CMC CHILE 2026

Sesión
TOOLBOX

1

TOOLBOX SESIÓN 12

CONGRESO DE MANTENIMIENTO & CONFIABILIDAD CHILE 7ª EDICIÓN



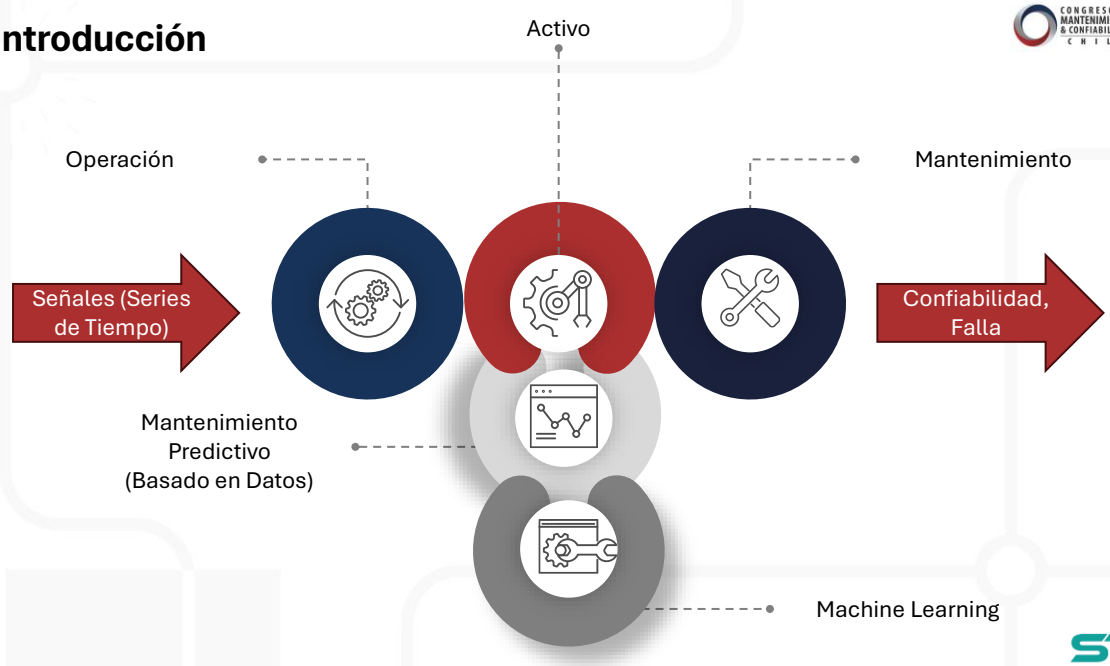
Taller de Analítica Predictiva en Mantenimiento y Confiabilidad con IA Generativa

Grinda Sierra González

Académico y Consultor

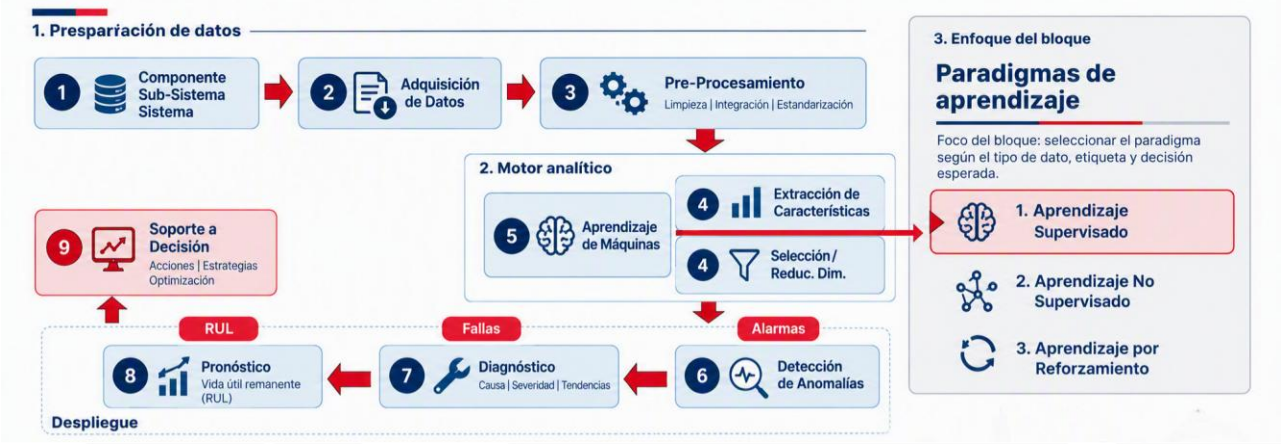
2

Introducción



3

Flujo de la información



4

Propuesta para analítica avanzada para mantenimiento predictivo

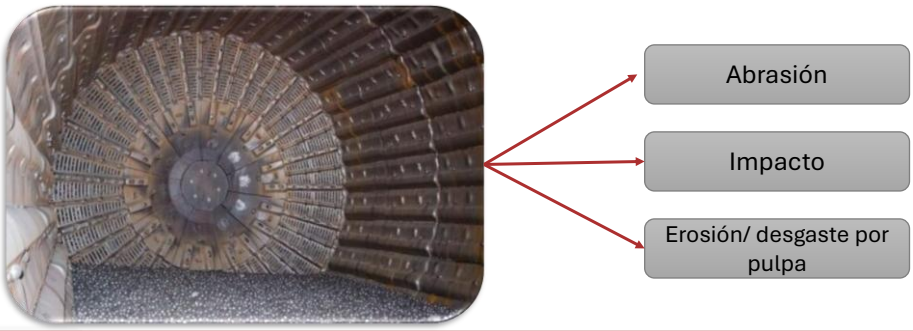
Aprendizaje aplicado con Google Colab, Google Drive y Gemini como asistente pedagógico de código.



5

¿Cuánta vida útil le queda al revestimiento?

Los revestimientos internos del casco y de los cabezales se desgastan principalmente por la interacción continua con el mineral, las bolas de acero y la pulpa durante la molienda, es decir, el desgaste del revestimiento evoluciona durante la campaña de operación del molino SAG.



Revestimiento nuevo → Operación → Desgaste progresivo → Fin de campaña

¿Podemos utilizar el comportamiento histórico del molino para preparar datos que permitan posteriormente estimar la vida útil remanente (RUL) del revestimiento?

6

Del desgaste físico a los datos operacionales

Presentación del Dataset

Los datos corresponden a dos molinos, SAG 1 y SAG 2, con 7 campañas de desgaste por molino. Cada registro contiene ID de campaña, Cycle y 11 variables operacionales. Durante el análisis se construirá RUL como variable objetivo a partir de la evolución de cada campaña.



	ID	Cycle	SensorMeasure1	SensorMeasure2	SensorMeasure3	SensorMeasure4	SensorMeasure5	SensorMeasure6	SensorMeasure7
0	1	1	1355.286133	313.998840	7.046370	80.001221	3.834873	61.003240	85.988953
1	1	2	1314.193726	303.012177	6.692522	80.001221	3.914814	63.445523	120.999786
2	1	3	1842.077759	500.003052	9.510370	77.001251	6.594503	66.720592	405.993835
3	1	4	2349.337646	529.996643	8.863295	79.000214	5.702293	64.395324	454.994354
4	1	5	1196.063354	264.009521	7.050979	80.999176	4.358096	63.805751	148.002563
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
18670	7	2560	1887.127441	342.014832	8.480180	74.999237	6.212714	60.730681	86.989960
18671	7	2561	1986.926758	424.011963	9.231603	73.000275	7.039661	61.121008	124.002808
18672	7	2562	1994.527832	385.998108	9.941005	73.000275	7.709493	61.077962	173.003326
18673	7	2563	2022.189209	453.016754	9.592515	73.000275	7.177448	60.482224	152.006592
18674	7	2564	2556.545898	585.992004	10.375889	74.999237	7.978002	61.436043	288.998077

18675 rows × 13 columns

7

¿Qué nos dicen los datos sobre la vida del revestimiento?

8

Entorno de Trabajo

Drive, Colab y Gemini sostienen la práctica completa

La carpeta de Drive funciona como raíz del proyecto; Colab ejecuta; Gemini genera código pedagógico y comentado.



9

Paso a Paso

La práctica se desarrolla en 9 acciones guiadas

Secuencia acotada para completar el caso de molino SAG.

A. Datos

1. Configurar entorno y cargar datos.
2. Inspeccionar estructura y calidad.
3. Identificar campañas y determinar RUL.

B. Exploración

4. Explorar campañas de desgaste.
5. Analizar variables y RUL.
6. Analizar relaciones y tendencias.

C. Analítica

7. Tratar datos y estandarizar.
8. Seleccionar variables.
9. Generar dataset procesado.

10

Teoría Breve de Prompts

Un buen prompt técnico tiene partes reconocibles

Antes de pedir código, conviene estructurar la instrucción para que Gemini entienda rol, contexto, tarea, reglas y salida esperada.

.

1. Rol
Define desde qué experticia debe responder.
Ej.: docente experto en Python, Colab y vibraciones.

2. Contexto
Explica dónde se usará la respuesta.
Ej.: taller práctico con datos en Drive.

3. Tarea
Indica la acción concreta.
Ej.: montar Drive, explorar archivos, graficar variables operacionales.

4. Reglas
Fija criterios de calidad.
Ej.: comentar cada línea, no inventar columnas.

Fórmula práctica

Prompt = Rol + Contexto + Tarea + Reglas + Formato de salida + Verificación.

La parte más importante

Pedir verificación explícita: si faltan archivos, columnas o estructura, Gemini debe inspeccionar primero y no inventar.

11

PROMPT MAESTRO

Configurar Gemini como tutor

PROMPT PARA GEMINI

Actúa como docente experto en Python, Google Colab, análisis de datos y mantenimiento predictivo.

Responde siempre con código pedagógico para Google Colab: celdas cortas, comentarios solo en las líneas importantes y una interpretación técnica breve al final, máximo 5 líneas.

No des recomendaciones generales ni adelantes pasos. Responde solo lo solicitado.

Si falta un archivo, columna o estructura necesaria, primero verifica la información disponible y no inventes datos.

REGLAS DEL TALLER

- ☑ Código breve y ejecutable.
- ☑ Comentarios útiles.
- ☑ Interpretación técnica.
- ☑ No adelantar etapas.
- ☑ Verificar antes de asumir.

EJECUTAR UNA SOLA VEZ

12

A. DATOS · PROMPT 1

Configurar entorno y cargar SAG 1–SAG 2

PROMPT PARA GEMINI

Monta Google Drive en Colab y usa como carpeta de trabajo:

/content/drive/MyDrive/CMCCHILE26

Busca los archivos CSV de SAG1 y SAG2, muestra sus nombres y rutas completas y cárgalos como df_sag1 y df_sag2.

Para cada dataset muestra: ruta, dimensiones y primeras 5 filas.

Si falta algún archivo, indica claramente qué ruta debe revisarse. No limpies ni modifiques los datos.

EVIDENCIA ESPERADA

- ☑ Drive montado.
- ☑ SAG 1 localizado.
- ☑ SAG 2 localizado.
- ☑ Ver df_sag1.
- ☑ Ver df_sag2.

DATOS DISPONIBLES

13

A. DATOS · PROMPT 2

Inspeccionar estructura y calidad

PROMPT PARA GEMINI

Trabaja con df_sag1 y df_sag2.

Para cada dataset muestra: dimensiones, nombres de columnas, tipos de datos, valores nulos y porcentaje, filas duplicadas, valores únicos.

Genera una tabla resumen para comparar SAG 1 y SAG 2.Identifica posibles problemas de calidad, pero no elimines, reemplaces, transformes ni agregues variables todavía.

REVISAR

- ☑ Filas × columnas.
- ☑ Tipos de datos.
- ☑ Nulos.
- ☑ Duplicados.
- ☑ Tabla resumen.

INSPECCIONAR ≠ LIMPIAR

14

A. DATOS · PROMPT 3

Identificar campañas y calcular RUL

PROMPT PARA GEMINI

Explora las campañas de desgaste identificadas por ID en df_sag1 y df_sag2.

Para cada campaña, ordena los registros por Cycle y determina el RUL como los ciclos restantes hasta el último registro de esa campaña, de modo que disminuya progresivamente y termine en 0.

Agrega la columna RUL a ambos DataFrames. Genera una tabla por campaña con:ID | Registros | Cycle inicial | Cycle final | Duración | RUL inicial | RUL final.

Verifica que RUL disminuya hasta 0 y no modifiques las variables operacionales.

LECTURA TÉCNICA

- ID = campaña.
- Cycle = evolución.
- RUL = vida remanente.
- Comparar duraciones.
- Verificar RUL → 0.

PRESERVAR TRAZABILIDAD

15

B. EXPLORACIÓN · PROMPT 4

Comparar campañas de desgaste

PROMPT PARA GEMINI

Compara las campañas de df_sag1 y df_sag2 usando ID, cycle y RUL.

Genera para cada molino una tabla con: ID, cantidad de registros, duración observada, RUL inicial y RUL final.

Ordena las campañas desde mayor a menor duración.

Genera un gráfico de barras de duración por campaña y una comparación SAG 1 vs SAG 2.

Describe diferencias relevantes sin atribuir causas no demostradas por los datos.

SALIDA ESPERADA

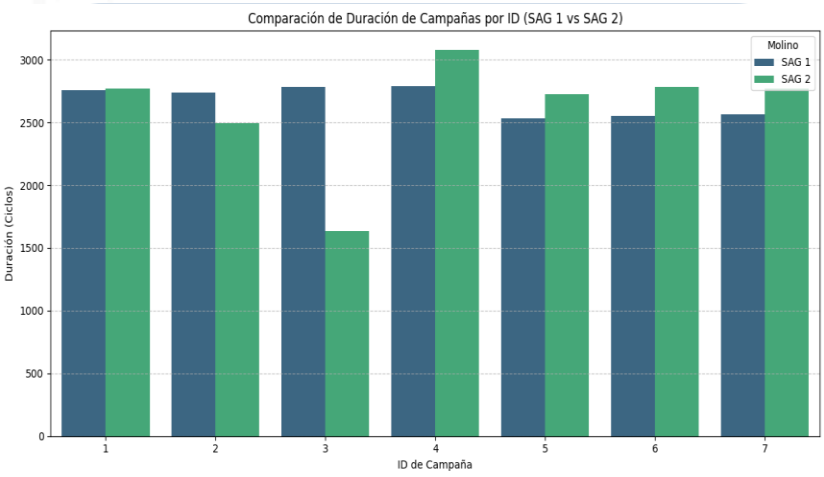
- Tabla por ID.
- Duración.
- RUL inicial/final.
- Gráfico de barras.
- Comparación SAG 1–2.

INTERPRETAR DIFERENCIAS

16

B. EXPLORACIÓN · PROMPT 4

Comparar campañas de desgaste



SALIDA ESPERADA

- Tabla por ID.
- Duración.
- RUL inicial/final.
- Gráfico de barras.
- Comparación SAG 1–2.

INTERPRETAR DIFERENCIAS

17

B. EXPLORACIÓN · PROMPT 5

Visualizar variables operacionales y RUL

PROMPT PARA GEMINI

Primero trabaja con df_sag1 y Selecciona automáticamente la campaña de menor duración observada.

Grafica RUL respecto de cycle. Identifica automáticamente las variables operacionales numéricas, excluyendo ID, cycle y RUL, y grafica cada una respecto del tiempo.

Luego compara la evolución de RUL de todas las campañas en un mismo gráfico.

No suavices ni transformes las señales. Repite el análisis para df_sag2.

MIRAR PRIMERO

- Una campaña.
- RUL vs Ciclos.
- Señales vs Ciclos.
- Todas las campañas
- Repetir en SAG 2.

BUSCAR EVOLUCIÓN

18

B. EXPLORACIÓN · PROMPT 6

Analizar relaciones y tendencias

PROMPT PARA GEMINI

Para df_sag1 y df_sag2, analiza las variables operacionales numéricas excluyendo ID, Cycle y RUL.

Sigue esta secuencia: Estadísticos descriptivos → Variabilidad (σ y CV) → Histogramas → Boxplots → Dispersión vs RUL → Mapa de calor → Ranking de correlación absoluta con RUL.

Presenta resultados separados para SAG 1 y SAG 2 e interpreta brevemente cada etapa. Señala variables de baja variabilidad y relaciones estadísticas relevantes.

No elimines variables, no transformes las señales, no elimines outliers y no interpretes correlación como causalidad.

TRES MIRADAS

- Distribución.
- Variabilidad.
- Atípicos.
- Relación con RUL.
- Correlación.

CORRELACIÓN ≠ CAUSALIDAD

19

C. ANALÍTICA · PROMPT 7

Tratar datos y estandarizar variables

PROMPT PARA GEMINI

Usa los problemas detectados anteriormente para preparar df_sag1 y df_sag2.

Antes de modificar, muestra qué tratamiento aplicarás y por qué. Considera nulos, duplicados, tipos incorrectos, posibles atípicos y variables de variabilidad nula o cercana a cero.

No elimines automáticamente atípicos. Conserva ID, cycle y RUL sin estandarizar.

Estandariza solo variables operacionales con **MinMaxScaler** y crea nuevos DataFrames, preservando los originales.

ANTES → DESPUÉS

- Nulos y duplicados
- Atípicos revisados
- Escalas comparables
- Ver df_sag1_processed
- Ver df_sag2_processed

ID · TIEMPO · RUL SIN ESCALAR

20

C. ANALÍTICA · PROMPT 8

Seleccionar variables para predecir RUL

PROMPT PARA GEMINI

Utiliza los resultados anteriores para realizar un screening preliminar de las 11 variables operacionales de df_sag1 y df_sag2.

Integra la evidencia de variabilidad, correlación lineal con RUL y redundancia entre variables, sin repetir los análisis gráficos anteriores.
Genera para cada molino:
Variable | Variabilidad | Correlación con RUL | Redundancia | Clasificación | Justificación.

Clasifica cada variable como Mantener o Revisar, considerando la correlación solo como evidencia exploratoria y no como criterio de eliminación.

No elimines variables, no entrenes modelos y no uses ID ni Cycle como predictores. Conserva ID y Cycle únicamente para trazabilidad y RUL como variable objetivo.

DECISIÓN

- ☑ Mantener.
- ☑ Revisar.
- ☑ Excluir.
- ☑ Reducir redundancia.
- ☑ Definir X → RUL.

ID = TRAZABILIDAD

21

C. ANALÍTICA · PROMPT 9

Generar dataset procesado

PROMPT PARA GEMINI

Construye un único dataset consolidado con df_sag1_proc y df_sag2_proc, conservando las 11 variables operacionales comunes de ambos molinos.
Agrega Molino para identificar SAG 1 y SAG 2 y organiza las columnas como:
Molino | ID | Cycle | 11 variables operacionales | RUL.
Verifica dimensiones, columnas, tipos de datos, nulos, duplicados, número de campañas por molino, registros por campaña y conservación de RUL.
Guarda el resultado como **SAG_limpio.csv** y muestra la ruta y las primeras 5 filas.
Conserva Molino, ID y Cycle para trazabilidad y RUL como variable objetivo. No entrenes modelos.

CONTROL DE SALIDA

- ☑ Campañas conservadas.
- ☑ RUL presente.
- ☑ Nulos verificados.
- ☑ Variables seleccionadas.
- ☑ CSV generado.

LISTO PARA MODELAMIENTO

22

RESULTADOS TOOLBOX

De datos operacionales a un problema de pronóstico

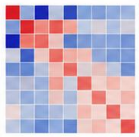
1 — 14 campañas
2 molinos SAG
7 campañas por molino



2 — 11 variables operacionales
Más ID, Tiempo (h) y RUL
(14 columnas en total)

ID	Tiempo (h)	Variables operacionales (11)	RUL
1	0	...	2501
1	1	...	2500
1	2	...	2498
...	...	...	...

3 — Variables seleccionadas
Basado en análisis de variabilidad y relación con RUL



4 — Dataset preparado para RUL
Listo para modelamiento predictivo

ID	Tiempo (h)	Variables seleccionadas	RUL
1	0	...	2501
1	1	...	2500
1	2	...	2498
...	...	...	...

La IA generativa aceleró el código.
La ingeniería validó el análisis.

Transformamos datos de operación en un insumo técnicamente defendible para modelar la vida útil remanente del revestimiento.

Próximo paso

Te invitamos a continuar con el siguiente Toolbox



EXPONE
Raymi Vásquez
Académico y Consultor

Toolbox 2
Diseño de modelos de mantenimiento predictivo usando redes neuronales con IA generativa

23

SESIÓN 12
ESCANEA EL CÓDIGO QR

RESPONDE UNA BREVE ENCUESTA

¡GRACIAS!

Grinda Sierra González
Grinda.sierra@gmail.com

24