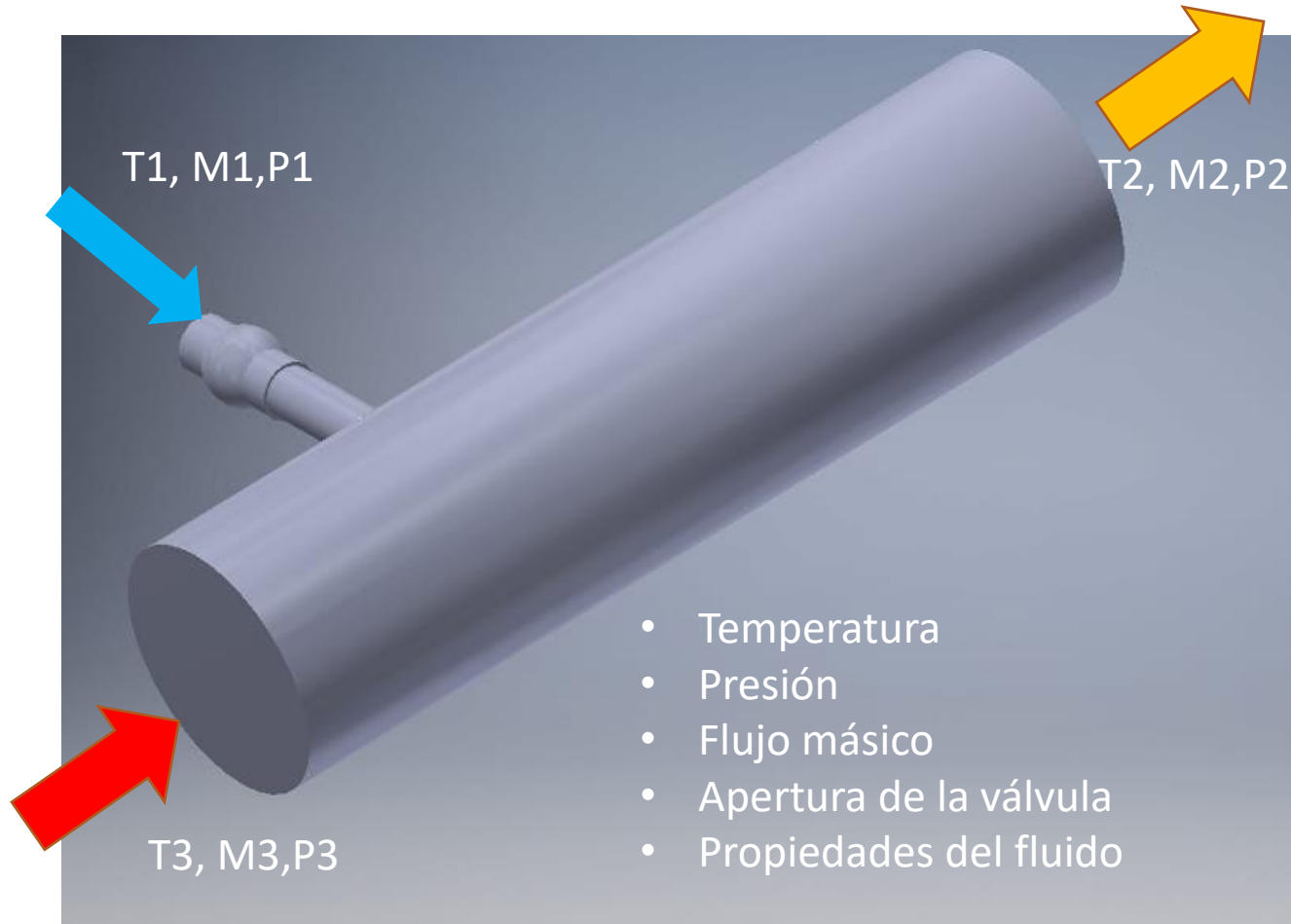
$$y = a_1x_1 + a_2x_1^2 + a_3x_2 + a_4x_2^2 + a_5x_1x_2 + b$$



Métodos supervisados

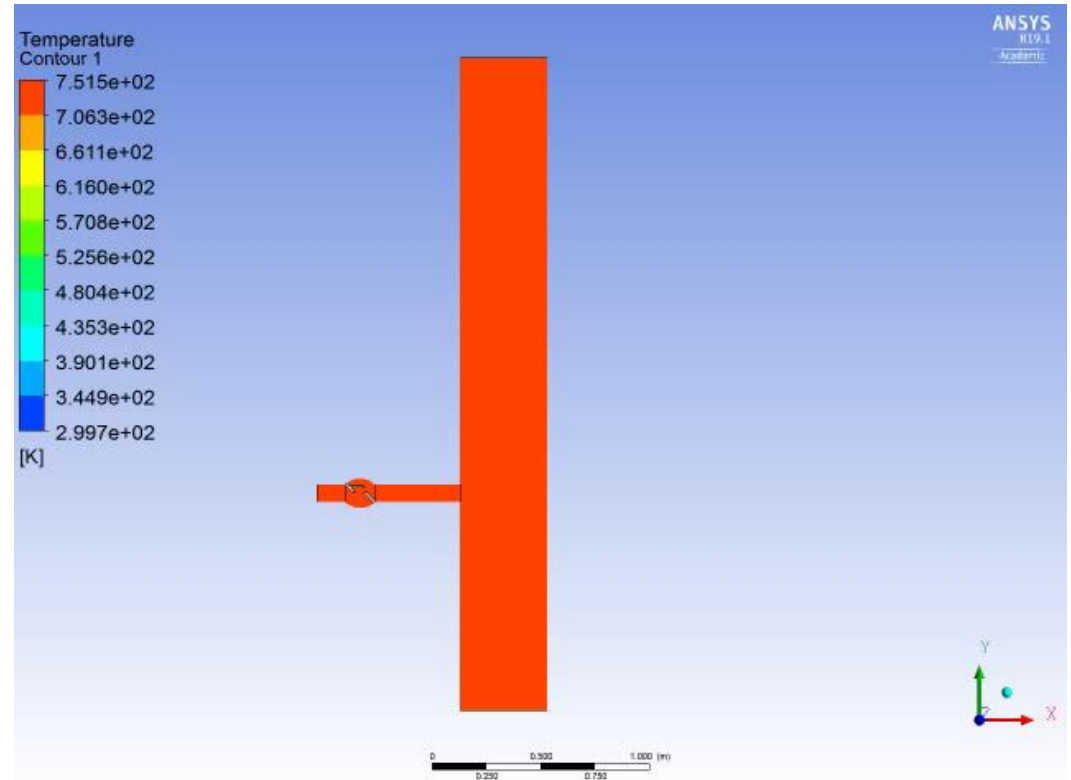


Geometría del problema



Variables más importantes que intervienen

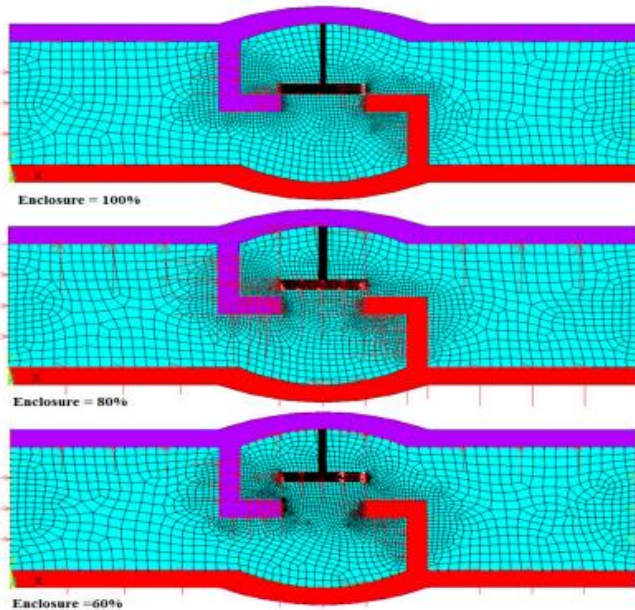
- a) Presión
- b) Temperatura
- c) Flujos másicos
- d) Apertura de la válvula



Dos categorías dentro de la simulación

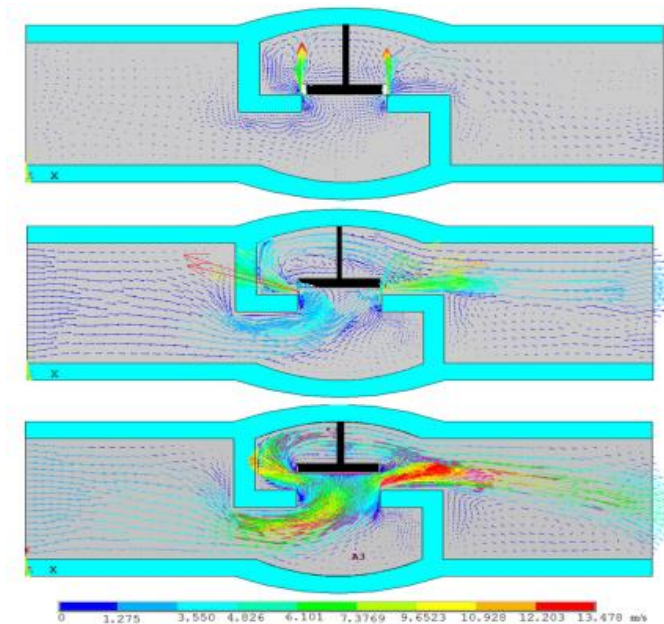
Medidas geométricas

- Condiciones ideales
- Sin imperfecciones



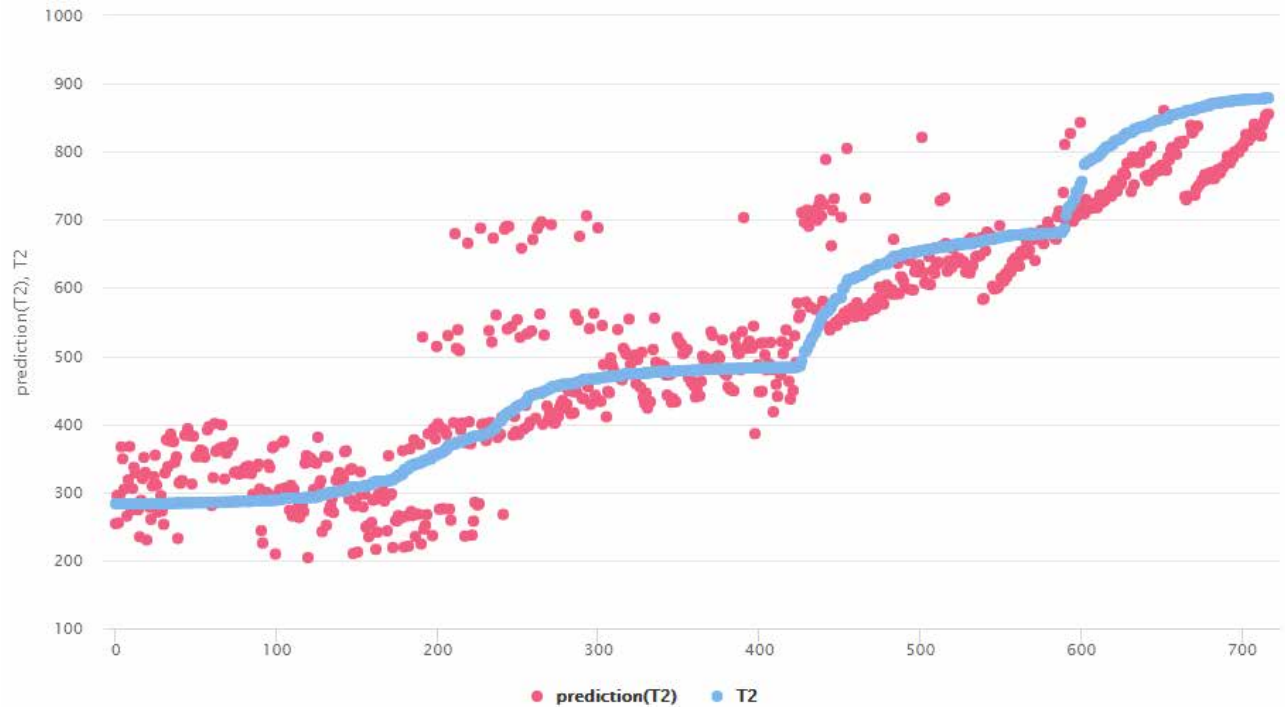
Propiedades físicas

- 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

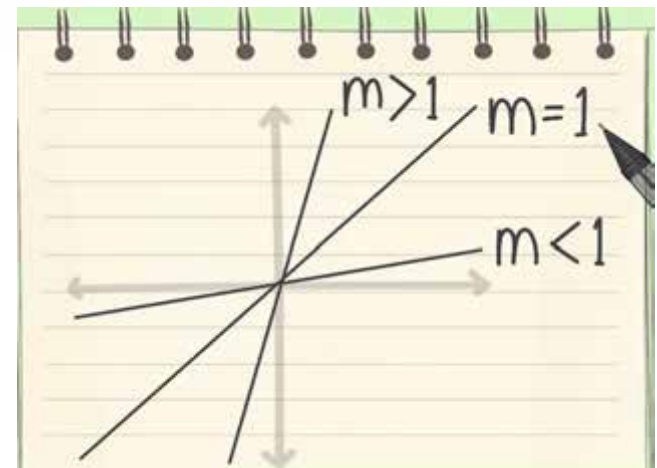


$$T2 = 0.759T1 + 1.257M1 + 0.161T3 - 4.406M3 + 0.132APERTURA_VALV - 16.472$$

Comparar valores SCADA vs Simulación mecánica



Clasificación según pendiente



Calculo iterativo de pendiente de falla

m_1 y m_2 son datos iniciales

Si el punto (Y, Y') se tiene que $Y' - m_1 Y > 0$

Entonces; el punto pertenece al **RANGO DE PREDICCIÓN DE FALLA 1** y el valor de m_1 será:

$$\frac{\sum Y'_{FALLA}}{\sum Y_{FALLA}} = m_1 \text{ (nuevo)}$$

Si en el punto (Y, Y') se tiene que $Y' - m_2 Y < 0$

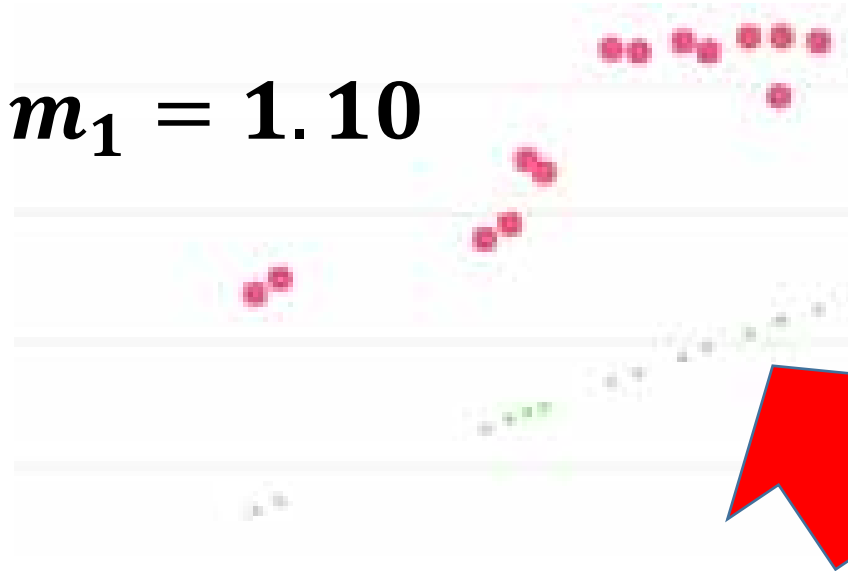
Entonces el punto pertenece al **RANGO DE PREDICCIÓN DE FALLA 2** y el valor de m_2 será:

$$\frac{\sum Y'_{FALLA}}{\sum Y_{FALLA}} = m_2 \text{ (nuevo)}$$

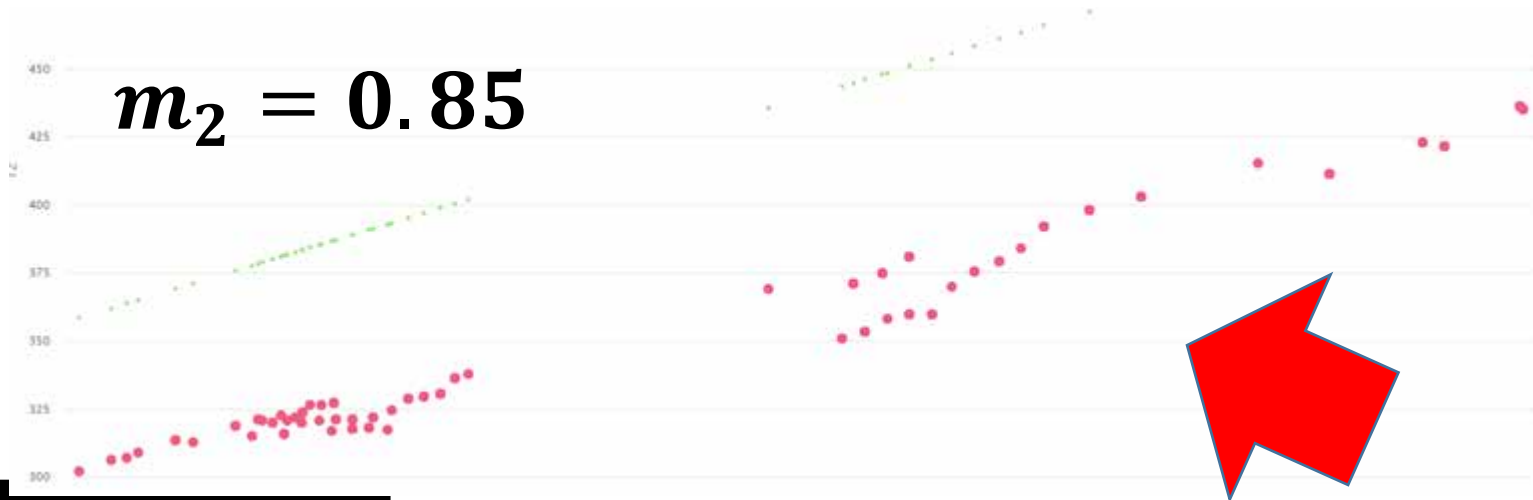
Se espera que m_1 y m_2 converjan

Calculo iterativo de pendiente de falla

$$m_1 = 1.10$$

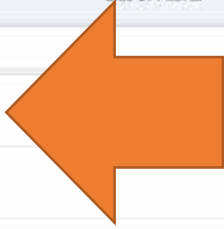


$$m_2 = 0.85$$



MONITOR DE ALERTAS

List of Alerts		
Search		
	Predictivo Chancador Alerta Predictiva	6 Junio, 2019
	Predictivo Chancador Alerta Predictiva	10 Julio, 2019
	Sonidos extraño en chancador Correctivo	5 Mayo, 2019
	Predictivo Chancador Predictivo, en curso	29 Mayo, 2019
	Cambio Filtro de Lubricación Preventivo, en curso	13 Junio, 2019



Alerta



Predictivo Valvula de atemperación

6 Junio, 2019

Severity: Alta

Status: Alerta Predictiva

Assigned to:

Comment:



MONITOR DE ALERTAS

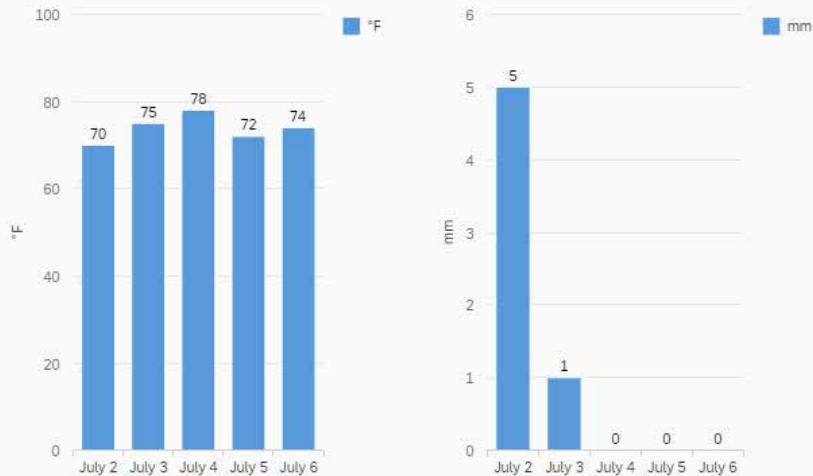

Valvula de atemperación UNIDAD GENERADORA 16
 WS-205S

Pendiente m1
 Pendiente m2

INFO DATA HISTORY MESSAGES

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

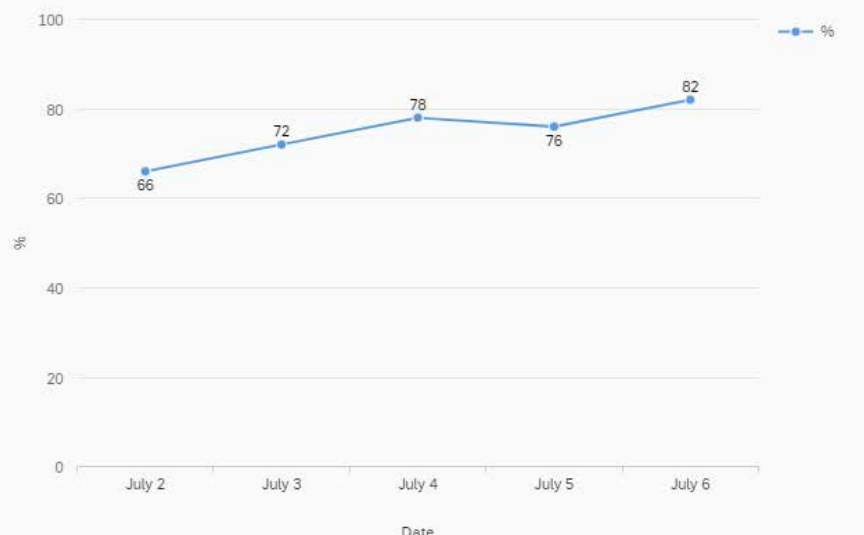
DATA HISTORY




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

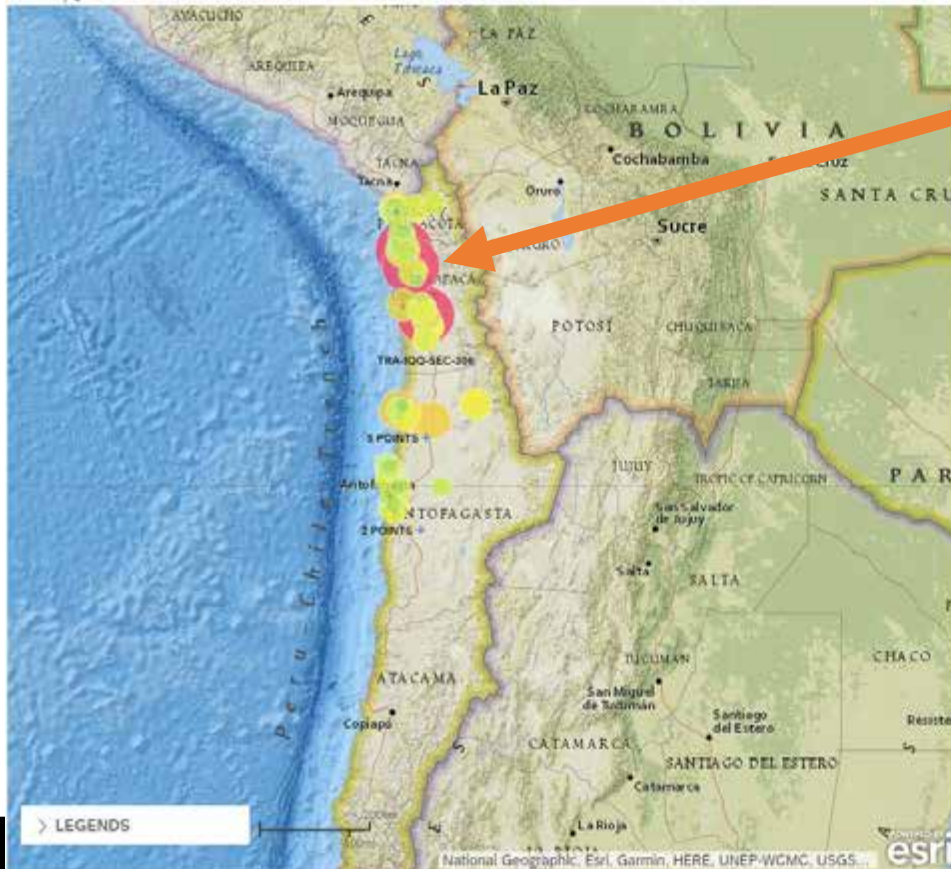

July 3, 2018: Mantenimiento Correctivo Motor no funciona, con ruidos extraños

Crear automáticamente avisos predictivos si se ingresa al rango predictivo

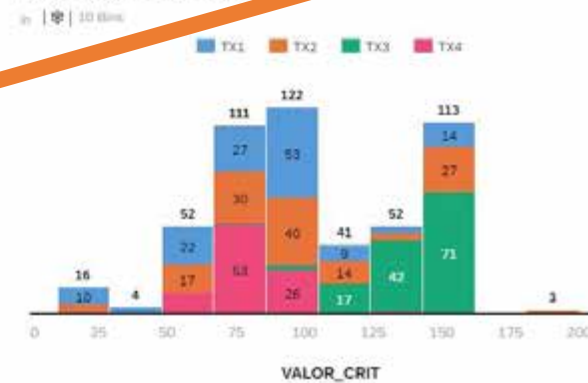
PREDICCIÓN

OPERACIÓN NORMAL

PREDICCIÓN



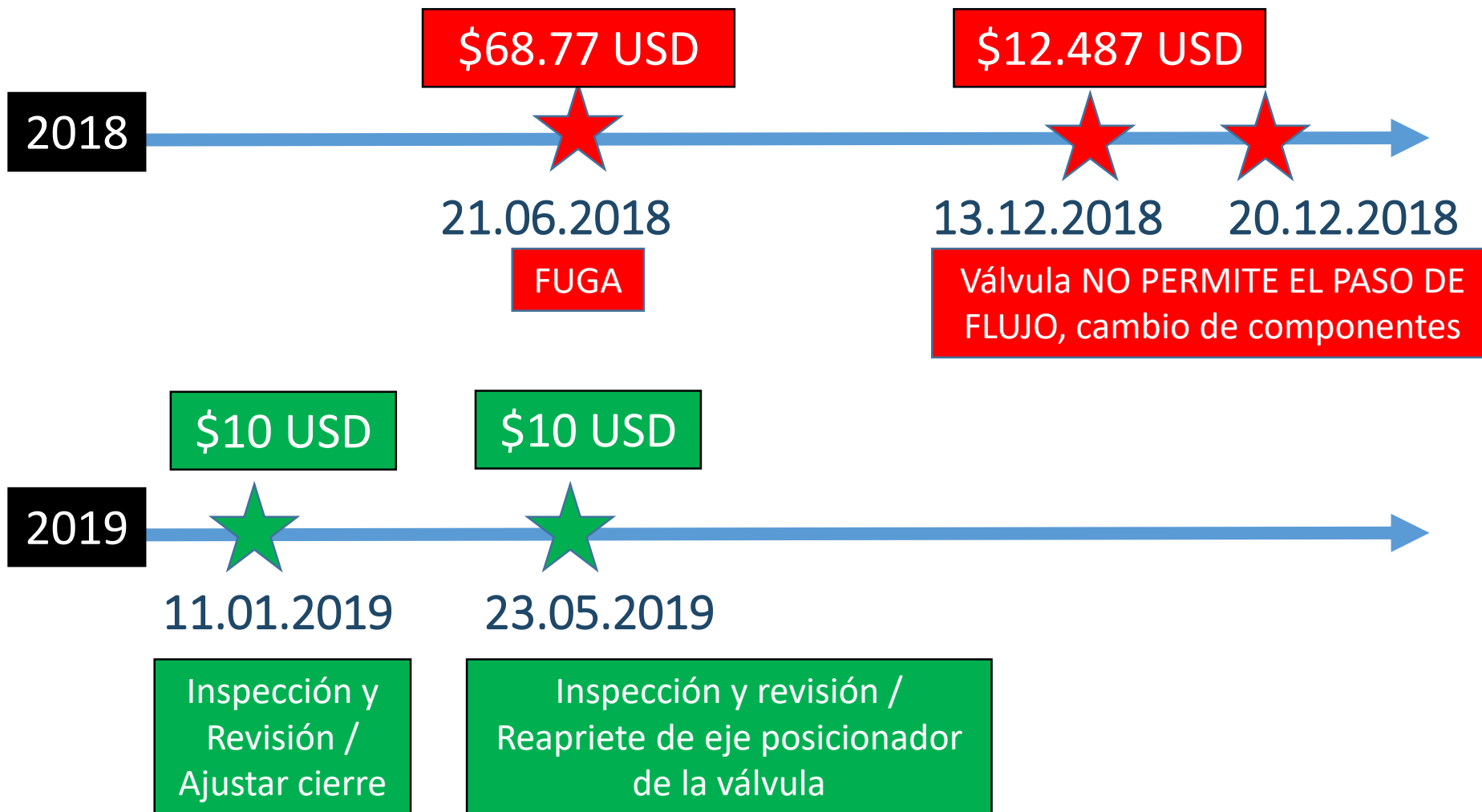
VALOR_CRIT per AUFNR, INGPR

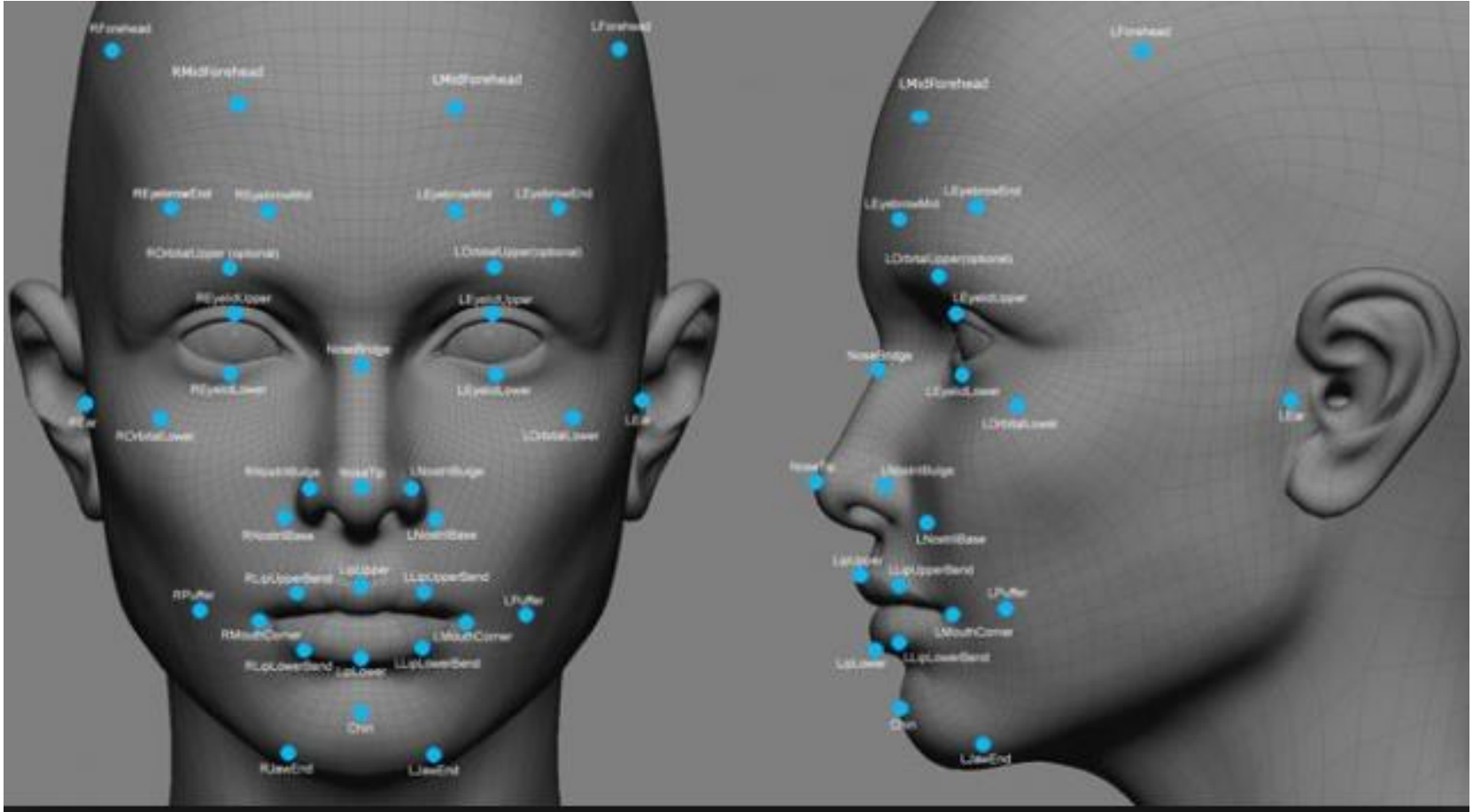


QTY_OT2 per WARPL



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





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 másicos 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



Teoría para selección de válvulas, **NO CAPTURA** información relevante para la predicción

$$\rho \frac{D\mathbf{V}}{Dt} = \rho \mathbf{g} - \nabla p + \mu \nabla^2 \mathbf{V}$$

Ecuación de Navier-Stokes

2da Ley de newton para fluidos

$$\rho \frac{D\mathbf{V}}{Dt} = \rho \mathbf{g} - \nabla p$$

Ecuación de Euler

Viscosidad de flujo = 0

$$p_1 + \frac{1}{2} \rho V_1^2 + \rho g z_1 = p_2 + \frac{1}{2} \rho V_2^2 + \rho g z_2$$

Ecuación de Bernoulli

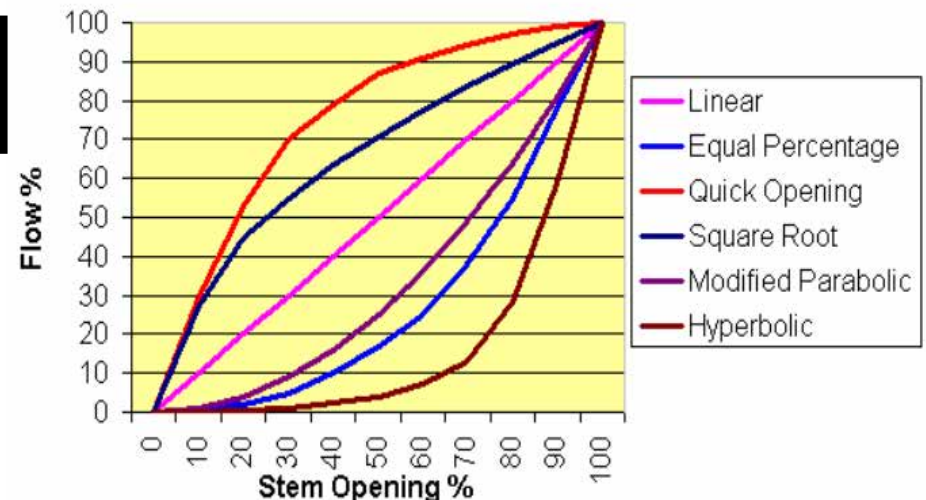
Fluido incompresible y
flujo a lo largo de una
línea de corriente

$$C_v = \frac{Q}{\sqrt{\frac{(P_1 - P_2)}{SG}}}$$

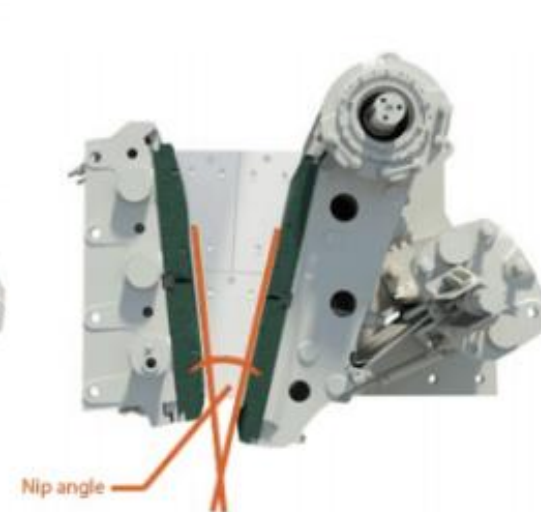
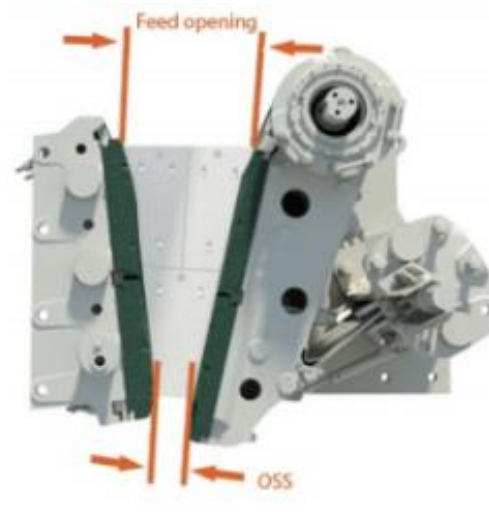
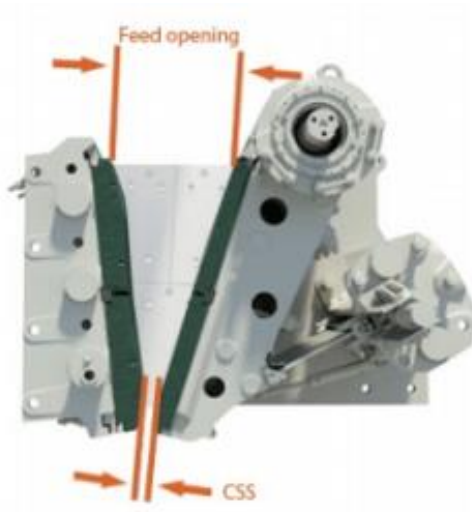
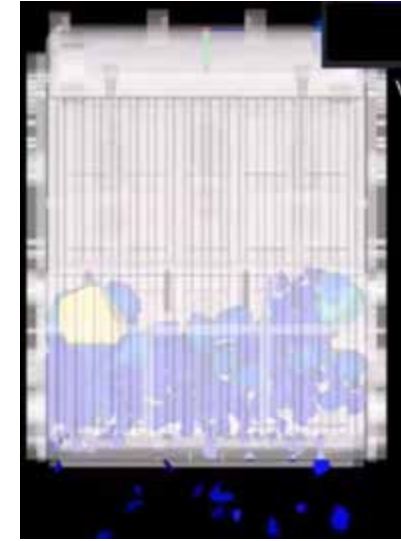
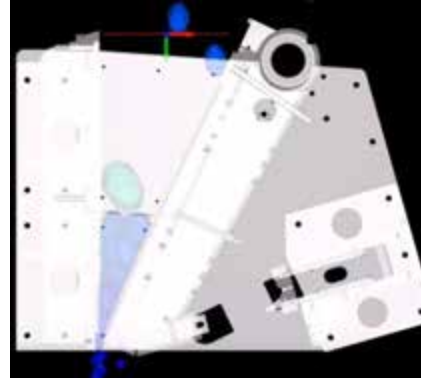
Coficiente
de la válvula

Cada uno de los componentes
Bernoulli es medido a la entrada y
salida de la válvula

Control Valve Flow Characteristics



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





Cristián Solís

*Ingeniero Senior de Desarrollo
soluciones de mantenimiento en SAP*

cristian.solis@live.com

**SI TIENES
DUDAS O COMENTARIOS
¡No dudes en acercarte!**



CONGRESO DE
MANTENIMIENTO
& CONFIABILIDAD
CHILE

2^a
EDICIÓN

POR SU ATENCIÓN

¡GRACIAS!

¡Sigue este camino y encuentra el tuyo!



BRÚJULA
SESIÓN