



CONGRESO DE  
MANTENIMIENTO  
& CONFIABILIDAD  
M É X I C O

14  
EDICIÓN



**BRÚJULA**  
SESION

**“Por aquí es un camino...”**

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



CONGRESO DE  
MANTENIMIENTO  
& CONFIABILIDAD  
MÉXICO

14  
EDICIÓN



**APLICACIÓN DE INTELIGENCIA  
ARTIFICIAL E INGENIERÍA DE  
CONFIABILIDAD EN EL  
MEJORAMIENTO DE  
PRODUCTIVIDAD EN OPERACIONES  
DE PETRÓLEO, GAS Y MINERÍA.**

**GUILLERMO BERMUDEZ SANTOS**

BRISK SAS

Gerente de Operaciones / Co-Fundador

[gbermudez@brisksas.com](mailto:gbermudez@brisksas.com)



**BRÚJULA**  
SESIÓN





CONGRESO DE  
MANTENIMIENTO  
& CONFIABILIDAD  
MÉXICO

14  
EDICIÓN

# Contenido

- IA & Confiabilidad
- Implementación
- Ahorros Tempranos
- Integración y Proceso
- Predicciones
- Centros Integrados de Operaciones
- Caso de Éxito



BRÚJULA  
SESIÓN





CONGRESO DE  
MANTENIMIENTO  
& CONFIABILIDAD  
MÉXICO

14  
EDICIÓN

# IA & Confiabilidad

*Es un innovador enfoque para mejoramiento de la productividad reduciendo desviaciones de procesos y fallas de equipos.*



BRÚJULA  
SESIÓN

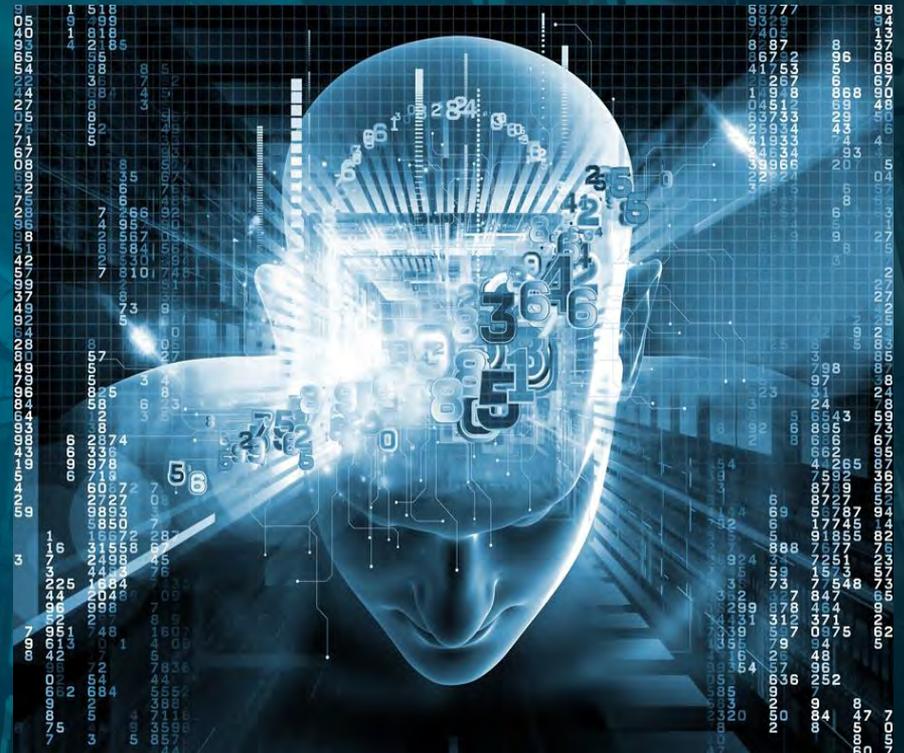




# Gran Poder de Análisis IA

CONGRESO DE  
MANTENIMIENTO  
& CONFIABILIDAD  
MÉXICO 14  
EDICIÓN

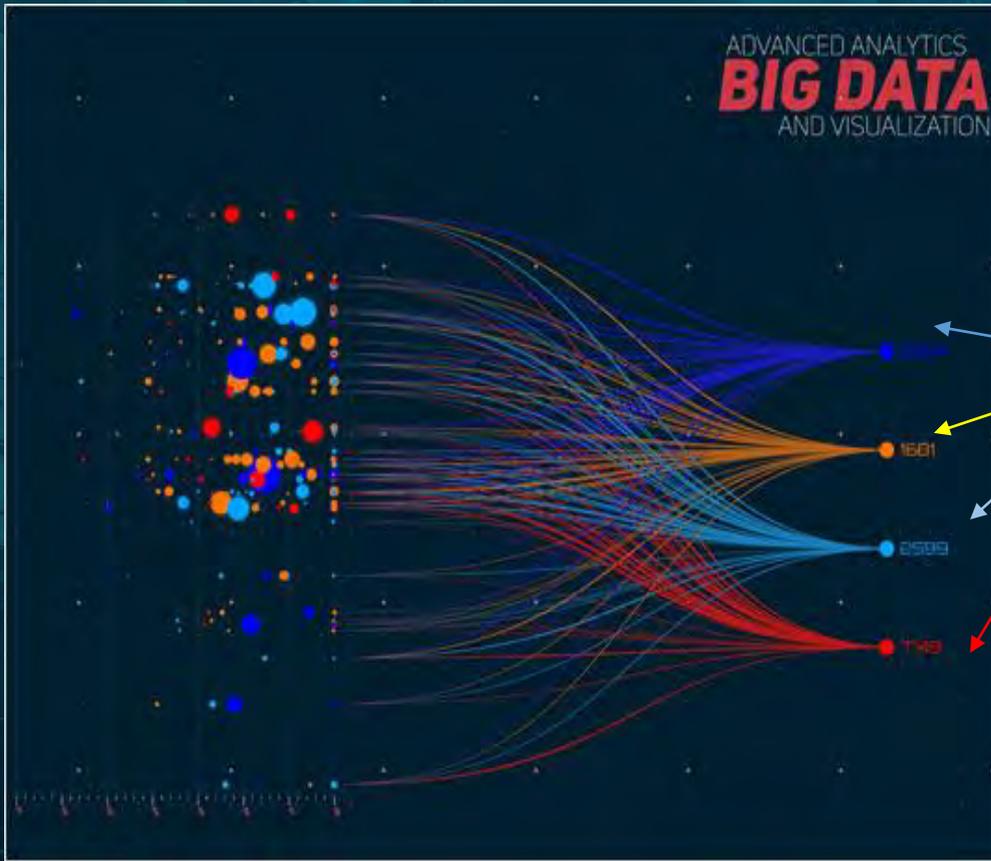
- Gran Volumen de Data
- Muy rápidos
- **Muchas Correlaciones**
- Análisis en Tiempo Real
- Mejores Decisiones





# Criterio Experto

CONGRESO DE  
MANTENIMIENTO  
& CONFIABILIDAD  
MÉXICO | 14  
EDICIÓN



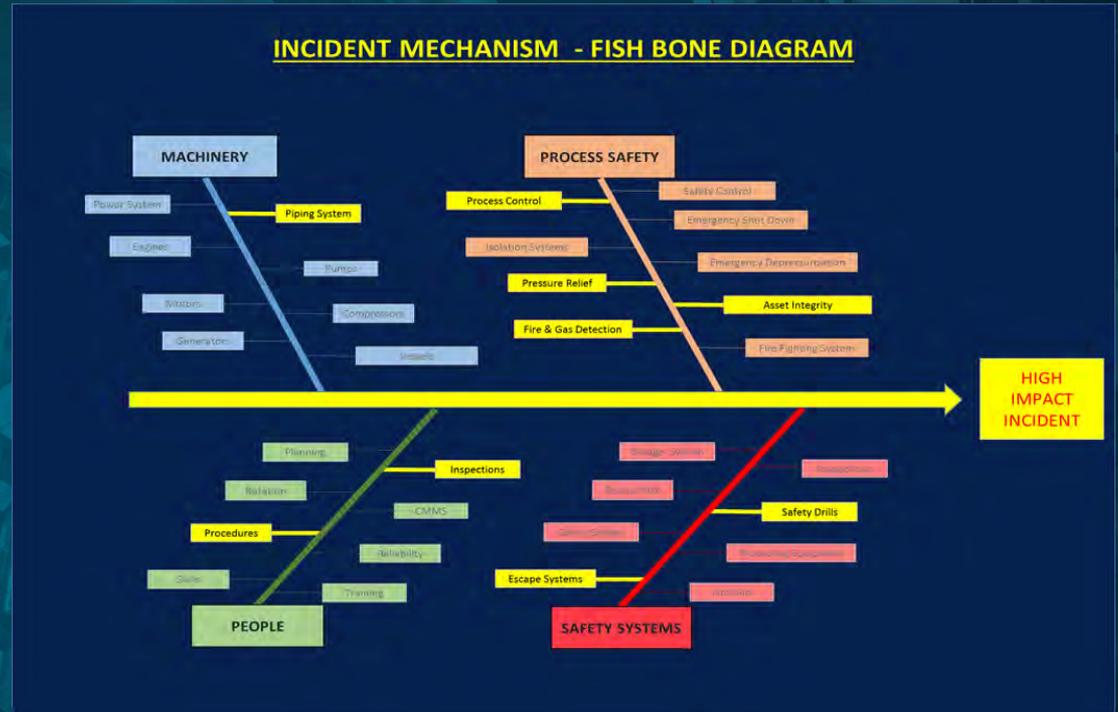
*La definición de los parámetros objetivo requiere del criterio experto!*



CONGRESO DE  
MANTENIMIENTO  
& CONFIABILIDAD  
MÉXICO 14  
EDICIÓN

# Enfoque Integrado

PROCESS SAFETY  
HUMANS SAFETY  
ENVIRONMENT  
PRODUCTIVITY



*Los procesos de digitalización deben ser guiados por objetivos de generación de valor, focalizados en áreas claves...*



CONGRESO DE  
MANTENIMIENTO  
& CONFIABILIDAD  
M É X I C O | 14  
EDICIÓN

# Implementación

*Los objetivos son atacar los problemas inmediatos de manera rápida y desarrollar una visión de la planta inteligente y las etapas progresivas para su desarrollo.*



BRÚJULA  
SESIÓN



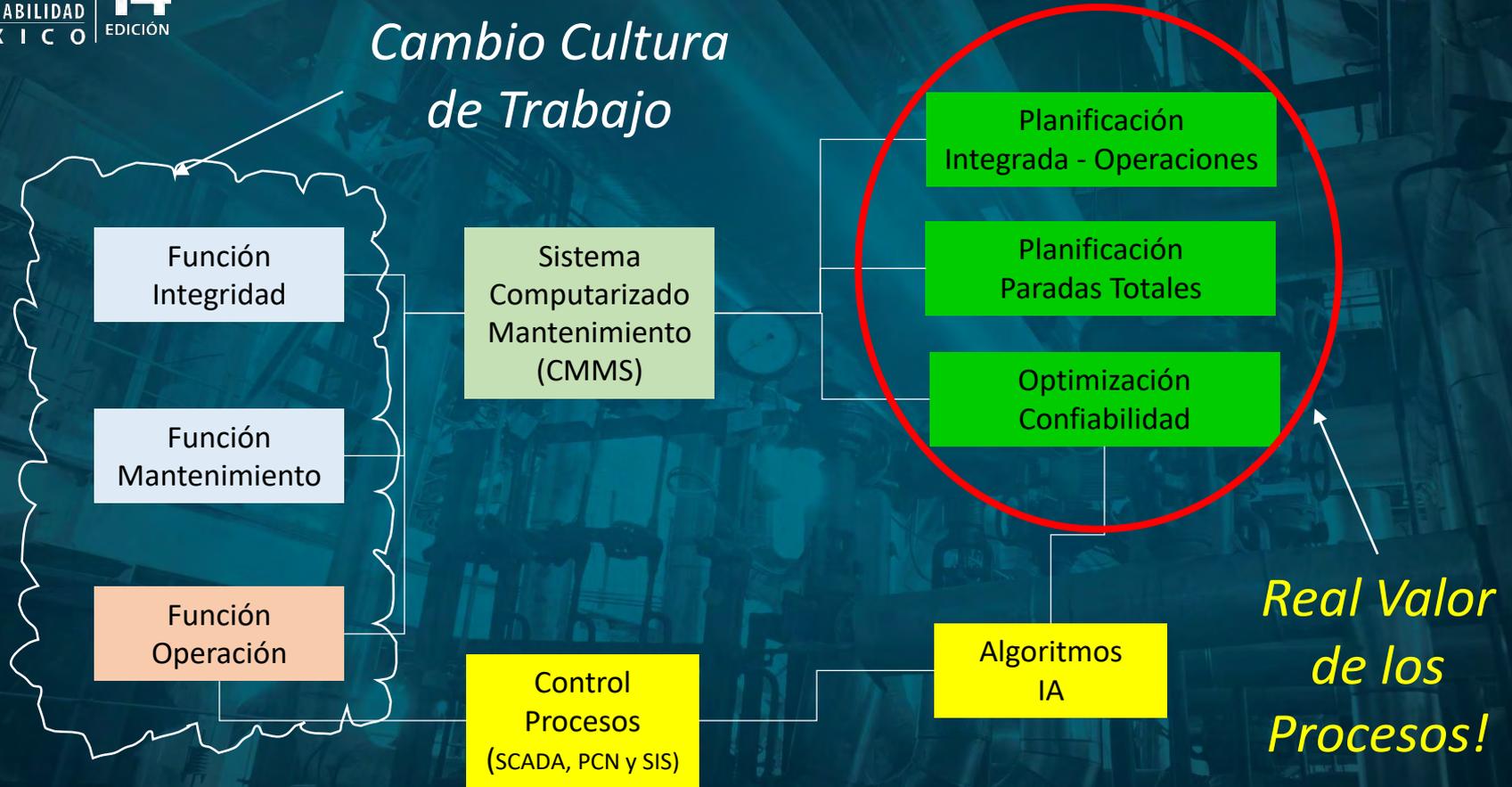


# Implementación

CONGRESO DE  
MANTENIMIENTO  
& CONFIABILIDAD  
MÉXICO

14  
EDICIÓN

## *Cambio Cultura de Trabajo*





CONGRESO DE  
MANTENIMIENTO  
& CONFIABILIDAD  
MÉXICO | 14  
EDICIÓN

# Implementación





# Implementación

CONGRESO DE  
MANTENIMIENTO  
& CONFIABILIDAD  
M É X I C O

14  
EDICIÓN

## Mejoramiento de Confiabilidad

- Ahorros Tempranos
- **Éxitos de la Fuerza Laboral**
- Mandatorio en Etapa 1

*IA+ Confiabilidad permiten  
Soluciones en corto plazo  
de problemas inmediatos!*

## Desempeño Sostenible

- Evaluación Estado Actual
- Mejoramiento Progresivo
- Etapas y Objetivos Anuales
- Función de Presupuesto y Prioridades

*Soluciones a largo plazo*

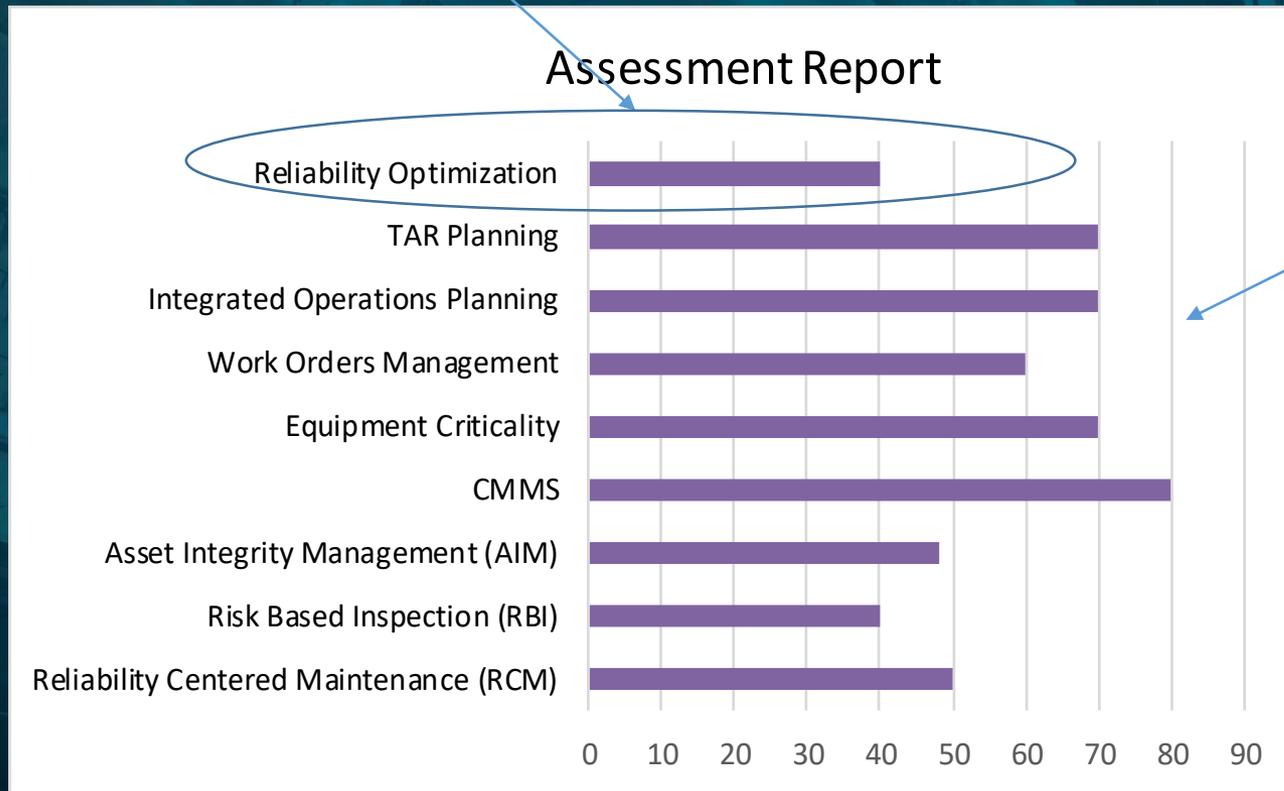


CONGRESO DE  
MANTENIMIENTO  
& CONFIABILIDAD  
MÉXICO

14  
EDICIÓN

*Oportunidades  
Inmediatas  
Ahorros Tempranos*

# Implementación



*Desempeño  
Sostenible*

*Es fundamental para el cambio cultural el involucramiento de la fuerza laboral en los éxitos tempranos !!!*



CONGRESO DE  
MANTENIMIENTO  
& CONFIABILIDAD  
MÉXICO

14  
EDICIÓN

# Ahorros Tempranos

*Numerosas desviaciones y fallas crónicas se han resuelto de manera económica y rápida...*



BRÚJULA  
SESIÓN





# Ahorros Tempranos

CONGRESO DE  
MANTENIMIENTO  
& CONFIABILIDAD  
MÉXICO

14  
EDICIÓN

## Frutos al Alcance

- Legados de Diseño
- Legados de Arranque
- **Status Quo**
- Problemas Sistémicos
- Ahorros Visibles





CONGRESO DE  
MANTENIMIENTO  
& CONFIABILIDAD  
MÉXICO

14  
EDICIÓN

# Ahorros Tempranos

## Cambio Cultural

- Entrenamiento
- Involucramiento
- Reconocimiento
- Celebración



*Trabajo multidisciplinario y enfoque integral, dos pilares fundamentales a introducir en la cultura empresarial...*



CONGRESO DE  
MANTENIMIENTO  
& CONFIABILIDAD  
MÉXICO

14  
EDICIÓN

# Ahorros Tempranos

- 33 MMUSD/year Savings
- Offshore Platform North Sea
- Root Cause Investigation
- Chronic Platform Total SD
- Failures PI Cooling System





CONGRESO DE  
MANTENIMIENTO  
& CONFIABILIDAD  
MÉXICO

14  
EDICIÓN

# Ahorros Tempranos

- 3 MMUSD/year Savings
- Bauxite Refinery Australia
- Root Cause Investigation
- Chronic Premature Plugging
- Green Liquor Filters



BRÚJULA  
SESIÓN





# Ahorros Tempranos

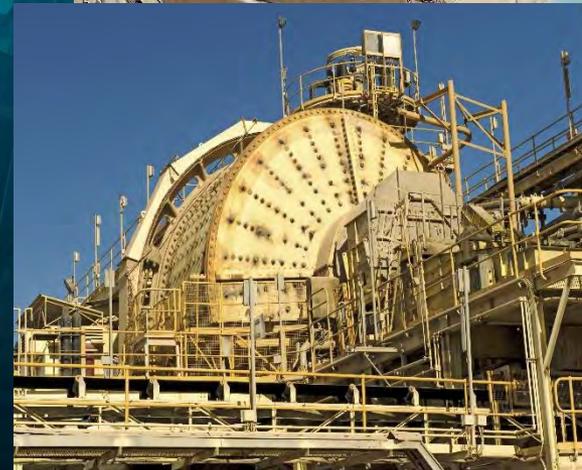
CONGRESO DE  
MANTENIMIENTO  
& CONFIABILIDAD  
MÉXICO | 14  
EDICIÓN

## Productividad

- Baja ley en concentrado de cobre
- Altos consumos de energía
- Baja eficiencia en celdas de flotación

## Confiabilidad y Mantenimiento

- Fallas muy crónicas motores eléctricos
- Fallas crónicas molinos SAG
- Fallas crónicas bombas sumidero





CONGRESO DE  
MANTENIMIENTO  
& CONFIABILIDAD  
MÉXICO

14  
EDICIÓN

# Integración y Proceso

*La integración de la data existente en los análisis es la piedra angular para la efectividad...*



BRÚJULA  
SESIÓN





# Integración

CONGRESO DE  
MANTENIMIENTO  
& CONFIABILIDAD  
MÉXICO | 14  
EDICIÓN

## Datos Digitales

- Seguridad de Proceso (SIS)
- Control de Proceso (PCN)
- SCADA

## Datos NO Digitales

- CMMS
- Laboratorio
- Otros....

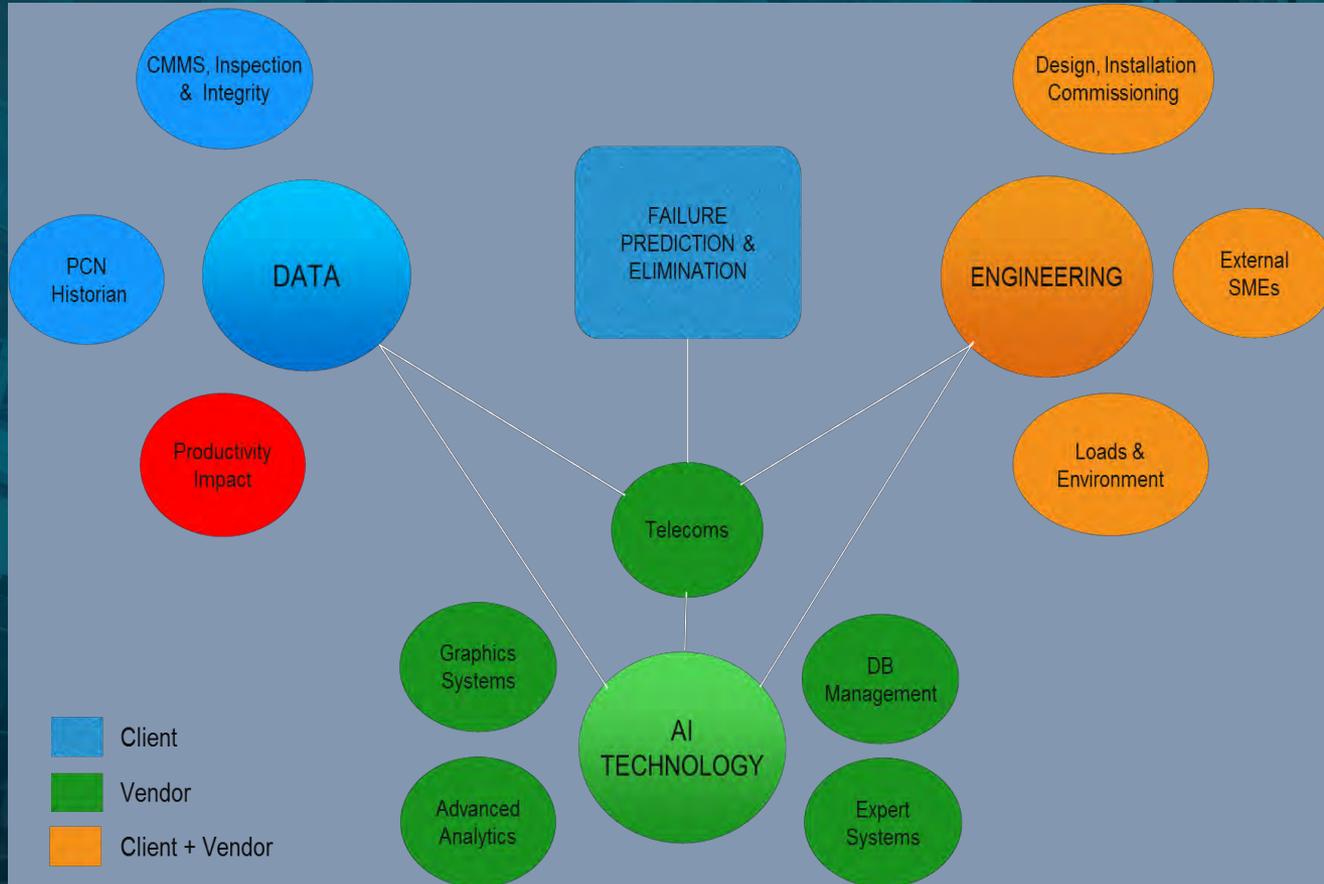




# Integración - Arquitectura

CONGRESO DE  
MANTENIMIENTO  
& CONFIABILIDAD  
MÉXICO

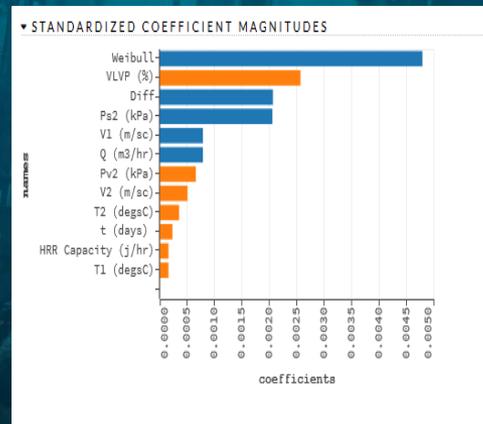
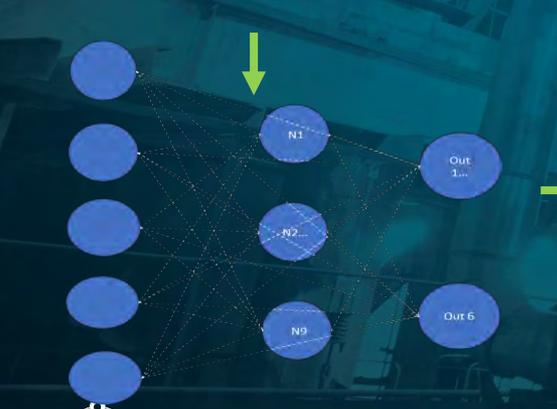
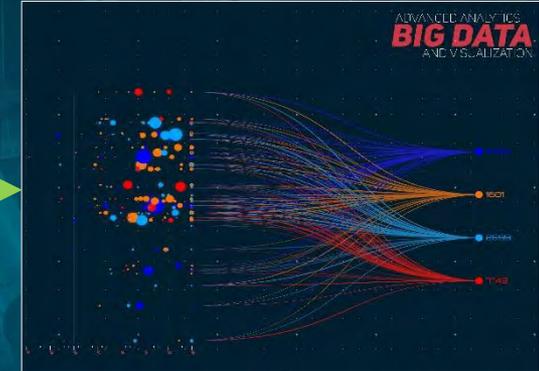
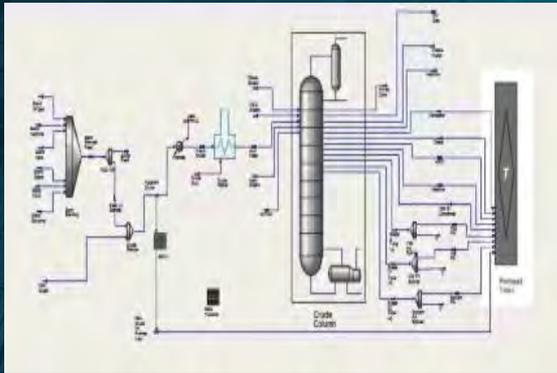
14  
EDICIÓN





# Proceso Analytics

CONGRESO DE  
MANTENIMIENTO  
& CONFIABILIDAD  
MÉXICO 14  
EDICIÓN



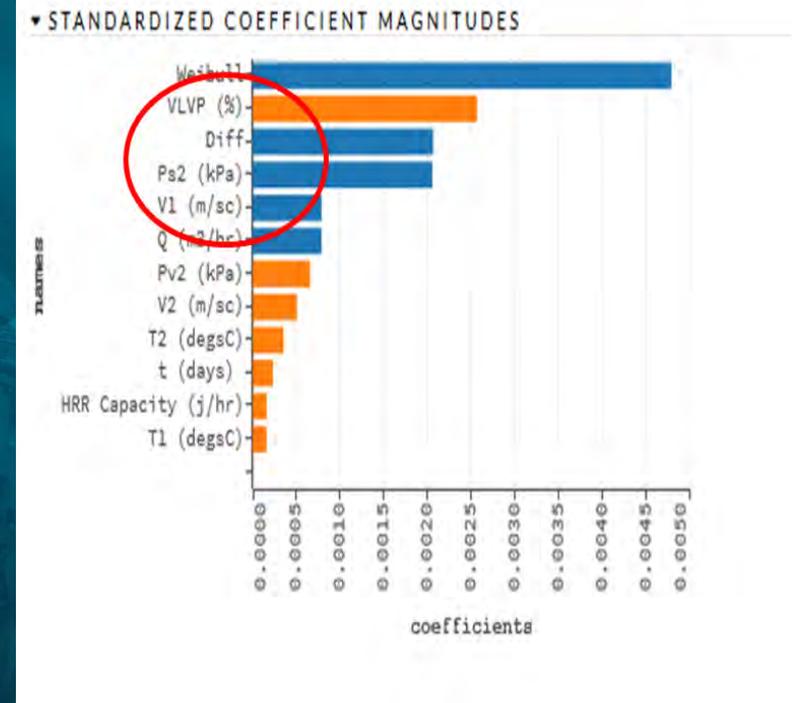


# Factores Dominantes

CONGRESO DE  
MANTENIMIENTO  
& CONFIABILIDAD  
MÉXICO 14  
EDICIÓN

## Causas Raíz

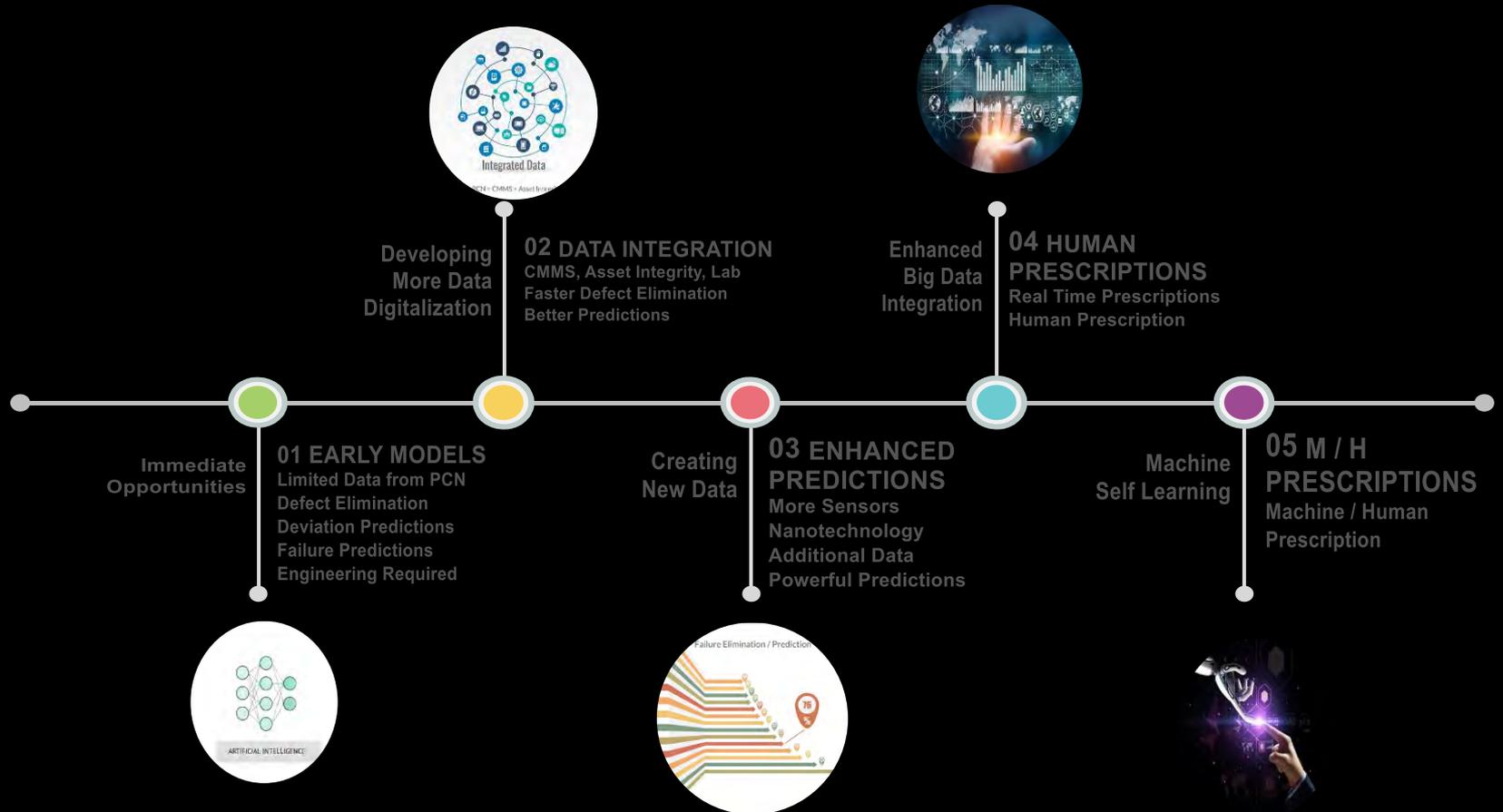
- Causas Discretas
- Un Mecanismo de Falla
- Causas Sistémicas
- Varios Mecanismos de Falla
- Mejoramiento global





# Digitalization Route Map

CONGRESO DE  
MANTENIMIENTO  
& CONFIABILIDAD  
MÉXICO 14  
EDICIÓN



BRÚJULA  
SESIÓN



CONGRESO DE  
MANTENIMIENTO  
& CONFIABILIDAD  
MÉXICO

14  
EDICIÓN

# Predicciones

*Una vez el sistema ha sido “entrenado” este puede predecir desviaciones de una variable de proceso o fallas de equipos basadas en los patrones anteriores de las demás variables.*



BRUJULA  
SESION



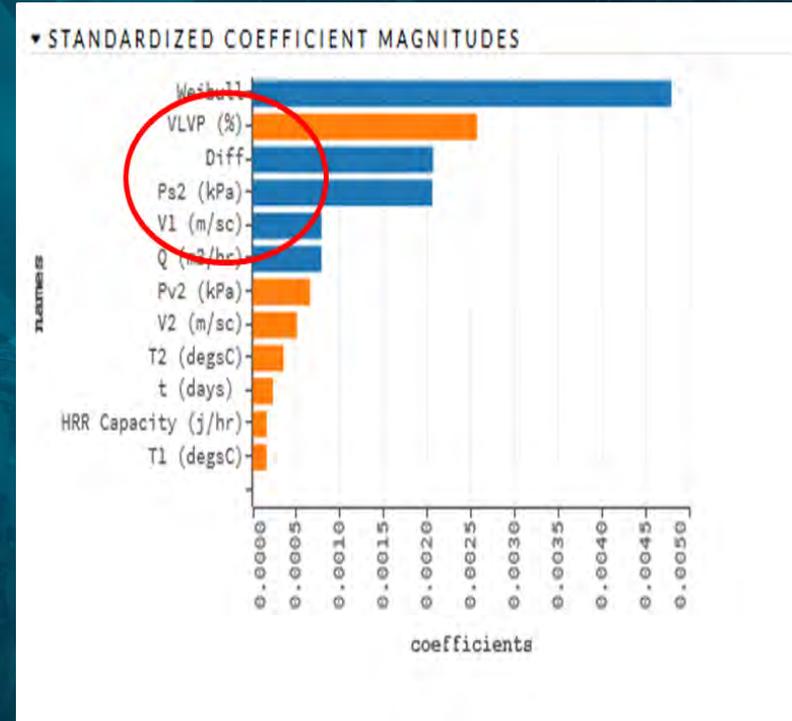


# Factores Dominantes

CONGRESO DE  
MANTENIMIENTO  
& CONFIABILIDAD  
MÉXICO | 14  
EDICIÓN

## Causas Raíz

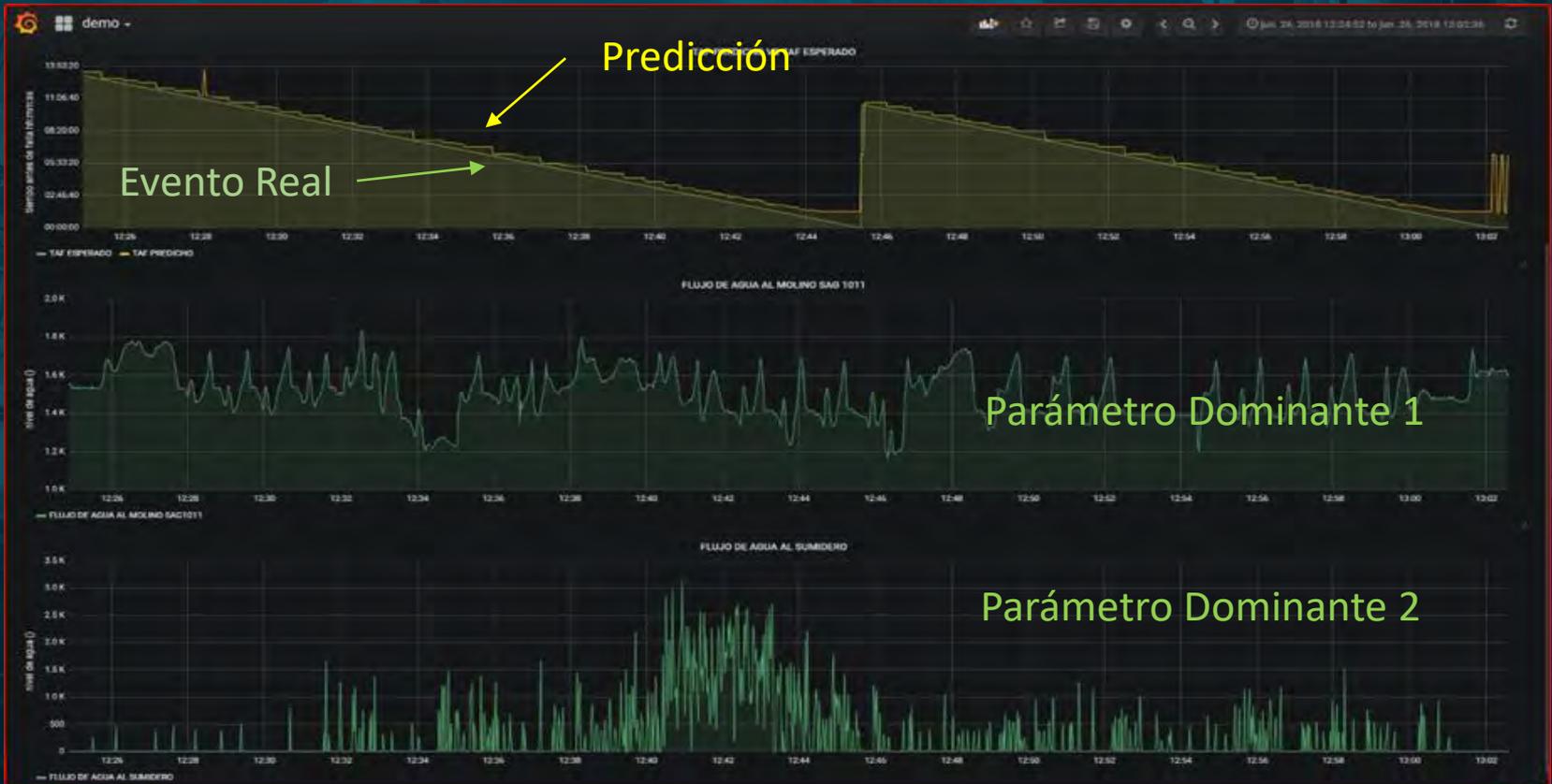
- Causas Discretas
- Un Mecanismo de Falla
- Causas Sistémicas
- Varios Mecanismos de Falla
- Mejoramiento global





# Predicciones

CONGRESO DE  
MANTENIMIENTO  
& CONFIABILIDAD  
MÉXICO 14  
EDICIÓN



*Lecturas en tiempo real permiten acciones correctivas tempranas...*



CONGRESO DE  
MANTENIMIENTO  
& CONFIABILIDAD  
MÉXICO

14  
EDICIÓN

# Centros Integrados de Operaciones

*La reducción de costos de sensores, de sistemas de transmisión y procesamiento de datos ponen estas tecnologías al alcance de operaciones pequeñas.*



BRÚJULA  
SESIÓN





CONGRESO DE  
MANTENIMIENTO  
& CONFIABILIDAD  
MÉXICO

14  
EDICIÓN

# Centros Integrados de Operaciones

## Información en tiempo real

- Data Compartida
- Multidisciplinario
- Mejores Decisiones
- Rápidas Decisiones
- Bajo Costo



BRÚJULA  
SESION





CONGRESO DE  
MANTENIMIENTO  
& CONFIABILIDAD  
MÉXICO | 14  
EDICIÓN

## Caso Exito

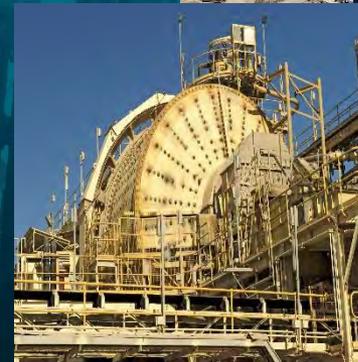
# Planta de Concentrado de Cobre

### Productividad

- Baja ley concentrado de Cu
- Altos consumos de Kw-h
- Ineficiencia celdas de flotación

### Confiabilidad y Mantenimiento

- Fallas motores eléctricos
- Fallas molinos SAG
- Fallas bombas sumidero





# Problema Objetivo – Energía SAG's

CONGRESO DE  
MANTENIMIENTO  
& CONFIABILIDAD  
MÉXICO | 14  
EDICIÓN

## Eficiencia Energética Molienda

- Potencia: 80 Mw-hr
- Costo: 4.5 MMUSD/Mes
- 35% del Costo de operación

## Confiabilidad y Mantenimiento

- Overhaul SAG 20 MMUSD
- Cada 2 años
- Fallas bombas sumidero

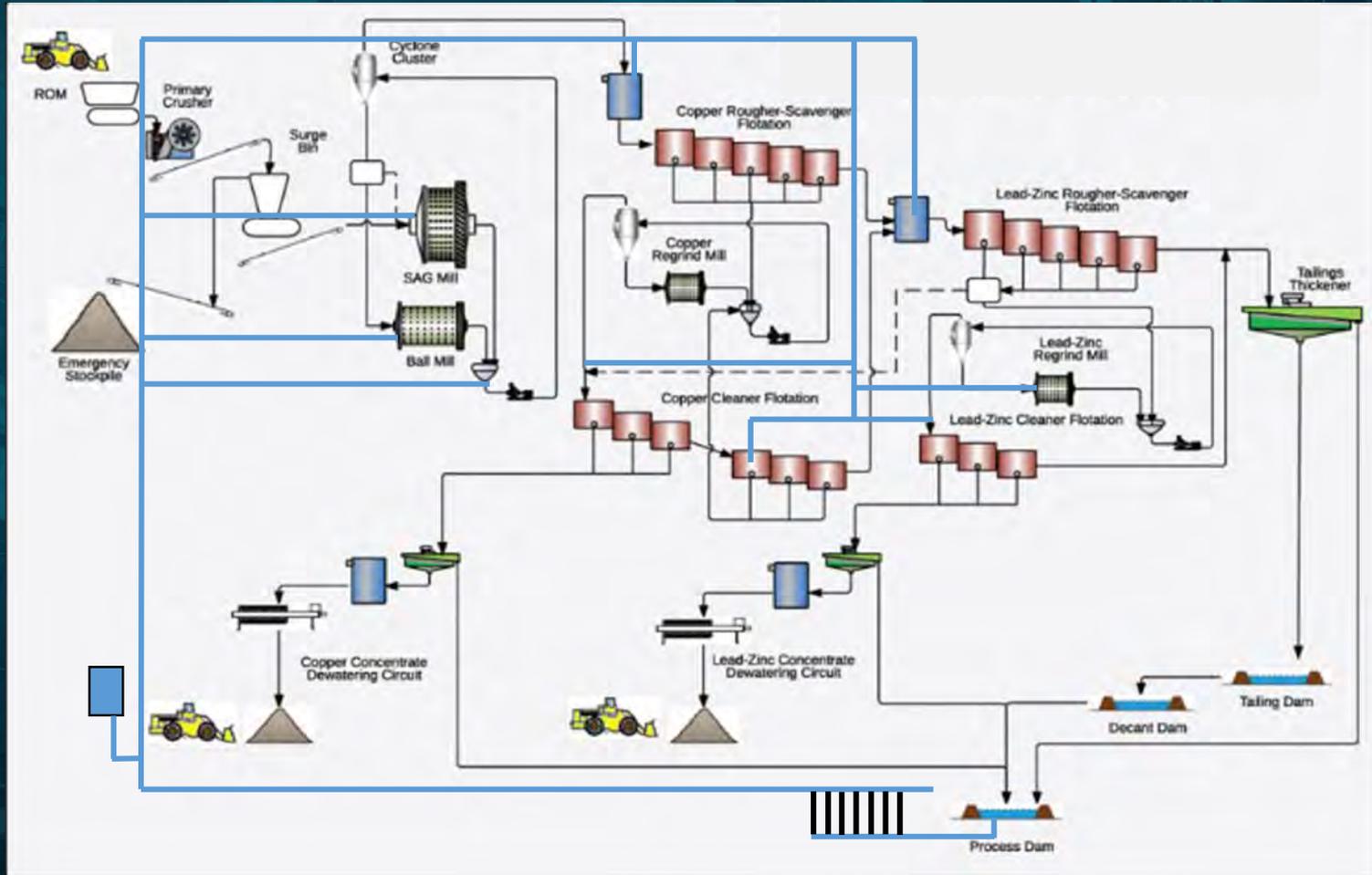




# Diagrama Simplificado de Proceso

CONGRESO DE  
MANTENIMIENTO  
& CONFIABILIDAD  
MÉXICO

**14**  
EDICIÓN





CONGRESO DE  
MANTENIMIENTO  
& CONFIABILIDAD  
M É X I C O

14  
EDICIÓN

# Data

## Datos de Proceso (DCS)

- 300 Parámetros
- 9 Meses Operación
- > 600 mil eventos

## Otras Informaciones

- Frecuencia de Fallas CMMS
- Diagramas de Proceso
- P&ID's
- Filosofía de Control



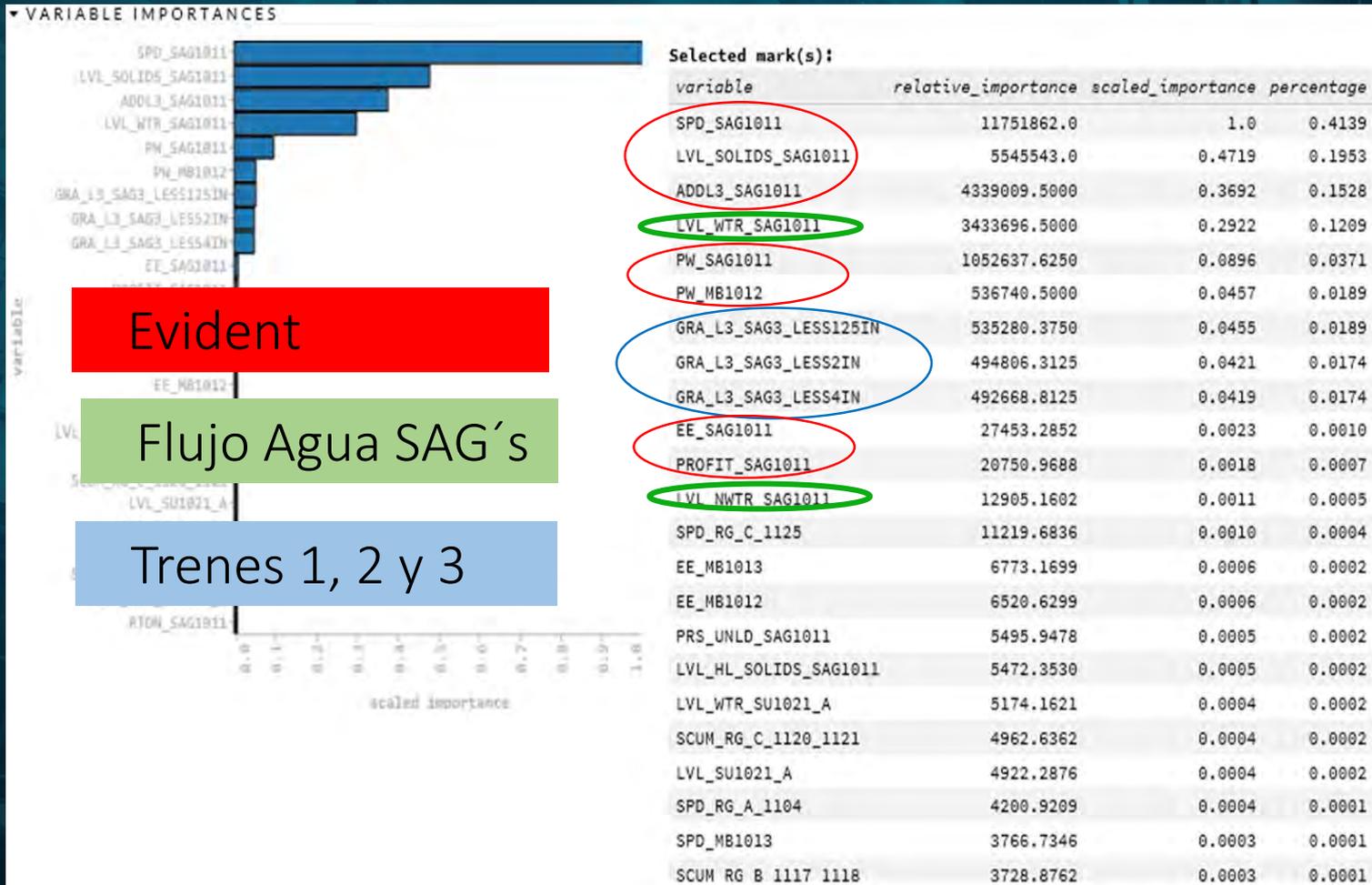
BRÚJULA  
SESIÓN





# Factores Dominantes Molino SAG

CONGRESO DE  
MANTENIMIENTO  
& CONFIABILIDAD  
MÉXICO | 14  
EDICIÓN

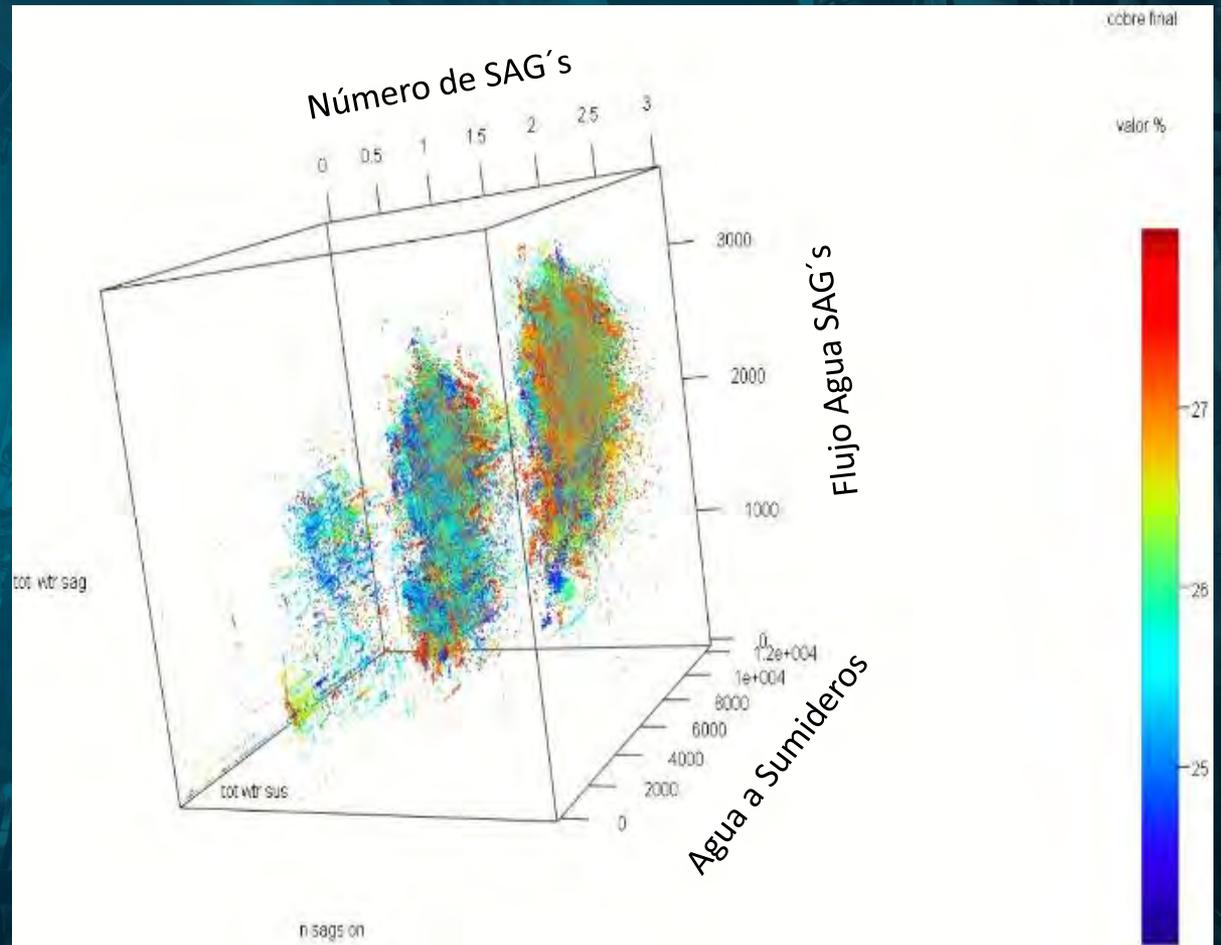




# Inestabilidad de Planta

CONGRESO DE  
MANTENIMIENTO  
& CONFIABILIDAD  
MÉXICO 14  
EDICIÓN

Dispersión Ley Cu



BRUJULA  
SESION





# Factores Dominantes Flujo Slurry

CONGRESO DE  
MANTENIMIENTO  
& CONFIABILIDAD  
MÉXICO 14  
EDICIÓN

## VARIABLE IMPORTANCES

Selected mark(s):

variable	relative_importance	scaled_importance	percentage
LVL_WTR_SU1021_B	3753961586688.0	1.0	0.5997
SPD_MB1013	497934565376.0	0.1326	0.0795
EST_MB1013	355409625088.0	0.0947	0.0568
SCUM_RG_A_1101	269659209728.0	0.0718	0.0431
PW_MB1013	211669991424.0	0.0564	0.0338
SCUM_RG_C_1122_1123	159933530112.0	0.0426	0.0255
SPD_MB1012	122461577216.0	0.0326	0.0196
LVL_NWTR_SAG1011	76824543232.0	0.0205	0.0123
EST_MB1012	66191777792.0	0.0176	0.0106
PW_MB1012	39865868288.0	0.0106	0.0064
SCUM_RG_C_1119	38553104384.0	0.0103	0.0062
LVL_NWTR_SAG1	30487027712.0	0.0081	0.0049
LVL_MAX_WTR_SU1021_B	27151720448.0	0.0072	0.0043
LVL_SU1021_A	21057230848.0	0.0056	0.0034
SPD_MIN_PP005	18291822592.0	0.0049	0.0029
LVL_PD501	17979684864.0	0.0048	0.0029
LVL_MAX_WTR_SU002	17675862016.0	0.0047	0.0028
LVL_MIN_WTR_SU002	16042804224.0	0.0043	0.0026
PW_MAX_MB4	14970708892.0	0.0040	0.0024
LVL_WTR_SAG1011	14203342848.0	0.0038	0.0023
PRS_BAT_CS1014_SETPMT	11767003136.0	0.0031	0.0019
PW_MIN_MB4	11614698496.0	0.0031	0.0019
LVL_SU1021_B	10981399552.0	0.0029	0.0018

Evident

Flujos Agua Proceso

Trenes 1, 2 y 3



# Inestabilidades de Flujos

CONGRESO DE  
MANTENIMIENTO  
& CONFIABILIDAD  
MÉXICO

14  
EDICIÓN



BRUJULA  
SESION



BRISK  
BUSINESS INTELLIGENCE  
RELIABILITY



# Causas Raíz

CONGRESO DE  
MANTENIMIENTO  
& CONFIABILIDAD  
MÉXICO | 14  
EDICIÓN

## Causas Raíz Sistémicas

- Inestabilidad Flujos Agua Proceso
- Inestabilidad Flujos Slurry
- Esquema de Control AP

## Causas Raíz Discretas

- Inestabilidad Sólidos/Agua
- Inestabilidad pH
- Fallas Molinos, Bombas,
- Flotación Ineficiente



# Causa Raíz Sistémica

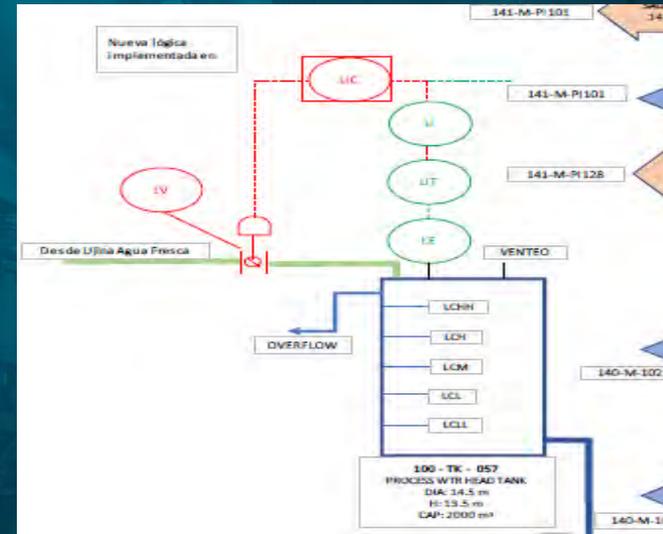
CONGRESO DE  
MANTENIMIENTO  
& CONFIABILIDAD  
MÉXICO | 14  
EDICIÓN

## Diseño

- Control Flujo Agua Proceso

## Acciones Correctivas

- Modificación Esquema Control
- Control Continuo Retorno





# Predicciones

CONGRESO DE  
MANTENIMIENTO  
& CONFIABILIDAD  
MÉXICO 14  
EDICIÓN



BRUJULA  
SESION





# Acciones Correctivas

CONGRESO DE  
MANTENIMIENTO  
& CONFIABILIDAD  
M É X I C O

14  
EDICIÓN

## *Enfocarse en controlar la inestabilidad de Agua de Proceso AP...!*

### Acciones a Corto Plazo (0 a 6 meses)

- Limitar lazo de control a solo 4 bombas AP
- Control parcial flujo AP – Válvulas de control de presión
- Lazo primario - Control retorno
- Tanque pulmón – Lazo secundario

### Acciones a Mediano Plazo (6 meses a 1 año)

- Diseñar sistema de retorno - Control presión Anillo AP
- Tanque pulmón – Transientes de presión



BRÚJULA  
SESIÓN



# Resultados

CONGRESO DE  
MANTENIMIENTO  
& CONFIABILIDAD  
MÉXICO

14  
EDICIÓN

## *Resolviendo la Causa Raíz Sistémica de Inestabilidad del anillo AP Mejoramiento generalizado de la planta...!*

### Mejoramiento Directo

- **Aumento de 2 a 3 % de Cu promedio**
- Reducción del 75% de arranques de bombas AP
- Reducción del 15% de arranques de SAG's
- Reducción de 60% de fallas de motores eléctricos

### Mejoramiento Colateral

- Mejor estabilidad sistema distribución eléctrica regional

>> 50  
MMusd'por  
año..!



CONGRESO DE  
MANTENIMIENTO  
& CONFIABILIDAD  
M É X I C O

# CONCLUSIONES



*La IA+Confiabilidad integradas son un poderoso recurso para reducir costos de operación, mejorar la disponibilidad y productividad de plantas industriales.*

*Permite:*

- Identificar rápidamente causas raíz de desviaciones de proceso o fallas de equipos.
- Predecir en tiempo real tales eventos y tomar acciones correctivas.
- Materializar ahorros rápidos
- Definir la bases y estrategias para programas de digitalización a mayor escala.



CONGRESO DE  
MANTENIMIENTO  
& CONFIABILIDAD  
M É X I C O

POR SU ATENCIÓN

# ¡GRACIAS!

Guillermo Bermúdez Santos  
[gbermudez@brisksas.com](mailto:gbermudez@brisksas.com)

¡Sigue este camino y encuentra el tuyo!

