

WEBINAR DE MINERAL PROCESSING DATA ANALYTICS

Felipe Contreras Bravo

Mineral Processing Data Analytics
EL ROL DEL INGENIERO DE PROCESOS







Esta presentación tendrá como objetivo entregar a la audiencia una referencia sobre cual es el rol que debe jugar el Ingeniero Experto de Procesos en proyectos de Data Analytics en mineral processing.

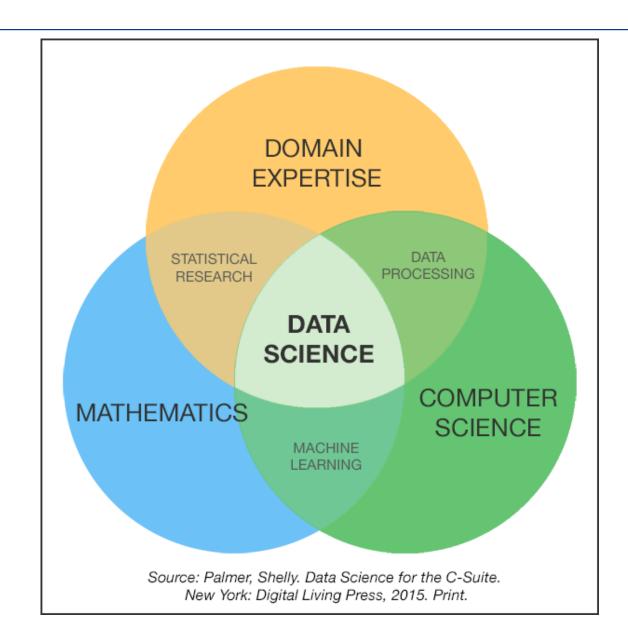
Se mostrarán algunos ejemplos de definiciones criticas para el desarrollo de modelos estadísticos avanzados, con el fin de asegurar el éxito y sustentabilidad de la solución analítica, las cuales deber ser desarrolladas por el Experto en Procesos.

Toda la información contenida en los ejemplos donde se consideran datos de procesos, corresponden a diferentes operaciones y han sido alterados por un factor, con el fin de velar por la confidencialidad de estos.

Las ideas y conceptos presentados en esta instancia, se basan en información y experiencia de relator obtenidas desde proyectos e iniciativas desarrolladas en diferentes operaciones mineras.

CIENCIA DE DATOS

Es un campo interdisciplinario



ANTES DE EMPEZAR UN PROYECTO DE ANALYTICS : TOP 3 OBJETIVOS

LA PARTICIPACION DEL EXPERTO DE PROCESOS ES CLAVE

DEFINIR EL IMPACTO EN EL NEGOCIO

- Impacto en el flujo de trabajo y procesos de toma de decisiones
- Iniciativas deben conducir a **cambios significativos** en las operaciones
- Considerar que los diferentes grupos dentro de la organización requieren información distinta de los modelos que se estén desarrollando

CONECTE EL OBJETIVO CON LOS DATOS

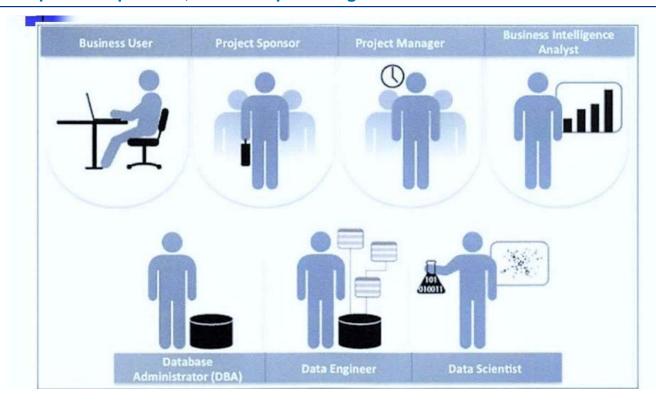
- Conectar los objetivos a los datos requiere tiempo y esfuerzo considerable
- El equipo de científico de datos debe entrevistar a los **Expertos de la Materia (SME)** para determinar objetivos, recursos y beneficio.
- Muchos ejecutivos no comprenden por qué deben dedicar tanto tiempo para entender el problema. Desde afuera se ve que es llegar, tomar los datos, tirarlos a una "caja mágica" y producir la "receta" deseada.
- Un Científico de datos que intenta construir un modelo sin consultar al Experto, es como un Abogado que intenta manejar un caso, sin consultar al Cliente.

CLARIFIQUE SU OBJETIVO

Tome el tiempo y cuidado necesario para aclarar el propósito. De lo contrario, todo el proyecto puede ser una perdida de tiempo y recurso.

CUAL ES EL ROL DEL INGENIERO DE PROCESOS?

Contar con el conocimiento del experto del proceso, es critico para asegurar el éxito



Business User: Alguien que entienda el área de dominio y que generalmente se beneficie de los resultados. Esta persona puede consultar y asesorar al equipo del proyecto en el contexto del proyecto, el valor de los resultados y cómo se pondrán en práctica los productos. Por lo general, un analista de negocios, un gerente de línea o un experto en la materia en el dominio del proyecto cumple esta función.

Business Intelligence Analyst: Proporciona experiencia en el dominio de procesos basada en una comprensión profunda de los datos, los indicadores clave de rendimiento (KPI), las métricas clave y la inteligencia empresarial desde una perspectiva de informes. Los analistas de inteligencia empresarial generalmente crean paneles e informes y conocen las fuentes y fuentes de datos.

CUAL ES EL ROL DEL INGENIERO DE PROCESOS?

Contar con el conocimiento del experto del proceso, es critico para asegurar el éxito

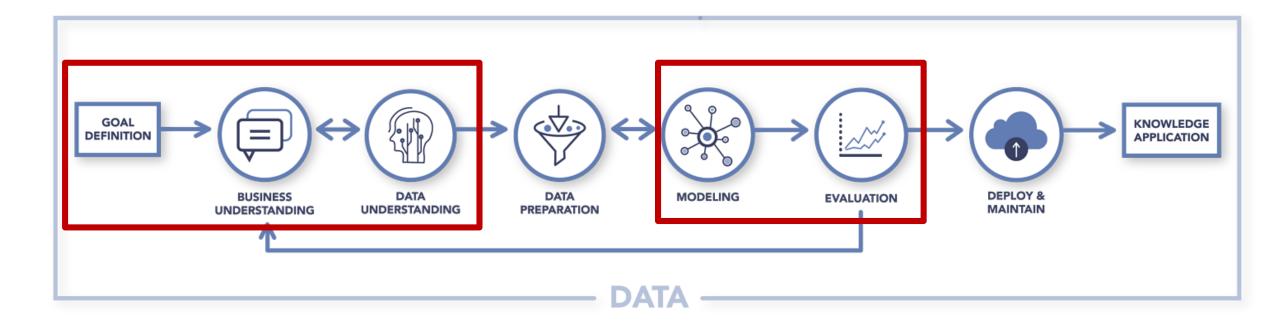
	Domain Expertise	Technical Knowledge	Quantitative Skills
Data Scientist		0	•
Data Engineer	0	•	
Data Science Architect		•	0
Data Science Developer	0	•	
Product Owner	0	0	0
Data/Business Analyst			
Process Master	0	0	0
Subject Matter Expert	•	0	0
Significant Expertise:	Some Experti	se: O	Ninimal Expertise:

Subject matter experts (SME) son personas con un amplio conocimiento de cómo aplicar la analítica dentro de un contexto organizacional específico. Este rol es responsable de garantizar que los conocimientos deseados sean procesables.

Data/Business Analysts analizan una gran variedad de datos para extraer información sobre el desempeño del sistema, servicio u organización y presentarlos en forma utilizable / procesable. Es mejor dar forma a un problema para que lo explore el científico de datos.

CRISP-DM PROCESS FRAMEWORK

Marco eficaz para proyectos de ciencia de datos



Las iniciativas de ciencia de datos están orientadas a proyectos, por lo que tienen un comienzo y un final definidos. El proceso estándar entre industrias para la minería de datos (CRISP-DM) es un proceso extensible de alto nivel que constituye un marco eficaz para proyectos de ciencia de datos.

Los cuadros en rojo, indican en que etapas del proceso de definición, development y deployment es crítica la participación del Experto en Procesos.

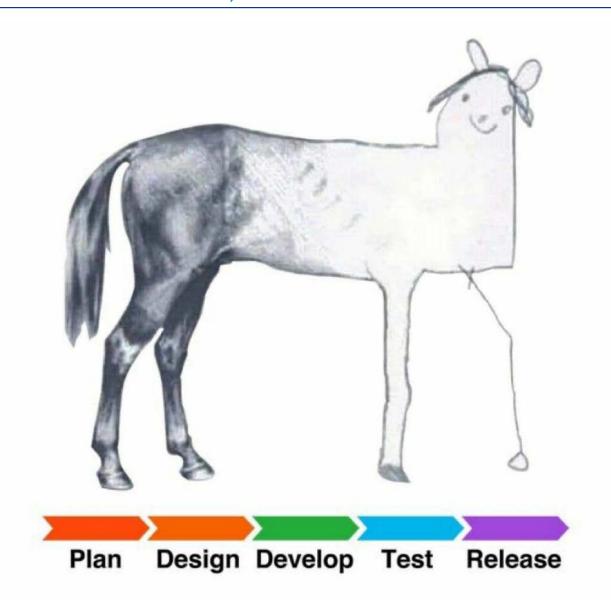
LA COMUNICACION Y RETROALIMENTACION SON CLAVES!

EQUIPO DE DESARROLLO SIEMPRE DEBE CORROBORAR SUS DEFINICIONES CON EL EXPERTO DE PROCESOS Y CLIENTES



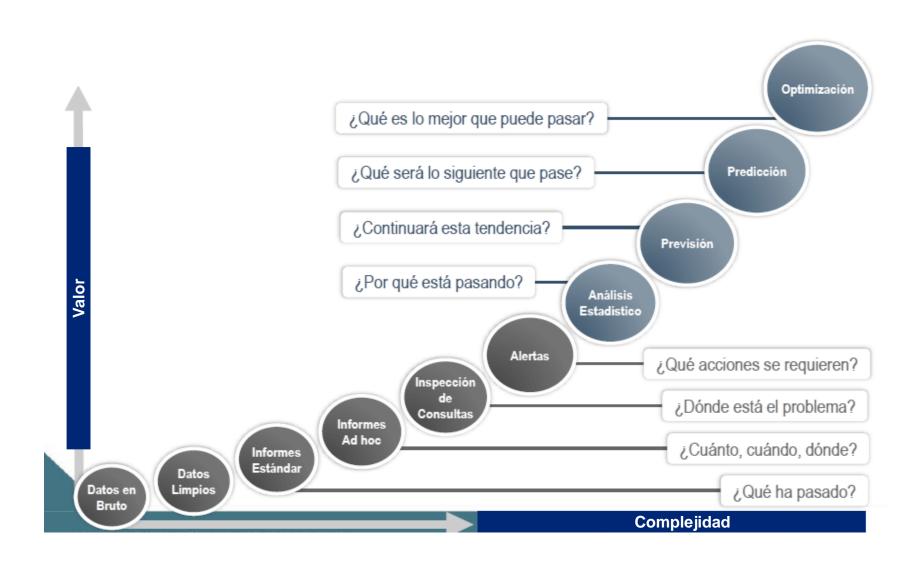
PROCESOS DE VALIDACION EN CADA ETAPA

DEFINIR REGLAS PARA LA DEFINICION DE OBJETIVOS, LEVANTAR REQUERIMIENTOS Y VER SU FACTIBILIDAD DE DESARROLLO



DESARROLLO DE HERRAMIENTAS ANALITICAS

Secuencia apropiada de preguntas a responder en cada nivel, para definir una estrategia de desarrollo eficaz y sustentable



SANTA TRINIDAD: MINERAL PROCESSING MODELLING

MANDATORIO!!!!

Propiedades del Mineral

Dureza: SPI, Axb, Wi, Ci, Ai Tamaño: P80, P50, %-1.25in

Mineralogía
Tipo de Roca

MAXIMIZAR BENEFICIO

(NO PRODUCCION!!)

Cuellos de Botella

Restricciones "Duras" por diseño (Ej: máximo TPH, P80, Hidráulicos, etc)

Cuellos de botella dinámicos: Interacción mineral – equipo

Variables Operacionales

Estrategia de Control (Límites)

Condiciones de Desgaste

Modo operacional (Cambio Flowsheet)

Nivel de Bolas, Dosificación reactivos, etc

Calibración de Sensores

SANTA TRINIDAD: MINERAL PROCESSING MODELLING

MANDATORIO!!!!

Propiedades del Mineral

Dureza: SPI, Axb, Wi, Ci, Ai

Tamaño: P80, P50, %-1.25in

Mineralogía

Tipo de Roca

MAXIMIZAR BENEFICIO

(NO PRODUCCION!!)

Cuellos de Botella

Restricciones "Duras" por diseño (Ej: máximo TPH, P80, Hidráulicos, etc)

Cuellos de botella dinámicos: Interacción mineral – equipo

Variables Operacionales

Estrategia de Control (Límites)

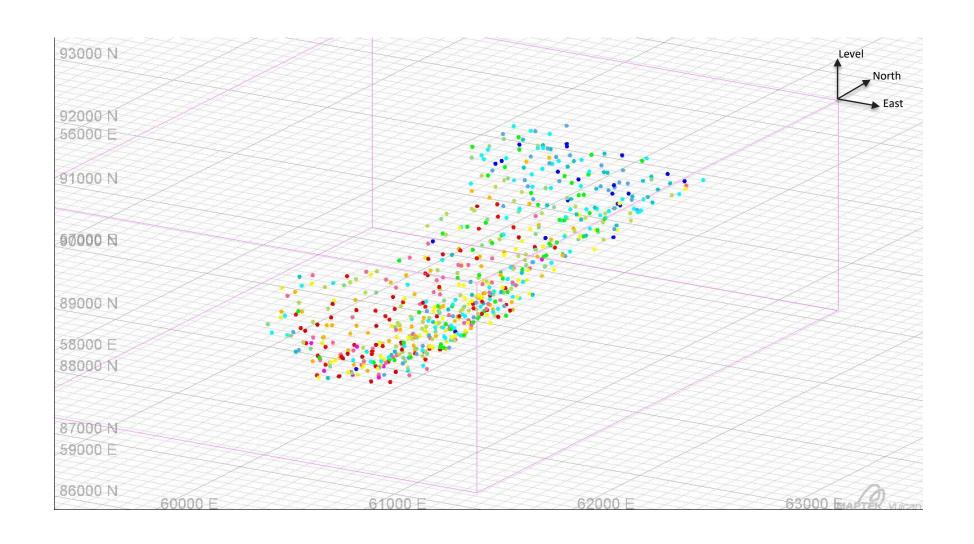
Condiciones de Desgaste

Modo operacional (Cambio Flowsheet)

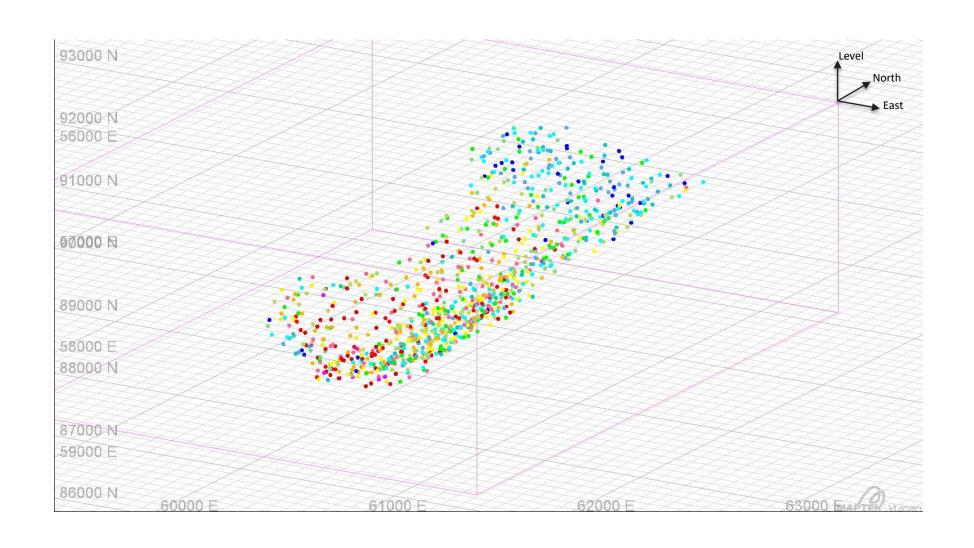
Nivel de Bolas, Dosificación reactivos, etc

Calibración de Sensores

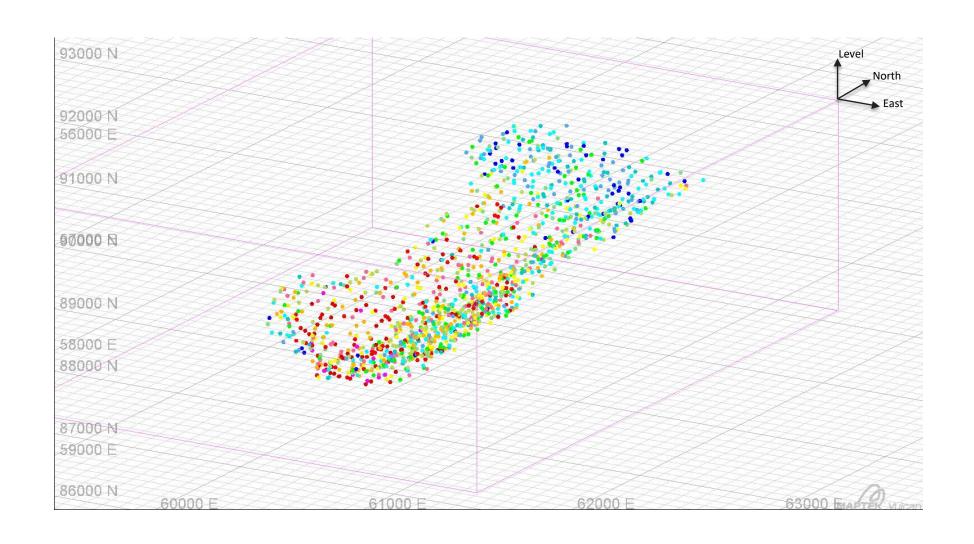
AXB ERROR ESTIMATION: SAMPLING SQUEME→ 3.0 MT/SAMPLE



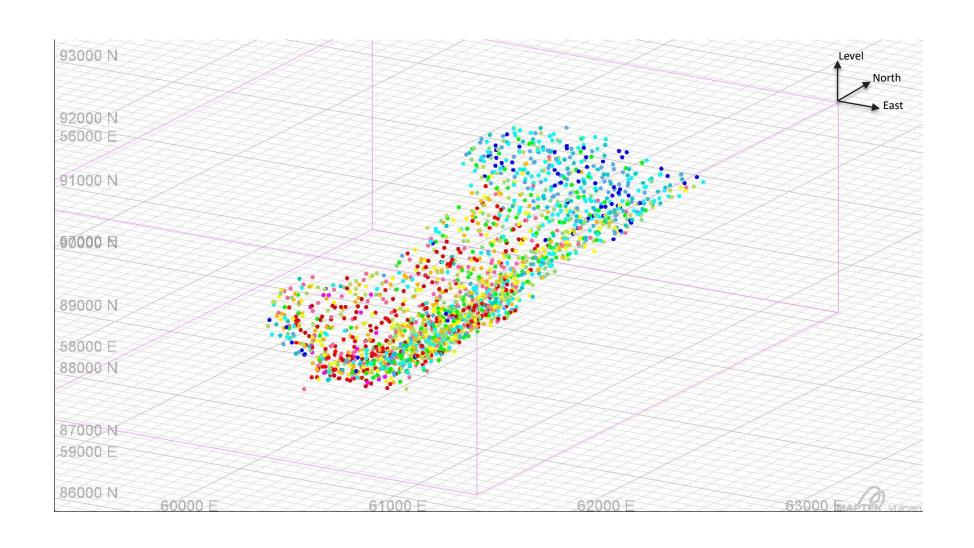
AXB ERROR ESTIMATION: SAMPLING SQUEME→ 2.0 MT/SAMPLE



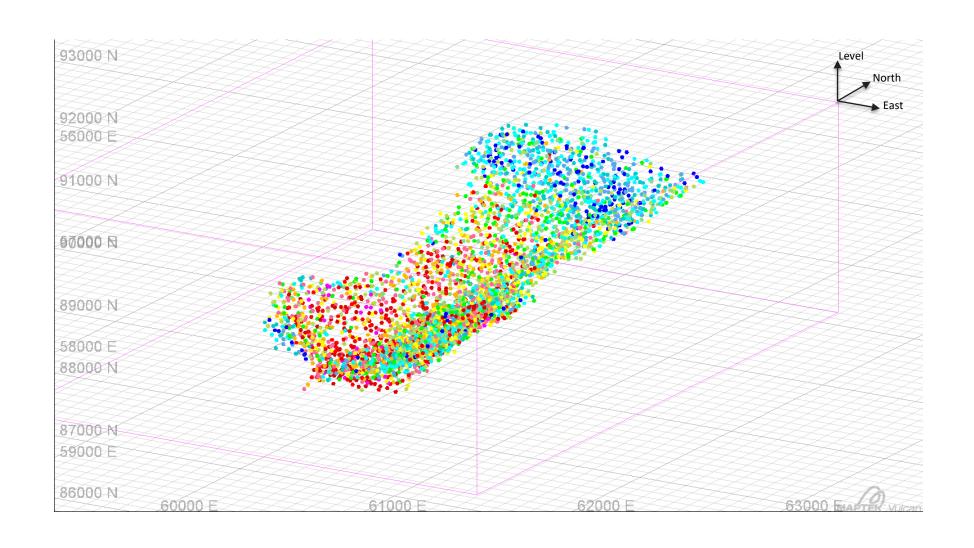
AXB ERROR ESTIMATION: SAMPLING SQUEME→ 1.5 MT/SAMPLE



AXB ERROR ESTIMATION: SAMPLING SQUEME→ 1.0 MT/SAMPLE

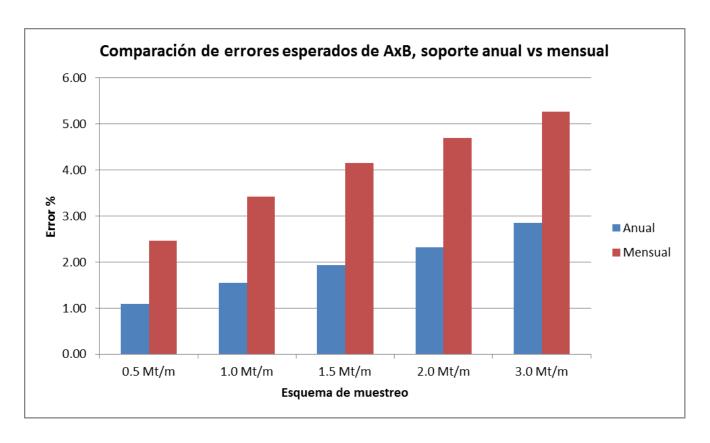


AXB ERROR ESTIMATION: SAMPLING SQUEME→ 0.5 MT/SAMPLE



ESTIMACION ERROR MENSUAL Y ANUAL : AXB

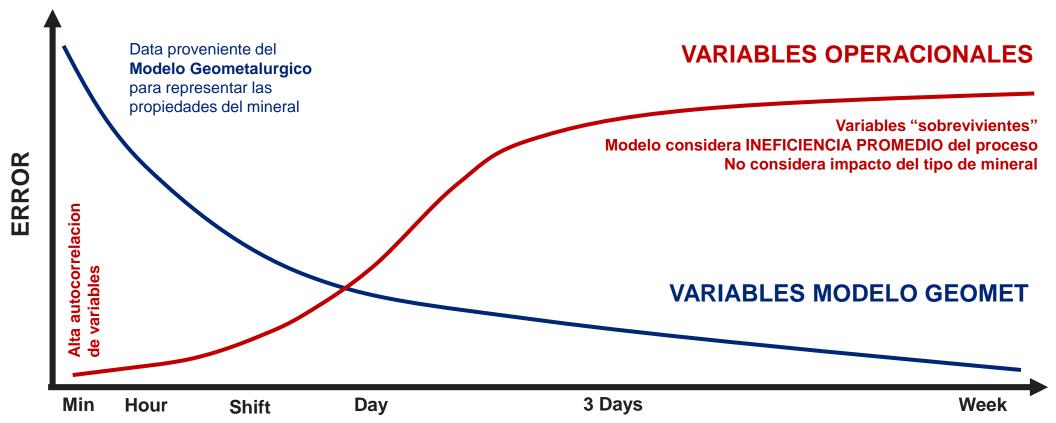
Propiedades del mineral : Dureza



Sampling	Axb Error, %		
Squeme	Annual	Monthtly	
0.5 Mt/s	1.09	2.46	
1.0 Mt/s	1.55	3.42	
1.5 Mt/s	1.93	4.15	
2.0 Mt/s	2.32	4.70	
3.0 Mt/s	2.85	5.27	

TRADE OFF: DEFINCION DE ESCALA DE TIEMPO

Error de estimación de propiedades del mineral (modelo Geomet) vs Captura de variabilidad de data operacional



ALTA VARIABILIDAD DE LAS VARIABLES DEL PROCESO

- El mejor escenario para estimar la "contribución de las características del proceso" en el proceso de modelado

ALTO ERROR DE LAS VARIABLES ESTIMADAS GEOMET

- Peor escenario para estimar la "contribución de características de FMS" en el proceso de modelado

ESCALA DE TIEMPO

BAJA VARIABILIDAD DE LAS VARIABLES DEL PROCESO efecto de agrupación (cancelación de variabilidad de error) Solo es posible identificar a los "sobrevivientes" que tuvieron cambios significativos en escalas de tiempo más largas.

ERROR BAJO DE LAS VARIABLES GEOMET

La densidad de muestreo de los "valores originales" para estimar los valores Geomet, se define para errores de estimación a escalas de tiempo más altas (mes, año)

VARIABLES OPERACIONALES

CALIBRACION DE SENSORES

Propiedades del Mineral

Dureza: SPI, Axb, Wi, Ci, Ai Tamaño: P80, P50, %-1.25in

Mineralogía
Tipo de Roca

MAXIMIZAR BENEFICIO

(NO PRODUCCION!!)

Cuellos de Botella

Restricciones "Duras" por diseño (Ej: máximo TPH, P80, Hidráulicos, etc)

Cuellos de botella dinámicos: Interacción mineral – equipo

Variables Operacionales

Estrategia de Control (Límites)

Condiciones de Desgaste

Modo operacional (Cambio Flowsheet)

Nivel de Bolas, Dosificación reactivos, etc

Calibración de Sensores

MEDICIÓN GRANULOMETRÍA EN CORREAS POR CÁMARAS

MODELO CORRIGE SESGO POR NO MEDICION DE PARTICULAS FINAS

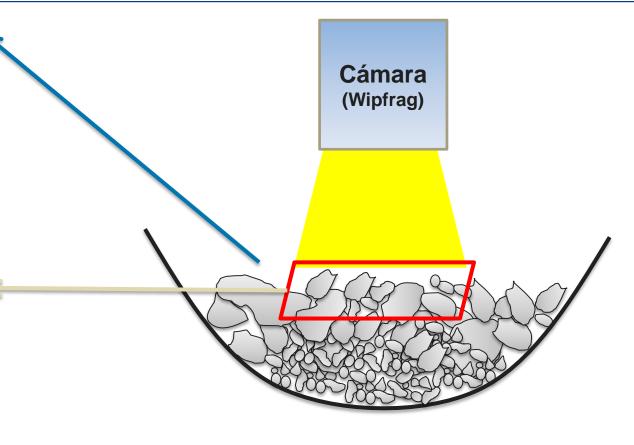
Segregación por tamaño

Mineral grueso queda en la superficie y mineral fino, por vibración de correa, se mueve hacia la parte inferior del lecho

Campo visual - Wipfrag

Por las características del sistema de medición y del sistema de transporte de mineral, cámara sólo registra la fracción gruesa de la distribución.

El sistema no indicado para medición de finos !!

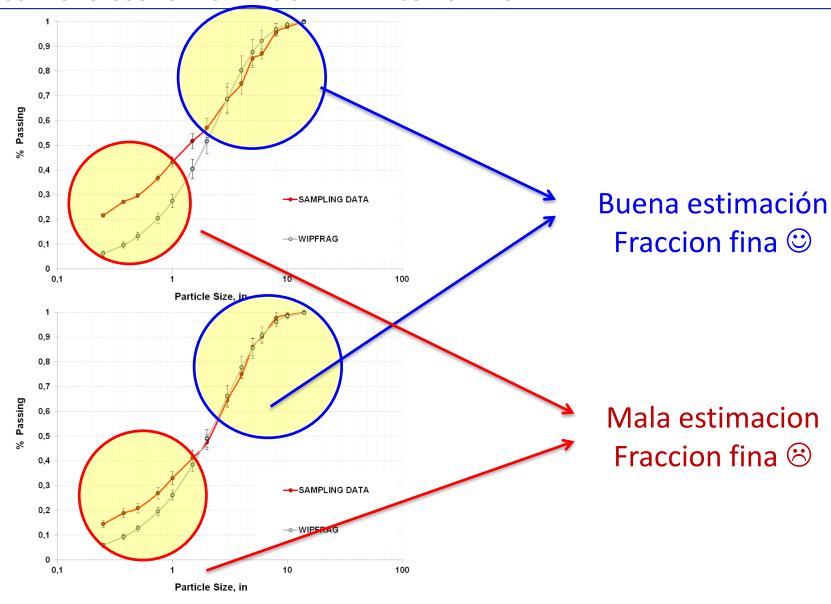


FRACCION FINA INFERIDA DESDE FRACCION GRUESA MEDIDA.

> Se corrige distribución medida en base a la relación finos/gruesos obtenida desde el análisis de

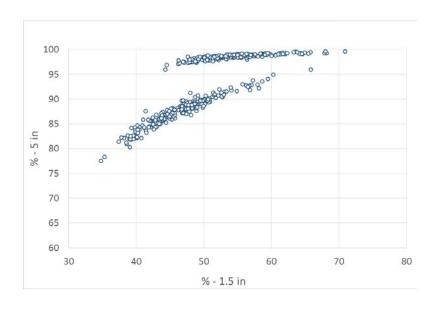
MEDICIÓN GRANULOMETRÍA EN CORREAS POR CÁMARAS

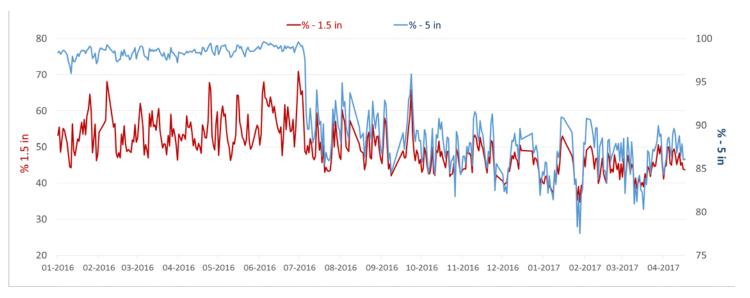
MODELO CORRIGE SESGO POR NO MEDICION DE PARTICULAS FINAS



EJEMPLOS DE CAMBIOS EN CRITERIOS DE CALIBRACIÓN

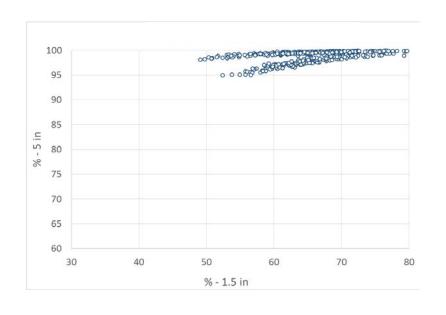
AJUSTE MODELO DE DISTRIBUCION DE TAMAÑO DE PARTICULAS EN CAMARAS DE CORREAS ALIMENTACION DE UN MOLINO SAG

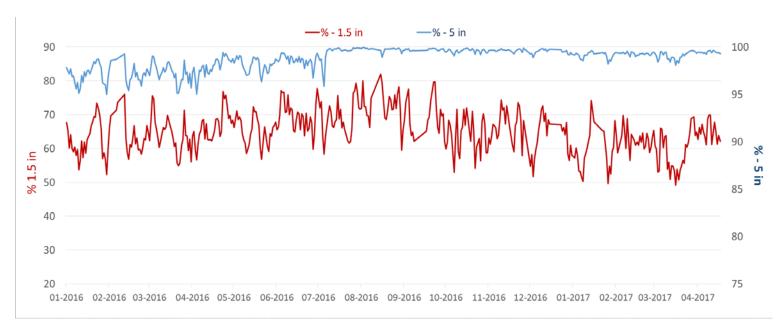




EJEMPLOS DE CAMBIOS EN CRITERIOS DE CALIBRACIÓN

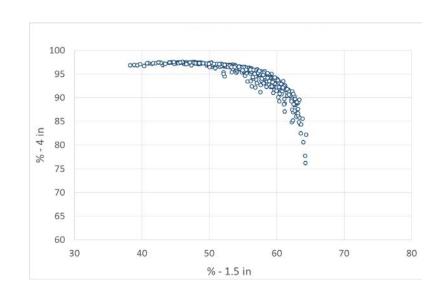
AJUSTE MODELO DE DISTRIBUCION DE TAMAÑO DE PARTICULAS EN CAMARAS DE CORREAS ALIMENTACION DE UN MOLINO SAG

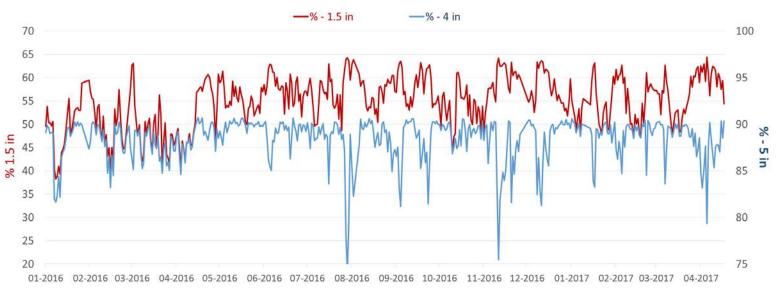




EJEMPLOS DE CAMBIOS EN CRITERIOS DE CALIBRACIÓN

AJUSTE MODELO DE DISTRIBUCION DE TAMAÑO DE PARTICULAS EN CAMARAS DE CORREAS ALIMENTACION DE UN MOLINO SAG





IDENTIFICACIÓN DE MODOS OPERACIONALES

INTERACCION ENTRE MUNDOS

Propiedades del **Mineral**

Dureza: SPI, Axb, Wi, Ci, Ai Tamaño: P80, P50, %-1.25in

Mineralogía

Tipo de Roca

MAXIMIZAR BENEFICIO

(NO PRODUCCION!!)

Cuellos de Botella

Restricciones "Duras" por diseño (Ej: máximo TPH, P80, Hidráulicos, etc)

Cuellos de botella dinámicos: Interacción Mineral - Capacidad equipo

Variables Operacionales

Estrategia de Control (Límites)

Condiciones de Desgaste

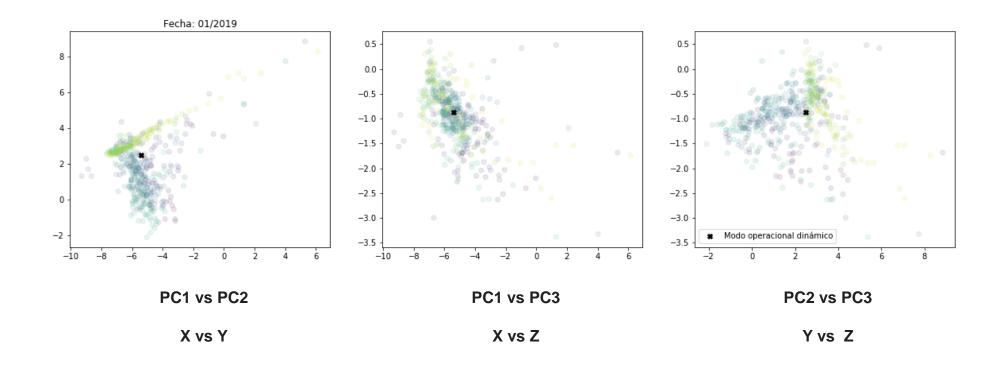
Modo operacional (Cambio Flowsheet)

Nivel de Bolas, Dosificación reactivos, etc

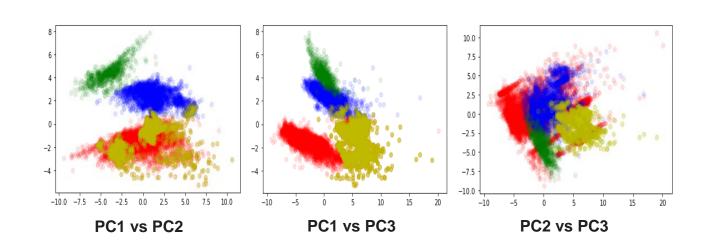
Calibración de Sensores

CRITERIO DE DETECCIÓN DE MODOS OPERACIONALES

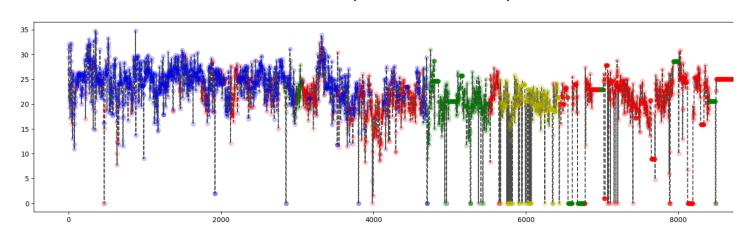
Analisis de datos – no supervisado

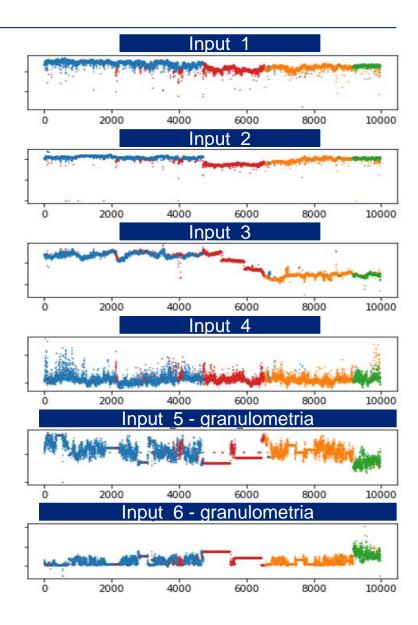


CRITERIO DE DETECCIÓN DE MODOS OPERACIONALES



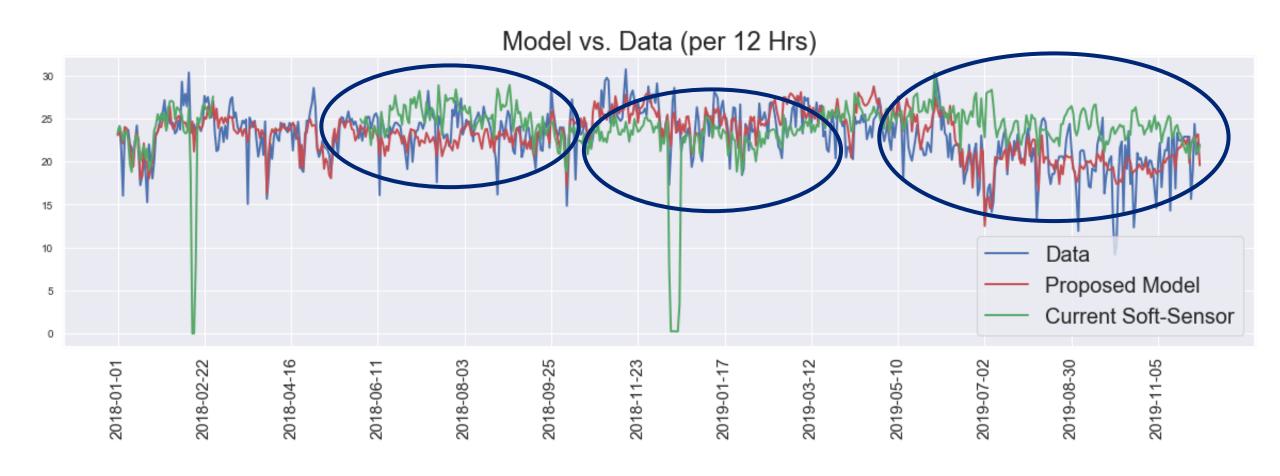
Data real de variable respuesta : Modo operacionales





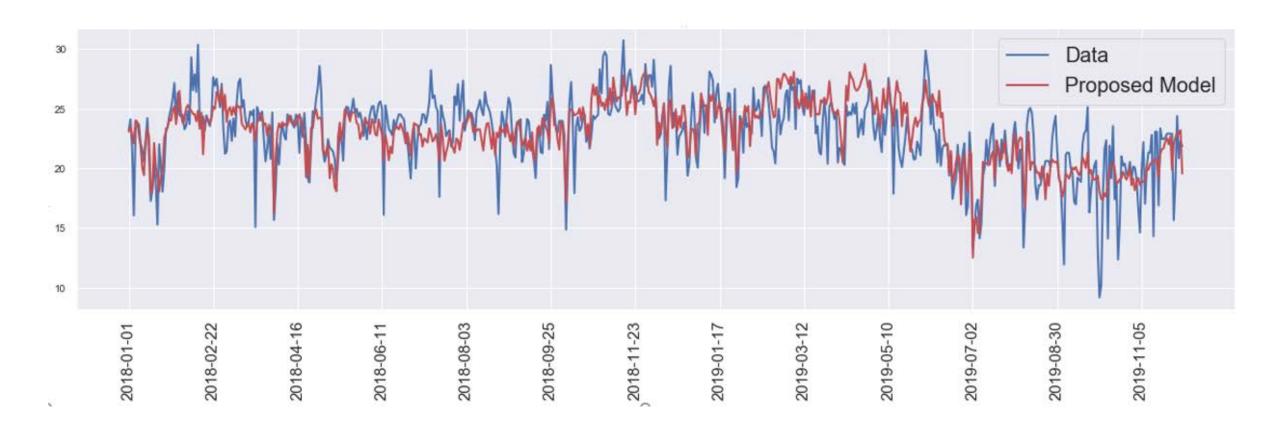
SOFT SENSOR: RESULTADOS

REAL VS MODELO



SOFT SENSOR: RESULTADOS

REAL VS MODELO



VARIABLES OPERACIONALES Y CUELLOS DE BOTELLAS

ESTRATEGIAS DE CONTROL

Propiedades del Mineral

Dureza: SPI, Axb, Wi, Ci, Ai Tamaño: P80, P50, %-1.25in

Mineralogía
Tipo de Roca

MAXIMIZAR BENEFICIO

(NO PRODUCCION!!)

Cuellos de Botella

Restricciones "Duras" por diseño (Ej: máximo TPH, P80, Hidráulicos, etc)

Cuellos de botella dinámicos: Interacción Mineral – Capacidad equipo

Variables Operacionales

Estrategia de Control (Límites)

Condiciones de Desgaste

Modo operacional (Cambio Flowsheet)

Nivel de Bolas, Dosificación reactivos, etc

Calibración de Sensores

OPERACION SAG – LIMITADO POR CELDA DE CARGA (LLENADO)

Relación TPH vs 1.5 in

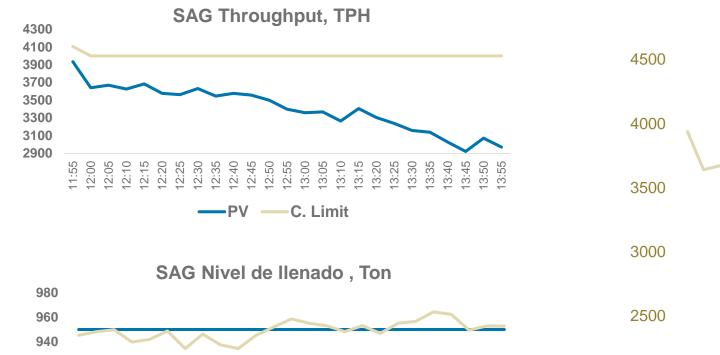
920

900

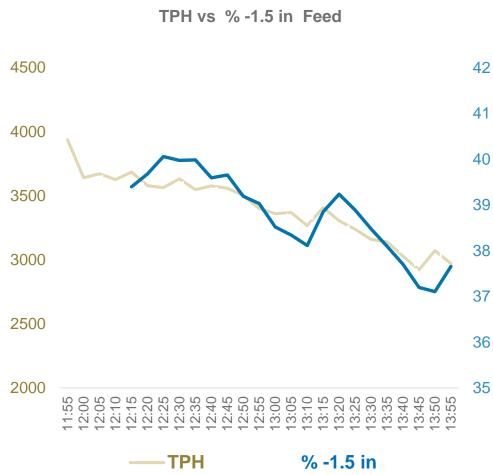
880

11:55 12:05 12:05 12:15 12:20 12:35 12:35 12:45 12:50

—PV —C. Limit

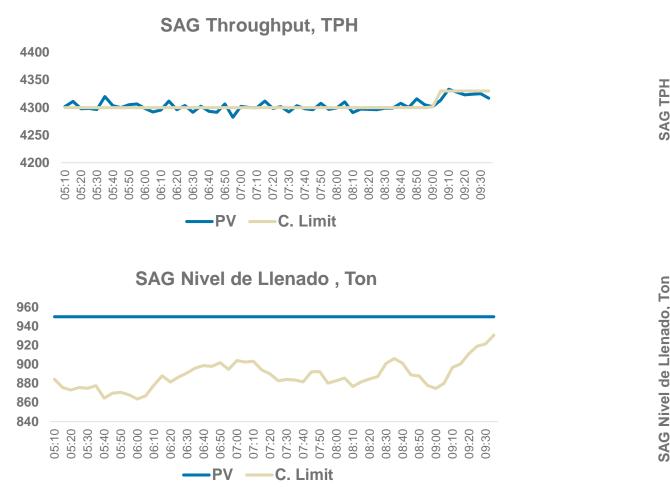


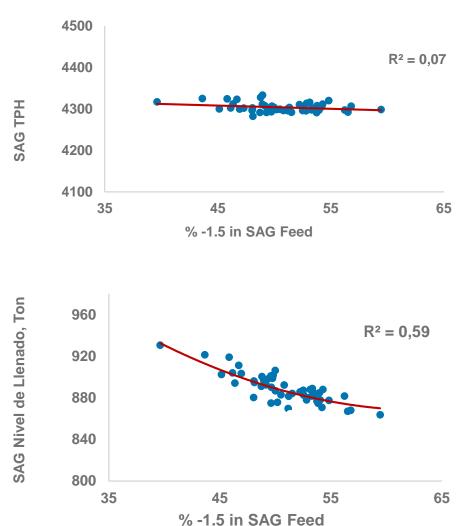
12:55 13:00 13:05 13:15 13:20 13:25 13:35 13:40 13:45 13:55



OPERACION SAG – LIMITADO POR TPH

Relación TPH vs 1.5 in

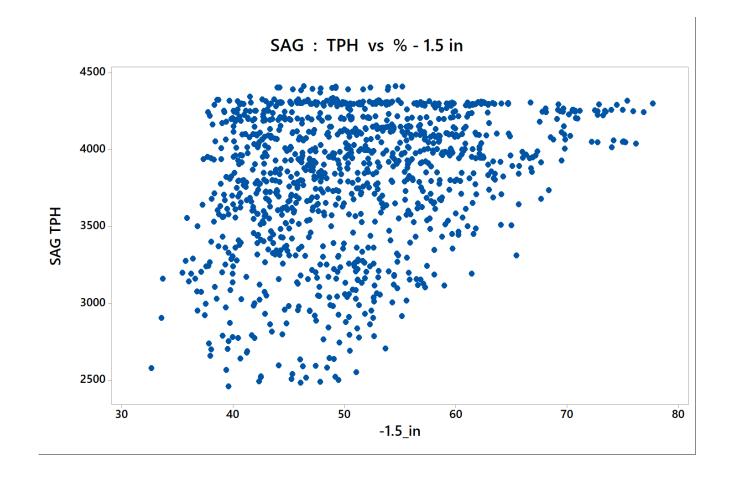




En una operación de SAG limitada por TPH, no hay relación entre TPH y PSD.

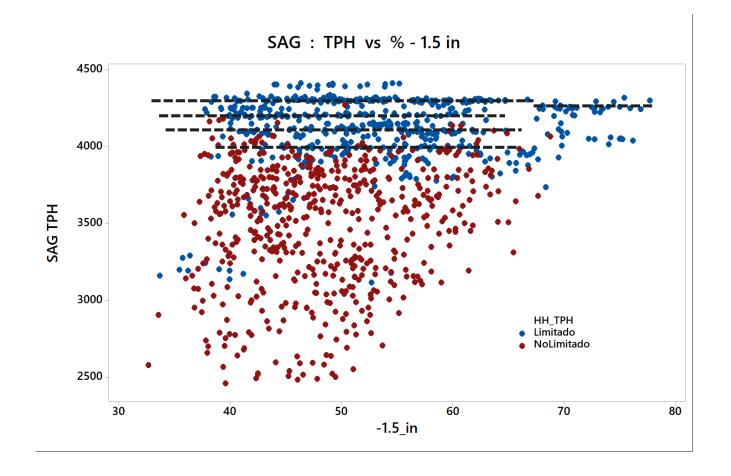
Las fluctuaciones de PSD son absorbidas por las fluctuaciones de carga SAG, dentro del rango de control de carga (rpm y% de sólidos constante).

EVALUACION DE PERFORMANCE Y MODELACION



Relación directa entre TPH y tamaño de alimentación (%-1.5 in)

PERFORMANCE Y RESTRICCIONES



Relación TPH y %-1.5 in, considerando dos escenarios:

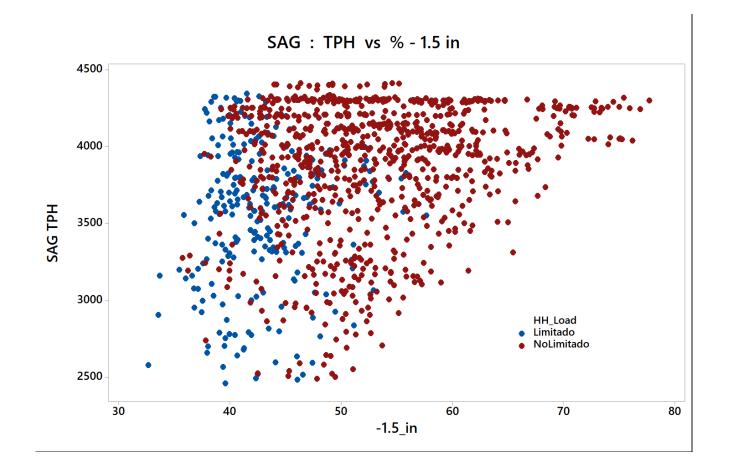
1. Restringido por el limite alto de TPH definido en el sistema de control

Objetivo: Ajustar variables de operación para mantener TPH en un valor dado.

No alcanzar un TPH óptimo

1. Operación NO restringida por el limite alto de TPH

PERFORMANCE Y RESTRICCIONES



Relación TPH y %-1.5 in, considerando dos escenarios:

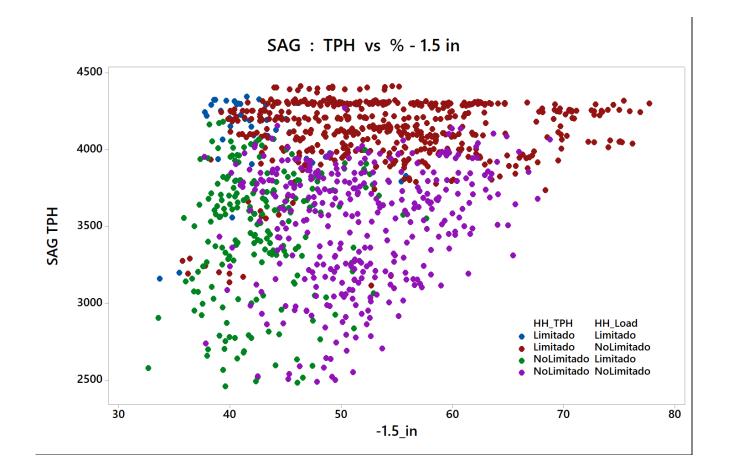
1. Restringido por el limite alto de "llenado" definido en el sistema de control

Objetivo: Ajustar variables de operación para mantener y no sobrepasar el nivel de llenado máximo

Condición típica de optimización de TPH

1. Operación NO restringida por el limite alto de "llenado" (celda de carga)

PERFORMANCE Y RESTRICCIONES

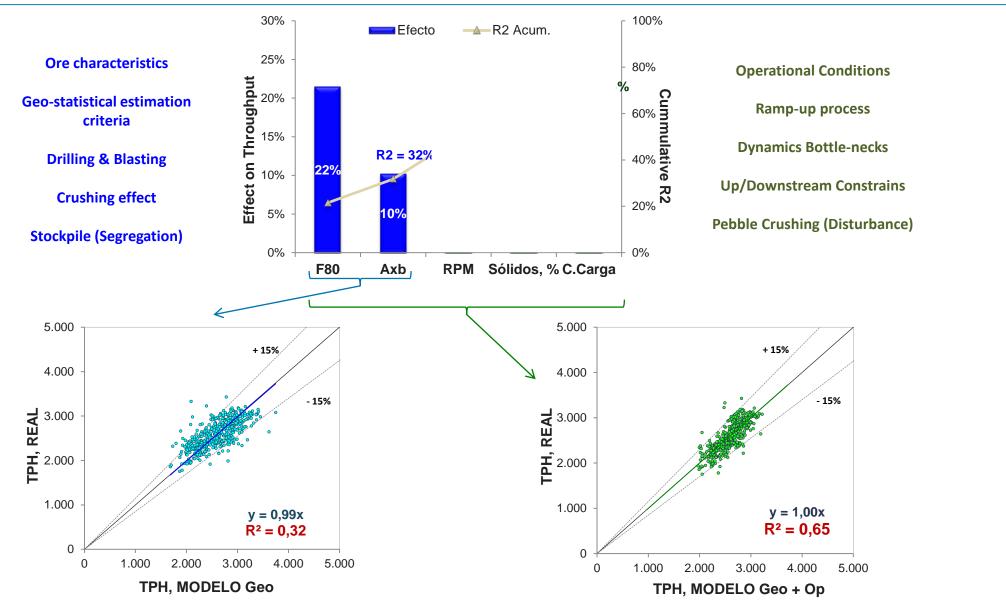


Relación TPH y %-1.5 in, considerando dos escenarios:

- 1. Restringido por el limite alto de nivel de llenado y TPH
- 2. Restringido por limite de TPH, pero no por nivel de llenado
- 3. Restringido por limite de llenado, pero no por TPH
- 4. Restringido por otra variable, que no corresponde a TPH ni al nivel de llenado

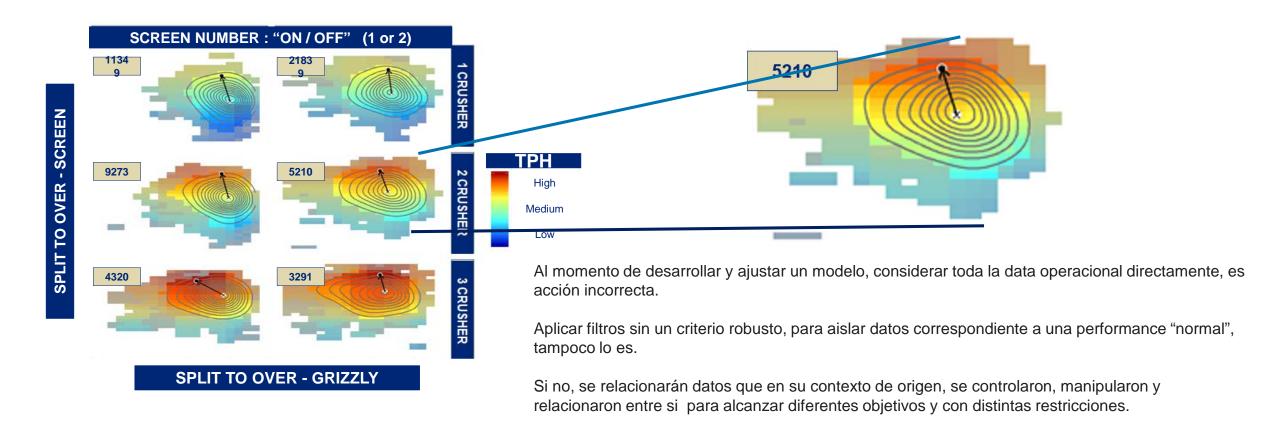
RENDIMIENTO SAG: ANALISIS DE VARIANZA

Datos promedio día



DATA ANALYTICS: MODELOS PARA OPTIMIZACION DE PROCESOS

QUE ES CRITICO CONSIDERAR???

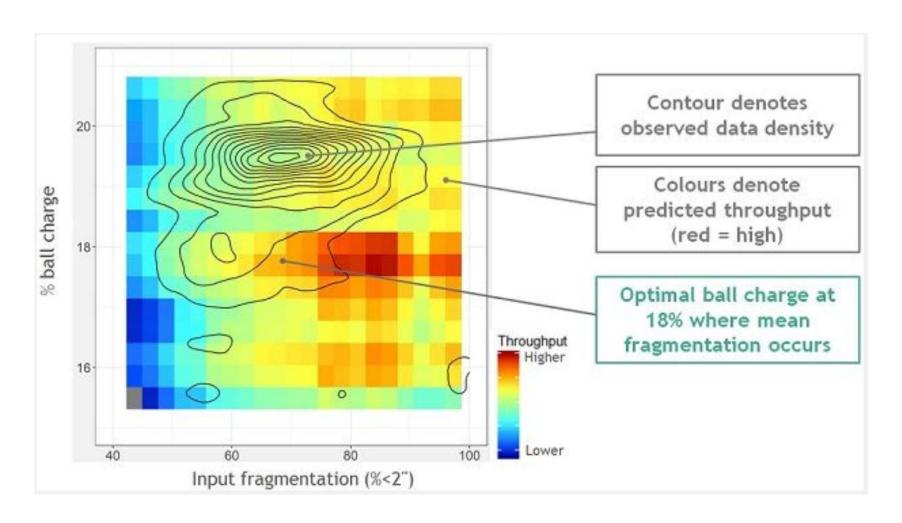


ES IMPORTANTE QUE EL **INGENIERO DE PROCESOS** QUE PARTICIPE EN LA ETAPA DE MODELAMIENTO, PARA ASEGURAR QUE LA SOLUCION GENERE RECOMENDACIONES FACTIBLES Y CORRECTAS.

DE LO CONTRARIO, SE PUEDEN GENERAR PERDIDAS DE PRODUCCION Y DE CONFIANZA EN EL USO DE HERRAMIENTAS ANALITICAS EN LA TOMA DE DECISIONES, DIFICULTANDO EL PROCESO DE IMPLEMENTACION DE HERRAMIENTAS FUTURAS

DATA ANALYTICS: OPTIMIZACION DE PROCESOS

Heatmap basado en data historica



https://www.mining-journal.com/innovation/news/1309102/collahuasi-magnifies-machine-learning-value?source=miningjournal

EL ROL DEL INGENIERO DE PROCESO ES NECESARIO Y CRÍTICO
EN LA DEFINICION Y DESARROLLO DE INICIATIVAS DE DATA
ANALYTICS EN EL AREA DE PROCESAMIENTO DE MINERALES,
PARA ASEGURAR EL ÉXITO Y SUSTENTABILIDAD DE LAS
SOLUCIONES OBTENIDAS



ACTION

MACHINE LEARNING

MUCHAS GRACIAS





accenture