

## SEGUNDA DOCUMENTACIÓN PARCIAL (REV.2)

CIR-REQ-0011 STNG

Septiembre 2019

*Árbol de decisión*

El método original intenta abarcar una serie de restricciones predefinidas en un archivo Excel siguiendo un orden parcialmente respetado. Si algún resultado o conjunto de resultados viola alguna de las lógicas, se envía un mensaje y se modifican ciertos campos específicos en la vista del analista.

Un problema con este método consiste en la violación de lógicas por parte de resultados superfluos o de poco interés, provocando que el analista destine tiempo a añadir una lógica “normal” personalizada para que dicha combinación se ignore en un futuro escenario. Así también, el proceso manual de incorporación de nuevas lógicas involucra un retardo de tiempo significativo ya que se debe hacer vía solicitud a un encargado externo.

Cada lógica contiene evaluaciones basadas en umbrales como los mostrados en la Tabla 1.

Componente	Normal	Advertencia	Alarma
Al	< 20	20-40	> 40
Cr	< 10	10-20	> 20
Cu	< 50	50-100	> 100
Fe	< 200	200-300	> 300
Si	< 15	15-25	> 25

Table 1: Ejemplo de lógicas en árbol de decisión

*Análisis Preliminar de la Estructura de los Datos*

El análisis de la información entregada por medio de la base de datos es enfocado principalmente en la extracción de la información relacionada a los resultados de los ensayos de tribología realizados por la empresa a componentes de diferentes clientes. Las variables de interés observadas a partir de las múltiples tablas presentes en la base de datos, y que se considera serán parte relevante de la alimentación de datos para el sistema de aprendizaje automático son las siguientes :

Datos propios de cada muestra-resultado :

- **id\_cliente** : Identificador único correspondiente al cliente que solicita el análisis de la muestra.
- **id\_faena** : Identificador único, propio de cada cliente, correspondiente a la faena desde donde proviene la muestra.
- **id\_tipo\_equipo** : Identificador correspondiente al tipo de equipo desde donde proviene el componente.
- **id\_tipo\_componente** : Identificador correspondiente al tipo de componente desde donde proviene la muestra.
- **id\_componente** : Identificador único, propio de cada cliente y faena, correspondiente al componente desde donde proviene la muestra.

- **correlativo\_muestra** : Identificador único de la muestra.
- **id\_ensayo** : Valor identificador del ensayo realizado.
- **valor** : Valor correspondiente al resultado del ensayo de la muestra analizada.
- **id\_protocolo** : Identificador del protocolo usado para el análisis de los resultados de los ensayos.
- **m\_fecha\_muestreo\_año** : Fecha de muestreo correspondiente al *año*
- **m\_fecha\_muestreo\_mes** : Fecha de muestreo correspondiente al *mes*
- **m\_fecha\_muestreo\_día** : Fecha de muestreo correspondiente al *día*
- **m\_fecha\_ingreso\_año** : Fecha de ingreso de la muestra correspondiente al *año*
- **m\_fecha\_ingreso\_mes** : Fecha de ingreso de la muestra correspondiente al *mes*
- **m\_fecha\_ingreso\_día** : Fecha de ingreso de la muestra correspondiente al *día*

La Tabla 2 muestra el origen desde que tabla de la base de datos se obtiene el campo respectivo.

Dato	Tabla (en BD original en MySQL)
<i>id_cliente</i>	<i>trib_precalculo_reporte</i>
<i>id_faena</i>	<i>trib_precalculo_reporte</i>
<i>id_tipo_equipo</i>	<i>trib_precalculo_reporte</i>
<i>id_tipo_componente</i>	<i>trib_precalculo_reporte</i>
<i>id_componente</i>	<i>trib_muestra</i>
<i>correlativo_muestra</i>	<i>trib_muestra</i>
<i>id_ensayo</i>	<i>trib_resultado</i>
<i>valor</i>	<i>trib_resultado</i>
<i>id_protocolo</i>	<i>trib_resultado</i>

Table 2: Relación entre datos y su origen en BD

Datos propios de cada ensayo, obtenidos de la tabla *trib\_ensayo* :

- **id\_ensayo** : Identificador propio del ensayo realizado.
- **cp\_3\_tipo\_protocolo** : Tipo de ensayo al que corresponde (metal o lubricante).
- **nombre** : Nombre del ensayo.

Datos propios de cada protocolo, obtenidos de la tabla *trib\_protocolo* :

- **id\_protocolo** : Identificador propio del protocolo utilizado.
- **nombre** : Nombre del protocolo.

Datos propios de cada ensayo con su protocolo determinado según el cliente, obtenidos de la tabla *trib\_ensayo\_protocolo* :

- **id\_protocolo** : Identificador del protocolo.
- **id\_ensayo** : Identificador del ensayo.
- **lim\_inf\_marginal** : Límite inferior marginal del ensayo correspondiente al protocolo.
- **lim\_sup\_marginal** : Límite superior marginal del ensayo correspondiente al protocolo.
- **lim\_inf\_condenatorio** : Límite inferior condenatorio del ensayo correspondiente al protocolo.
- **lim\_sup\_condenatorio** : Límite superior condenatorio del ensayo correspondiente al protocolo.

### Segmentación de Datos

Con el objetivo de analizar los datos y relacionar resultados de ensayos se comienza segmentando los datos que son posibles de correlacionar.

La primera variable identificada para la segmentación de los resultados de los ensayos es *id\_faena*, debido a que los valores obtenidos para cada ensayo dependen directamente de las condiciones de trabajo propias de cada faena. Debido a que la variable *id\_faena* es única (no compartida entre clientes), se identifica que el valor de la variable *id\_cliente* se vuelve solamente informativa y no relevante para la toma de decisiones en base a los datos.

Posterior a la primera segmentación es posible segmentar nuevamente los resultados por otras tres variables :

- “id\_tipo\_equipo”
- “id\_tipo\_componente”
- “id\_componente”

Al hacer un primer análisis estadístico usando solo los datos provistos, se identifican los tipos de ensayo que presentan una mayor correlación entre sí, como se muestra en la Tabla 3 donde se listan los 5 pares de correlación más altos, y en la Figura 1 donde se ilustra un mapa de calor donde la intensidad del color se asocia con la cercanía a 1 y es directamente proporcional al grado de correlación, valor que naturalmente se observa máximo en la diagonal.

Ensayo 1	Ensayo 2	Correlación (%)
pH	vanadium	99.9965
chromium	pH	99.9964
<i>acid_total_number</i>	<i>basic_total_number</i>	98.8107
antifreeze	vanadium	97.9971
<i>acid_total_number</i>	<i>dilution_by_fuel</i>	97.9966

Table 3: Mayor correlación entre ensayos para todos los clientes y componentes

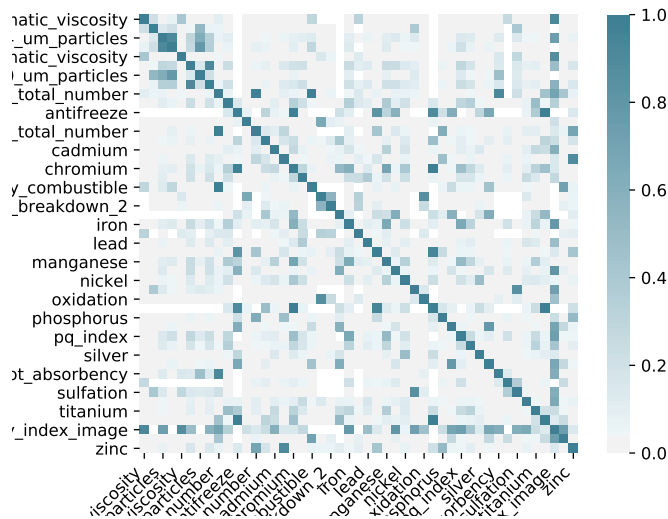


Figure 1: Mapa de calor con correlación de Pearson

Se destaca que si bien se observa una alta correlación entre distintos tipos de ensayos como los individualizados en la Tabla 3, esta relación no es necesariamente la misma para cada cliente, cuyo análisis se compara para algunos clientes en las Figuras 2 y 3.

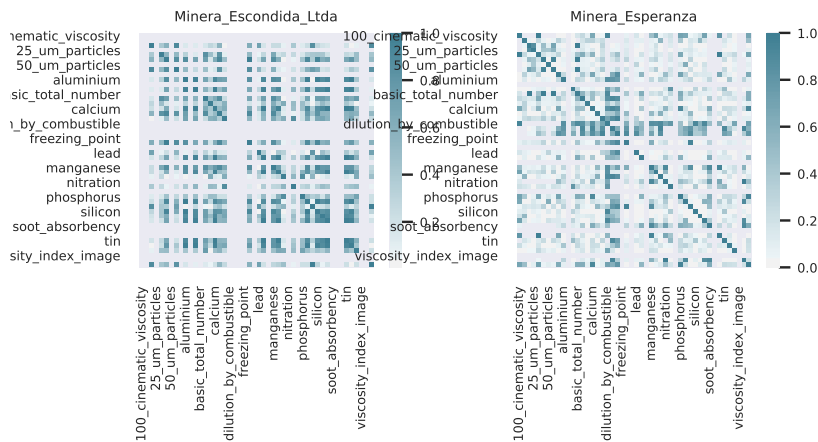


Figure 2: Correlación entre ensayos separados por cliente

En relación a la cantidad de datos disponibles, como se ilustra en el Histograma de la Figura 4, un poco más de 2500 (de un total de 3350) componentes presentes (como p.ej. U.Hidráulica o Reductor) en la base de datos provista cuenta con menos de 200 datos disponibles. Además, considerando que para determinar el nivel de alerta asociado a una determinada muestra se aplican u omiten distintos ensayos, la cantidad de datos disponible para predecir el nivel de alerta en instantes futuros se prevee bajo la mínima. Sin embargo, es posible plantear el desafío de aprendizaje para predecir el valor de ensayos aplicados a una muestra para un instante futuro, planificando comenzar con los resultados de ensayo asociado al fierro, cuyos registros históricos para los componentes almacenados se muestra en la Figura 5.

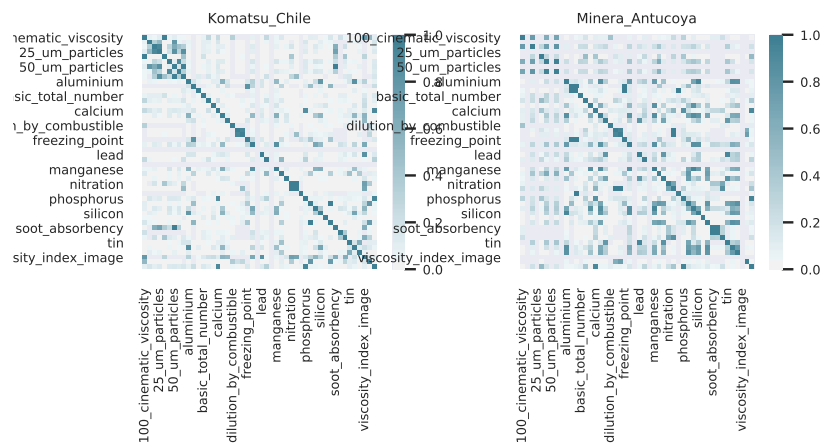


Figure 3: Correlación entre ensayos separados por cliente

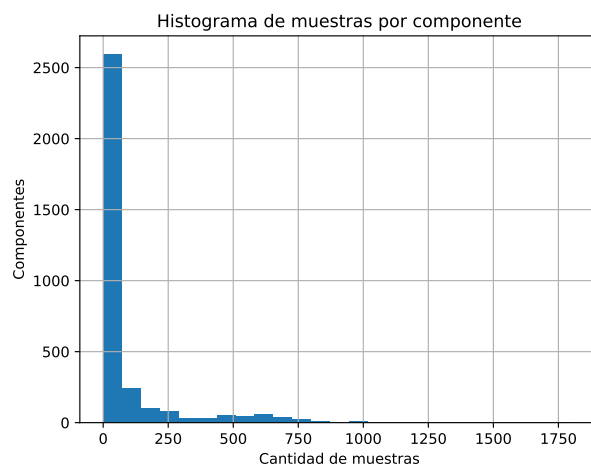


Figure 4: Cantidad de datos para distintos componentes

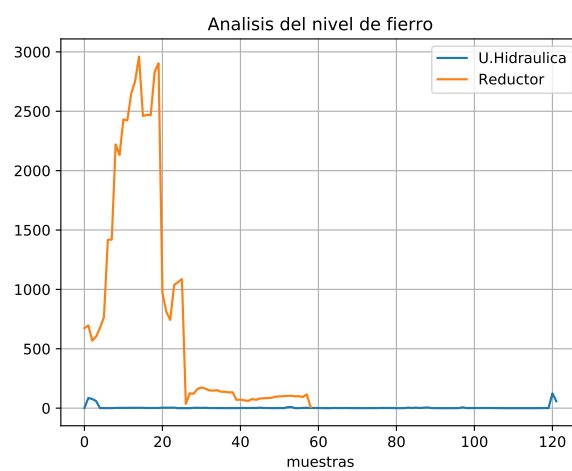


Figure 5: Evolución del hierro para ciertos componentes

Con el propósito de entregar un resultado más completo al cliente que solicita el análisis de una muestra, es que se propone la incorporación de mecanismos de predicción de eventos futuros a partir del análisis de resultados acumulados de muestras históricas.

Luego de observar los datos disponibles presentes en la base de datos de tribología entregados, es que se generan las siguientes propuestas de posibles enfoques en los que se puede centrar el problema de aprendizaje automático.

### *Predicción de estados futuros para los análisis de un componente*

Por medio del uso de los resultados históricos acumulados de las muestras de un componente analizado es posible estimar, a partir de una nueva muestra, posibles eventos y estados futuros de cierto análisis a considerar para la posterior determinación de nivel de alerta (donde dicha última etapa no se contemplará en el presente desarrollo de inteligencia artificial).

Así, por ejemplo considerando el componente *Reductor* de la Figura 5, a partir de las muestras disponibles sería posible predecir el resultado futuro de ese mismo tipo de ensayo para ese componente en el siguiente instante en que se recepcione una muestra, indicando si su valor seguirá estable como en las últimas analizadas, o tendrá un valor alto como en las primeras muestras. Esto permitiría evitar futuros problemas en los equipos, pudiendo anticipar medidas preventivas.

### *Estimación de modificaciones no informadas de equipos o componentes*

Un problema que se observa en el proceso actual es la dificultad del análisis de los resultados de las muestras históricas de un componente, debido a la no entrega completa de información por parte del cliente que solicita el análisis de una muestra.

En la mayoría de los casos, no es compartida la información relacionada con cambios en el estado físico de los equipos, como lo son cambios de componentes y relleno o renovación de lubricantes, afectando la predicción de la propuesta anterior y el análisis de la nueva muestra.

De presentarse una estimación positiva en la modificación del estado físico de un componente, se incorporará en la información incompleta entregada por el cliente facilitando el análisis de la nueva muestra y permitirá predecir correctamente posibles eventos y estados futuros.

El enriquecimiento de los resultados para las muestras, producto de las propuestas que han sido expuestas anteriormente, únicamente conllevan un análisis computacional con un costo adicional asociado mínimo pero de gran valor agregado al servicio ofrecido al cliente. El costo monetario adicional asociado dependerá de los requerimientos de hardware computacional involucrados en la predicción.

Si los requerimientos para la predicción son posibles de solventar en máquinas computacionales locales, entonces no existirá costo adicional alguno. De no ser así, el costo del análisis se ve aumentado por los costos asociados al servicio AWS (Amazon Web Services) con características apropiadas para la predicción según el volumen de datos históricos en procesamiento.

### *Observaciones*

Todo el código generado durante esta etapa se puede revisar en Github: [https://github.com/astng/module\\_ai](https://github.com/astng/module_ai) y en [https://github.com/astng/ai\\_data\\_analysis](https://github.com/astng/ai_data_analysis). Al momento de la fecha de entrega de este documento, se ha replicado el mecanismo de toma de decisiones original en forma de restful API como servicio HTTP, cuya documentación de uso está disponible en una Wiki en [https://github.com/astng/module\\_ai/wiki/Module-AI-API-Documentation](https://github.com/astng/module_ai/wiki/Module-AI-API-Documentation)