



Optimización del mantenimiento industrial mediante técnicas BI, aplicación de un cuadro de mandos integral

Diego González Martínez
Grado de Ingeniería Informática

Profesor Colaborador: **Humberto Andrés Sanz**
Profesor: **Atanasi Daradoumis Haralabus**

Fecha de entrega: 17.06.2019



Aquesta obra està subjecta a una llicència de [Reconeixement-NoComercial-SenseObraDerivada 3.0 Espanya de Creative Commons](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/es/)

FITXA DEL TREBALL FINAL

Títol del treball:	<i>Optimización del mantenimiento industrial mediante técnicas BI, aplicación de un cuadro de mandos integral</i>
Nom de l'autor:	<i>Diego González Martínez</i>
Nom del consultor:	<i>Humberto Andrés Sanz</i>
Data de lliurament (mm/aaaa):	<i>06/2019</i>
Àrea del Treball Final:	<i>Business Intelligence</i>
Titulació:	<i>Grado de Ingeniería Informática</i>

Resum del Treball (màxim 250 paraules):

En este proyecto veremos como las herramientas de Business Intelligence son aplicadas a la gestión industrial de una empresa con el objetivo de extraer el conocimiento de los datos del departamento operaciones y de los datos de gestión de calidad, a partir de este conocimiento y la aplicación de análisis para mejorar y dinamizar la toma de decisiones.

Por un lado, profundizaremos en las herramientas de Minería de Datos aplicando algoritmos de clasificación, Reglas de la Asociación y Redes Neuronales, para predecir cuando es necesario sustituir un elemento de manera preventiva, evitando pérdidas de tiempo imprevistas e incrementos de costo.

Por el otro lado, aplicar un cuadro de mandos a través de una herramienta comercial que nos permite ver la evolución de los indicadores clave de rendimiento de una manera dinámica y en tiempo real.

En general, las técnicas de Business Intelligence se asocian a las ventas y al marketing, donde se han obtenido grandes resultados, con este trabajo se pretende demostrar las técnicas de Business Intelligence, en otros, a las empresas, concretamente en el ámbito industrial y sus procesos. Toma de decisiones para la mejora continua debe ser el resultado de la aplicación del conocimiento adquirido a través de estos mecanismos.

Abstract (in English, 250 words or less):

In this project we will see how the tools of Business Intelligence are applied to the industrial management of a company with the objective of extracting the knowledge of the data from the operations department and the data of quality management, from this knowledge and the application of analysis to improve and boost decision making.

On the one hand, we will delve into the tools of Data Mining applying classification algorithms, Association Rules and Neural Networks, to predict when it is necessary to replace an element in a preventive way, avoiding unforeseen losses of time and cost increases.

On the other hand, apply a scorecard through a commercial tool that allows us to see the evolution of key performance indicators in a dynamic way and in real time.

In general, Business Intelligence techniques are associated with sales and marketing, where great results have been obtained, with this work is to demonstrate the techniques of Business Intelligence, in others, to companies, specifically in the industrial field and their processes. Decision making for continuous improvement must be the result of applying the knowledge acquired through these mechanisms.

Paraules clau (entre 4 i 8):

Business Intelligence, Data Mining, KPIs, Calidad, Mantenimiento Industrial, OEE.

Índice de contenidos

1. Introducción	1
2. Introducción al mantenimiento Industrial.....	8
2.1 ¿Qué es el mantenimiento industrial?.....	8
2.2 Clasificación del mantenimiento	8
2.2.1 Mantenimiento Correctivo	8
2.2.2 Preventivo.....	9
2.2.3 Predictivo	9
2.3 Rodamientos.....	11
2.3.1 Tipos de rodamientos	11
2.3.2 Engrase de los rodamientos	12
2.2.3 Vida útil.....	13
3. Análisis de las herramientas BI aplicadas.....	14
3.1 Selección de las herramientas	14
3.1.1 Minería de datos	15
3.1.2 Herramientas de predicción	15
3.1.2.1 Reglas de asociación.....	16
3.1.2.2 Redes neuronales.....	16
3.2 Cuadro de mandos integral o DashBoard.....	17
3.2.1 Propuesta de nuestro cuadro de mandos general	17
4 Funcionamiento de las aplicaciones desarrolladas	18
4.1 Descripción de las aplicaciones desarrolladas	18
4.2 Aplicación en VB.net InnoMatt.....	18
4.2.1 Base de datos relacional en SQL Server	18
4.2.1 Aplicación para la gestión del mantenimiento en VB.net InnoMatt	19
4.3 Base de datos de Calidad en Access InnoQual.....	20
4.4 Base de datos de producción en Access InnoProd.....	21
4.5 Proyecto de Minería de datos	22
5 KPIs y Cuadro de Mandos integral	28
5.1 Cuadro KPIs	28
5.2 Desarrollo del cuadro de mandos en Power BI.....	28
5.2.1 Preparación de los datos	29
5.2.2 Presentación de los cuadros de control	31
5.2.2.1 Cuadro de control de los rodamientos que monitorizamos	31

5.2.2.2 Cuadro de control de los indicadores de Calidad.....	31
5.2.2.3 Cuadro de control del rendimiento operacional (OEE) por máquina.....	32
5.2.2.4 Cuadro de control de los indicadores de Operaciones para para el conjunto de líneas de Estirado Torneado.....	32
5.2.2.5 Cuadro de control de los indicadores de Operaciones para el conjunto de líneas de Estirado.....	33
5.2.6 Cuadro de control de los indicadores de Operaciones para línea LET1	33
5.7. Observaciones relevantes de los cuadros de mandos integral.....	34
6. Conclusiones	35
6.1. Conclusiones generales.....	35
6.2. Consecución de los objetivos del proyecto	35
6.2. Valoración de la metodología del proyecto	36
6.3. Planteamiento de futuro.....	36
7. Glosario	37
8. Bibliografía.....	39
8.1 Introducción al mantenimiento	39
8.2 Herramientas y Técnicas BI.....	39
8.3 Selección del algoritmo.....	40
8.4 Cuadro de mandos integral.....	41
9. Anexos.....	42
9.1 Portapapeles de Power BI de todas las líneas no vistas en la memoria.....	42

Lista de figuras

Figura 1 Plan del proyecto	4
Figura 2 Diagrama de Gantt.....	6
Figura 3 Termografía cuadro eléctrico	10
Figura 4 Rodamiento de bolas	11
Figura 5 Rodamiento de rodillos	11
Figura 6 Rodamiento de agujas	11
Figura 7 Sistema de bombeo y distribución de engrase automático controlado por PLC	12
Figura 8 Como poner grasa a un rodamiento.....	12
Figura 9 Business Intelligence evolución de los Datos – Información - Conocimiento.....	14
Figura 10 Ilustración de una Red Neuronal.....	16
Figura 11 Estructura de la base de datos en SQL Server	18
Figura 12 Estructura proyecto vb.net	19
Figura 13 Menú logín InnoMatt	19
Figura 14 Menú principal InnoMatt.....	20
Figura 15 15 Menú principal InnoQual	20
Figura 16 Tabla de datos InnoProd.....	21
Figura 17 Tablas de variables discretizadas para rodamientos de torneadora	22
Figura 18 Tablas de variables discretizadas para rodamientos de pulidora	23
Figura 19 Tablas de reglas de asociación rodamientos pulidora.....	23
Figura 20 Gráfico de red de dependencias reglas de asociación rodamientos pulidora	24
Figura 21 Matriz de confusión reglas de asociación rodamientos pulidora.....	24
Figura 22 Red neuronal rodamientos pulidora, factores que favorecen una u otra opción	25
Figura 23 Red neuronal rodamientos pulidora, matriz de confusión.....	25
Figura 24 Reglas de asociación rodamientos torneadora.....	25
Figura 25 Gráfico de red de dependencias rodamientos torneadora	26
Figura 26 Matriz de confusión reglas de decisión rodamientos torneadora	26
Figura 27 Red neuronal rodamientos torneadora, factores que favorecen una u otra opción	27
Figura 28 Matriz de confusión red neuronal rodamientos torneadora.....	27
Figura 29 Tabla de indicadores.....	28
Figura 30 Aspecto general de la herramienta Power BI	28
Figura 31 Selector de los conectores en Power BI.....	29
Figura 32 Editor de consultas de Power BI	29
Figura 33 Editor de consultas de Power BI, tratamiento de errores.....	30
Figura 34 Portapapeles Rodamientos	31
Figura 35 Portapapeles Calidad.....	31
Figura 36 Portapapeles OEE	32

Figura 37 Portapapeles Total Líneas de estirado y torneado	32
Figura 38 Portapapeles Total Líneas de estirado	33
Figura 39 Portapapeles Línea de estirado y torneado LET1	33
Figura 40 Portapapeles Línea de estirado y torneado LET2	42
Figura 41 Portapapeles Línea de estirado y torneado LET3	42
Figura 42 Portapapeles Línea de estirado y torneado LET4	43
Figura 43 Portapapeles Línea de estirado y torneado LET5	43
Figura 44 Portapapeles Línea de estirado y torneado LE1.....	44
Figura 45 Portapapeles Línea de estirado y torneado LE2.....	44
Figura 46 Portapapeles Línea de estirado y torneado LE3.....	45

1. Introducción

1.1 Contextualización y justificación

El mantenimiento industrial de máquinas e instalaciones lleva estancado desde hace años tras implementar las últimas herramientas que permiten mejorar el estado de las máquinas y al mismo tiempo, prevenir y/o predecir las averías mediante la aplicación de programas de mantenimiento preventivo, es decir, revisar y sustituir antes de que se estropee y/o mantenimientos predictivos con la aplicación de sensores que nos informen en tiempo real del estado de uno u otro elemento como puede ser sensores de presión, encoder rotativo para controlar las revoluciones de giro de un motor o velocidad de proceso, termopares para el control de la temperatura, la medición de los ciclos de trabajo, control de las horas de trabajo de ciertos elementos, etc.

Con esta información podemos determinar si un elemento concreto puede estar llegando al final de su vida útil en base a la información del fabricante, pero en contra prestación podemos estar realizando la sustitución de un elemento crítico que está afectado por otro elemento que no tenemos bajo control y generando un sobre coste completamente inaceptable.

Por ejemplo, el análisis de vibraciones sobre los rodamientos de precisión, (son elementos muy caros y en muchas ocasiones requieren de muchas horas para poder sustituirlos) en función del nivel de vibraciones podemos determinar que el rodamiento está en mal estado, dado que el sensor de vibraciones puede estar captando vibraciones de otros elementos adyacentes, como pueden ser roturas o transmisiones en mal estado que no afectan al funcionamiento del equipo pero pueden estar falseando la medición de estas vibraciones y no siempre es sencillo discriminar el "ruido" de fondo.

Siempre he considerado que no disponemos del suficiente conocimiento para establecer la mejor estrategia de mantenimiento que nos ayude a reducir los tiempos de paro y que al mismo tiempo nos permita planificar la sustitución sin que afecte a la producción y en consecuencia a las entregas a los clientes. Por este motivo considero que podría ser de gran utilidad el uso de las técnicas de BI para poder establecer una estrategia adecuada en función de la información que dispongamos a nuestro alcance.

Otro de los puntos clave en el mantenimiento es el derivado de la seguridad en trabajo, es decir, los estándares de seguridad en las empresas hoy en día es un punto clave y debemos evitar a toda costa que un fallo de mantenimiento pueda provocar un incidente/accidente, si conseguimos reducir las averías no previstas, también evitaremos que se puedan generar accidentes sobre las personas que gestiona las máquinas o líneas productivas.

La otra vertiente es la calidad del producto, un fallo de mantenimiento puede generar fallos en las dimensiones del producto o que no cumpla de forma generalizada con las características solicitadas por el cliente, generando reclamaciones y/o devoluciones por productos defectuosos, tanto para clientes internos como externos.

Bajo este contexto, espero que las técnicas de BI nos permitan dar un paso importante en la mejora del mantenimiento y esto se pueda traducir en ahorros para las empresas evitando “mudas”, aumentado la seguridad laboral ya que podemos reducir la probabilidad de los empleados puedan sufrir un accidente, mitigar las reclamaciones de calidad por productos no conformes y reducir las horas perdidas de producción por averías no previstas.

Soy consciente de que se trata de un proyecto ambicioso, pero creo que podemos obtener unas herramientas personalizables que aporten un valor añadido diferencial a las alternativas existente en el mercado actual.

1.2 Objetivos del trabajo

Desarrollar una solución BI, previa selección de las técnicas más adecuadas para nuestro proyecto, al mismo tiempo desarrollar un cuadro de mandos que nos permita visualizar el estatus de la situación de nuestra empresa, para ello partiremos de bases datos relacionales con aplicaciones básicas desarrolladas en VB.net y/o Access que nos permitirán entre otras funcionalidades, entender el proceso de captura de datos.

Los datos que utilizaremos serán una mezcla de datos reales y datos ficticios que nos ayuden a ver la dinámica del proyecto y poder extraer conclusiones en base al conocimiento.

Como resultado del trabajo esperamos obtener:

- Las aplicaciones para la gestión de los datos:
 - Calidad.
 - Mantenimiento.
 - Producción.
- Un método de análisis predictivo sobre cuando es necesario sustituir preventivamente los rodamientos.
- Un cuadro de mandos integral con los datos operativos y de calidad.

Por otro lado, soy consciente de que las herramientas de Business Intelligence se asocian al marketing y a las ventas de productos para condicionar las campañas de marketing o incluso, personalizar los anuncios de internet para sugerir productos comprados por otros clientes asociados a las compras que tú has realizado.

Por tanto, estamos ante un doble reto, el primero consiste en desarrollar este proyecto y alcanzar los objetivos previstos y el segundo abrir un camino alternativo

a la aplicación de las herramientas de Business Intelligence a otras vertientes del negocio distintas a las relacionadas con las ventas o el marketing.

1.3 Enfoque y método de trabajo

Aplicaremos todo el proyecto sobre una empresa única y ficticia, la empresa seleccionada tendrá muchos puntos en común con mi realidad profesional ya que me permitirá comprobar si los resultados obtenidos son coherentes o no y al mismo tiempo profundizar desde los datos al conocimiento pasando por la información. Los datos con los que trabajaremos serán de distinta índole, pero tendrán algún vínculo en común, tratándose de un modelo para el mantenimiento, el vínculo serán las líneas de producción y las instalaciones.

Para este trabajo utilizaremos datos de las siguientes fuentes:

- Averías e incidencias de mantenimiento
- Reclamaciones de calidad internas/externas
- Datos de producción
- Otras fuentes (si es posible)

Con técnicas de BI analizaremos la información para poder establecer, por un lado, un cuadro de mandos con los principales KPIs, y por el otro, reducir las averías imprevistas de forma que podamos anticiparnos a los problemas evitando estas averías.

Para esta tarea he pensado utilizar Power BI, pero establecer la mejor herramienta para crear un cuadro de mandos, considero que también debe formar parte de este proyecto.

Por último y como principal objetivo de este proyecto, debemos realizar un análisis de la información obtenida y buscar para la extracción de conclusiones en base al conocimiento adquirido, que nos permita plantear mejoras que ayuden a alcanzar o superar los KPIs previstos por la compañía.

Podríamos tomar otros enfoques más generales para las herramientas de Business Intelligence, pero he considerado que ésta era la estrategia correcta ya que buscamos obtener conocimiento a través de los datos y el conjunto herramientas seleccionadas corresponden con la realidad de la situación en este momento.

1.4 Planificación del proyecto

Para la realización de la planificación realizaré una descripción a groso modo de las tareas a realizar, así como el tiempo necesario para llevarlas a cabo, aunque se describirán todas las tareas que se han considerado necesarias para llevar a cabo el proyecto, también planificaremos las tareas de soporte para búsqueda de

información o testeos de diferentes herramientas para determinar la mejor selección en cada momento.

1.4.1 Descripción de tareas

Tras la aprobación de la Idea inicial y del plan de trabajo por parte del profesor Humberto Andrés Sanz, procedemos a detallar las tareas que realizaremos.

El trabajo se ha estructurado siguiendo el mismo criterio que el plan docente, programando las entregas previstas en dicho plan, además de las Pacs, también se creando hitos para la propuesta de idea y la memoria del proyecto.

Seguidamente realizaré una descripción de las principales tareas realizadas durante nuestro este proyecto:

Figura 1 Plan del proyecto

Plan del proyecto						
Actividad	Tarea	Tiempo estimado	Inicio	Fin	Status	Fecha
Inicial (20/2 - 24/2)	Propuesta de idea	2	20-feb	22-feb	Finalizada	22-feb
	Comunicación de idea al consultor	0,5	22-feb	22-feb	Finalizada	22-feb
	Revisión (si es necesario)	0,5	22-feb	23-feb	Finalizada	23-feb
PAC1 (25/02 - 11/03)	Desarrollo inicial de la idea para la planificación	4	25-feb	01-mar	Finalizada	01-mar
	Descripción de las tareas	3	01-mar	04-mar	Finalizada	04-mar
	Planificación	3	04-mar	07-mar	Finalizada	07-mar
	Presentación, espera y modificación	4	07-mar	11-mar	Finalizada	11-mar
PAC2 (12/03 - 22/04)	Creación de una base de datos Microsoft Server SQL	0,5	12-mar	12-mar	Finalizada	12-mar
	Aquisición de datos	0,5	12-mar	13-mar	Finalizada	12-mar
	Diseño y creación de aplicación en VB.net para la gestión del mantenimiento	6	13-mar	19-mar	Finalizada	20-mar
	Diseño y creación de aplicación en Access para la gestión de Calidad	6	19-mar	25-mar	Finalizada	26-mar
	Diseño y creación de aplicación en Access para la gestión de datos de producción	6	25-mar	31-mar	Finalizada	01-abr
	Análisis de las herramientas de BI	5	31-mar	05-abr	Finalizada	05-abr
	Documentación y pruebas de la herramienta seleccionada	7	05-abr	12-abr	Finalizada	12-abr
	Desarrollo de la herramienta	6	12-abr	18-abr	Finalizada	18-abr
PAC3(23/04 - 20/05)	Pruebas con nuestros datos	4	18-abr	22-abr	Finalizada	21-abr
	Determinación de los KPIs	6	22-abr	28-abr	Finalizada	26-abr
	Propuesta de nuestro cuadro de mandos general	3	26-abr	30-abr	Finalizada	30-abr
	Desarrollo del cuadro de mandos en Power BI	5	30-abr	04-may	Finalizada	04-may
	Pruebas y test de datos	3	04-may	08-may	Finalizada	08-may
	Ajustes	3	08-may	11-may	Finalizada	11-may
	Ampliación de datos si es necesario	3	11-may	13-may	Finalizada	13-may
	Conclusiones	3	13-may	16-may	Finalizada	16-may
Memoria (21/05 - 17/06)	Aplicación del modelo	1	16-may	17-may	Finalizada	17-may
	Mejoras en el modelo	1	17-may	18-may	Finalizada	18-may
	Desarrollo de la memoria	15	18-may	02-jun	Finalizada	02-jun
	Revisión	2	02-jun	04-jun	Finalizada	04-jun
	Creación de la presentación	10	04-jun	14-jun	Finalizada	14-jun
	Revisión	3	14-jun	17-jun	Finalizada	17-jun

Desarrollo de los puntos clave del proyecto.

Los puntos claves de este proyecto además de las entregas programadas son aquellos que nos determinan los pasos a seguir dentro del proyecto, además de estos puntos, también tenemos aquellos que por la carga de trabajo puedan

ocasionar desviaciones en la planificación, seguidamente indicamos cada uno de ellos:

- ❖ Definición de la Idea y consideraciones generales del proyecto.
- ❖ Creación de una base datos en SQL Server y la importación de los datos.
- ❖ Diseño y creación de una aplicación en VB.net para la gestión del mantenimiento.
- ❖ Creación de las bases de datos en Access y la importación de los datos.
- ❖ Análisis y selección de las herramientas de Business Intelligence (BI).
- ❖ Determinación de los Key Performance Indicators (KPIs).
- ❖ Desarrollo del cuadro de mandos en Power BI.
- ❖ Desarrollo de la memoria.
- ❖ Creación de la presentación del proyecto.

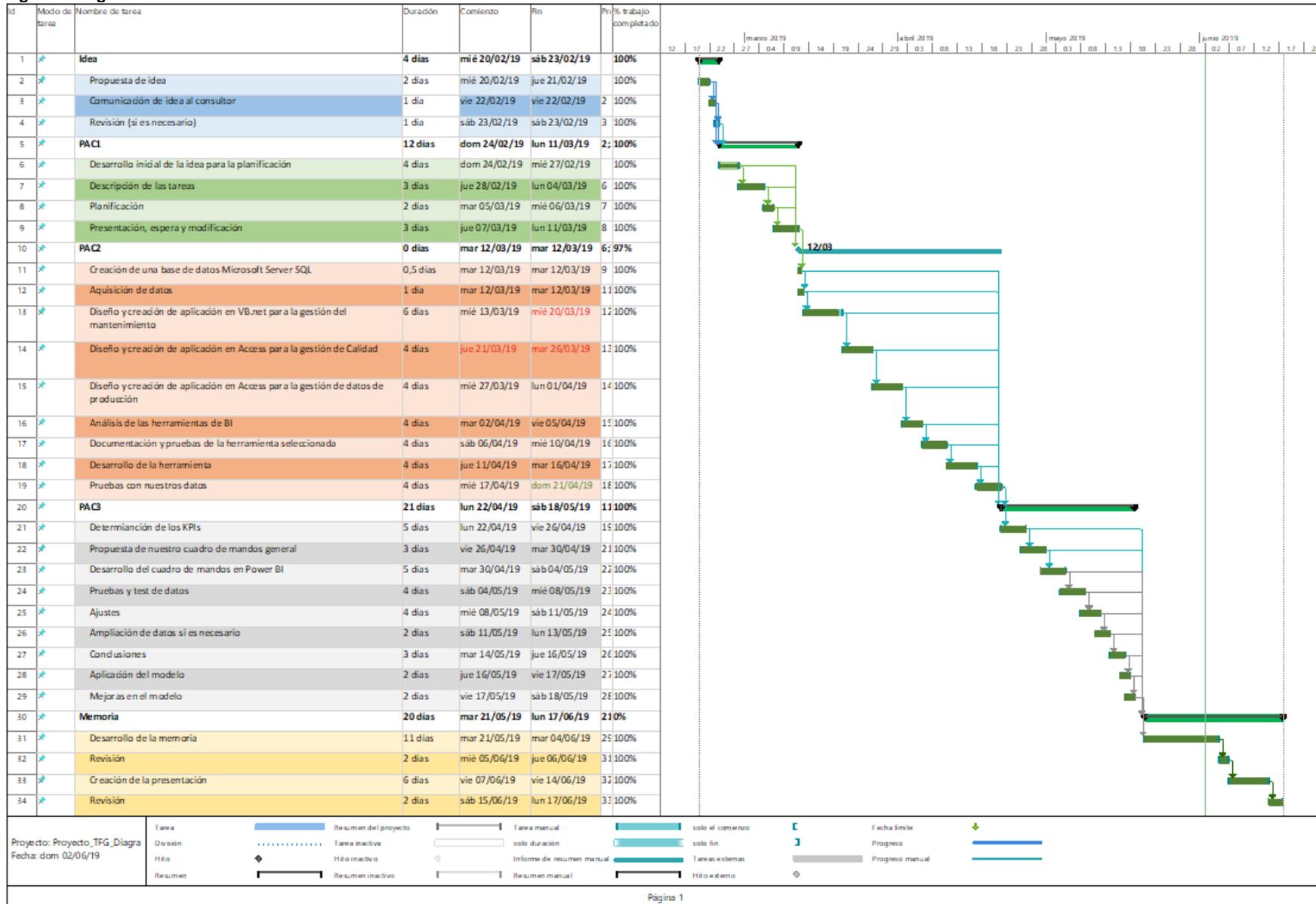
Como seguidamente veremos en el seguimiento del proyecto a través del diagrama de Gantt, estas tareas han resultado clave e incluso se han generado pequeñas variaciones en la planificación para poder alcanzar los hitos previstos en la planificación sin que suponga una demora en las entregas previstas o en el proyecto en sí.

El paso de una idea a la realización de un proyecto suele venir acompañado de desviaciones razonables de la idea inicial, en este proyecto y como no podría ser de otra forma, también hemos visto que podríamos haber incluido otros apartados que inicialmente no estaban previsto, pero habrían supuesto desviaciones importantes en la planificación y un mal desempeño del proyecto ya que habría implicado añadir elementos no previsto y tiempos de desarrollo inviables para alcanzar el resultado final.

Viendo el resultado en perspectiva, el proyecto se ciñe a la Idea inicial con pequeñas variaciones, pero considero que se podría haber incluido un elemento clave para el conjunto de datos, (datos de mantenimiento, de calidad de producción, etc.) como es la creación de un Data Lake en Microsoft Azure, para la aplicación de otras herramientas de BI que nos habrían aportado un conocimiento adicional al visto en este proyecto.

1.4.2 Diagrama de Gantt

Figura 2 Diagrama de Gantt



1.5 Breve resumen de los productos obtenidos

1.5.1 Aplicación para la gestión del mantenimiento incluye DB en SQLExpress.

1.5.2 Base de datos en Access para la gestión de las reclamaciones de calidad.

1.5.3 Base de datos en Access que contiene los datos de producción.

1.5.4 Proyecto de minería de datos para la aplicación en los datos de rodamientos.

1.5.6 Cuadro de mandos integral en Power BI.

1.5.7 Instalador para la aplicación InnoMatt.

1.6 Breve descripción de los capítulos de la memoria

- Capítulo 2 Introducción al mantenimiento y breve explicación sobre los rodamientos y clases de rodamientos.

En este apartado realizaremos una exposición acerca del mantenimiento, realizaré una descripción de las diferentes técnicas de mantenimiento valorando los pros y contras de cada tipo, finalmente hablaremos sobre los rodamientos y los distintos tipos de rodamientos que podemos encontrar y los puntos clave para una correcta utilización.

- Capítulo 3 Análisis de las herramientas BI aplicadas.

Describiremos brevemente el ciclo de vida de un proyecto de Business Intelligence, en cada punto determinaremos las herramientas seleccionadas y los motivos y con qué criterio se han seleccionado y finalmente hablaremos de los cuadros de mando integrales como parte de nuestro trabajo.

- Capítulo 4 Funcionamiento de las aplicaciones desarrolladas.

Relación y breve relato del funcionamiento de las aplicaciones creadas para manejar nuestro trabajo en el día a día, con el objeto de agilizar este apartado se incorpora un enlace con un video donde se explica con más detalle este apartado.

- Capítulo 5 KPIs y cuadro de mandos integral.

Exposición resumen de nuestro cuadro de mandos integral, incluyendo una exposición de las distintas páginas realizadas y observaciones relevantes de cada página.

- Capítulo 6 Conclusiones.

Realizaremos las conclusiones generales del proyecto, destacando las lecciones aprendidas y que mejoras incluiríamos a futuro en nuestro proyecto.

- Finalmente incluiremos un Capítulo de Glosario (7), otro de Bibliografía (8) y otro de Anexos (9).

2. Introducción al mantenimiento Industrial

No pretendo dar una clase magistral sobre el mantenimiento industrial ya que no es el punto central del proyecto, aunque es el entorno de trabajo para este proyecto, pero para entender la idea, el desarrollo y el resultado del proyecto, considero necesario hacer unas pinceladas sobre esta materia.

2.1 ¿Qué es el mantenimiento industrial?

Describiremos el mantenimiento industrial como un conjunto de operaciones destinadas a conservar equipos e instalaciones en servicio para garantizar la continuidad de la actividad industrial, se divide básicamente en tres tipos.

2.2 Clasificación del mantenimiento

En función de cómo se estructure el mantenimiento a realizar se clasifica de una forma u otra, es decir, si sólo reparamos los equipos cuando se estropean será mantenimiento correctivo, si realizamos tareas de mantenimiento destinadas a evitar averías será mantenimiento preventivo y finalmente si realizamos controles para detectar posibles averías será mantenimiento predictivo, seguidamente entramos a valorar cada una de estas categorías.

2.2.1 Mantenimiento Correctivo

Podemos definir estas acciones de mantenimiento como aquellos paros imprevistos de la producción como consecuencia de una avería que no permite continuar con las operaciones previstas, pueden ser por muchos motivos y la continuidad se puede ver afectada por la producción, la calidad o la seguridad en las operaciones.

Son paros no planificados y generan distorsión en la producción, en la planificación y en las entregas previstas, son costes sobrevenidos y no previstos, acaban afectando a la productividad y el rendimiento operativo de una planta productiva.

También puede afectar a la cuenta de resultados por varias vertientes, la primera como coste directo imprevisto, la segunda por costes indirectos derivados de transportes urgentes para envíos a los clientes de los productos atrasados en las entregas o por cargos de calidad por materiales defectuosos.

En consecuencia, debemos minimizar su ocurrencia y evitar en la medida de lo posible, aunque estamos muy lejos de eliminarlos, a través de otras operaciones de mantenimiento podemos prever y minimizar el impacto, a medida que las máquinas aumentan su "edad", se pueden ver afectadas en mayor grado si no se toman medidas preventivas o predictivas. Si se realiza un análisis de las averías repetitivas podríamos establecer frecuencias de revisión para pasar de correctivo a preventivo o incluso predictivo y evitar pérdidas de tiempos productivos imprevistos.

2.2.2 Preventivo

A diferencia de las anteriores, son acciones de mantenimiento planificadas, por tanto, no afectan a la producción, ni a las entregas, ni a la calidad del producto ni a la seguridad de las personas, además su coste está valorado e incorporado como un coste previsto y no afecta a la cuenta de resultados. Estas operaciones están planificadas en periodos definidos y se pueden ajustar en el tiempo en función de algunos parámetros intrínsecamente relacionados con el proceso o la actividad industrial. Suelen acompañarse de procedimientos de trabajo específicos en función de las tareas a realizar.

En consecuencia y como dice el refrán “Más vale prevenir que llorar”, una empresa debe planificar todas aquellas acciones de carácter preventivo que ayuden a minimizar las averías imprevistas o correctivas. Estas acciones pueden ser muy variadas y su duración puede ser de minutos a días en función de la actividad a realizar. Se clasifican en función de los recursos que se precisan para llevarlas a cabo y puede requerir de recambios y/o consumibles en su operativa:

- Mantenimiento de primer nivel, es realizado el propio operario de producción y consisten en operaciones de ajuste, limpieza, revisión de niveles, engrases y sustitución de consumibles, se requiere unos mínimos conocimientos de mecánica/electricidad elemental, así como un nivel medio de experiencia en el proceso para llevarlos a cabo.
- Mantenimiento de segundo nivel, es realizado por el equipo de mantenimiento interno/externo y son operaciones de revisión de equipos con sustitución de elementos de desgaste, requiere de unos conocimientos y experiencia medios en las operaciones que va a realizar.
- Mantenimiento de tercer nivel, es realizado por empresas especializadas, por su complejidad requiere de unos conocimientos y experiencia altos en las operaciones que va a realizar, estos varían en función del equipo al que se le realizará el mantenimiento preventivo.

Una gran parte de estas operaciones son recomendaciones del fabricante, que indica cuando y como deben realizarse a través de procedimientos específicos con listas de consumibles y recambios necesarios.

2.2.3 Predictivo

Esta última categoría corresponde con acciones destinadas a controlar determinadas variables o procesos para detectar fallos en etapas incipientes y antes de que desencadenen una avería en la instalación.

Para implementar este tipo de mantenimiento se precisan de equipos y personal especializados, suelen ser operaciones subcontratadas debido al coste de los

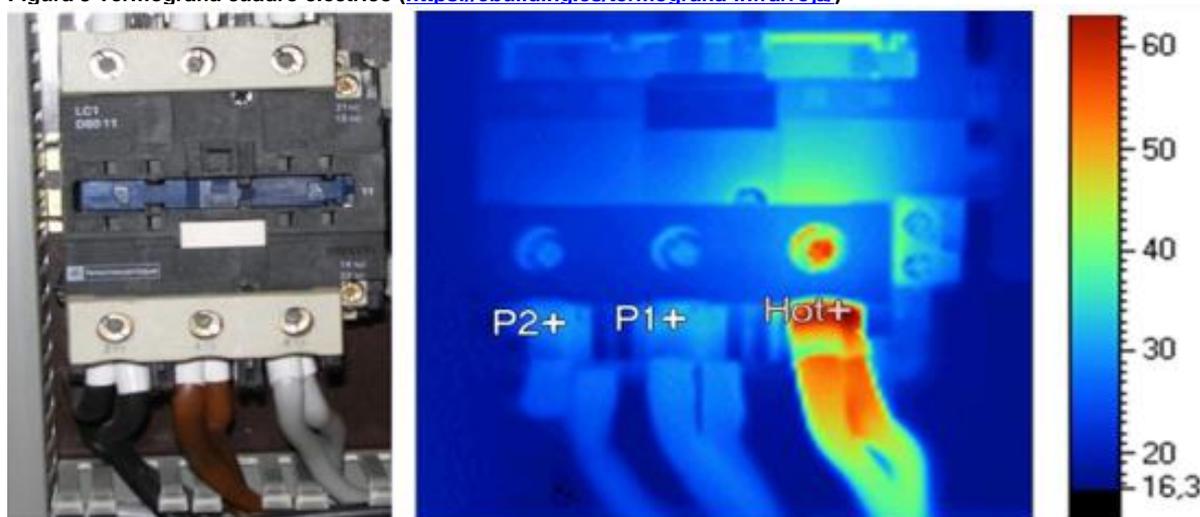
equipos y a la formación necesaria, es muy variado y depende de los elementos que queremos analizar:

- Termografías de cuadros eléctricos.
- Análisis de vibraciones de rodamientos, transmisiones o motores.
- Análisis de aceites de reductores.
- Análisis de motores, continuidad del bobinado, aislamiento, etc.
- Radiografías de soldaduras.
- Otras.

En cualquier caso, estos datos nos darán información del estado del elemento que precisamos contralar y actuaremos de forma preventiva para evitar un paro imprevisto.

Para poner un ejemplo, seguidamente se puede ver en la figura 3 una fotografía de un contactor eléctrico, a la izquierda la fotografía normal y a la derecha la termografía con la escala de la temperatura.

Figura 3 Termografía cuadro eléctrico (<https://ebuilding.es/termografia-infrarroja/>)



Como podemos observar el terminal de la derecha está sometido a una temperatura alrededor de los 60^o centígrados, esto nos está indicando que o bien el contactor tiene un problema o lo tiene la instalación ya que esos valores de temperatura no son normales por sí mismo, pero sobre todo si los comparamos con los otros terminales del mismo contactor. Para evitar una avería mayor, debemos verificar este elemento y lo que cuelga de él y actuar en consecuencia.

2.3 Rodamientos

Un rodamiento es un elemento mecánico de baja fricción que ayuda a transferir las cargas entre componentes de una máquina, admiten elevadas velocidades de giro al tiempo que reducen el ruido, el calor, el consumo de energía y el desgaste, etc.

2.3.1 Tipos de rodamientos

En función de la necesidad podemos utilizar una variedad u otra de rodamiento, existen de bolas, de rodillo, de aguja, y en función de la carga que soportan pueden ser axiales o radiales o mixtos. Para nuestro estudio sólo utilizamos rodamientos radiales y de bolas.

Figura 4 Rodamiento de bolas (<https://www.lxb-bearing.eu/es/newpage1>)



Figura 5 Rodamiento de rodillos (<http://www.grupodoyma.com/tienda/22213cae4c3-rodamiento-rodillo-esferico/>)



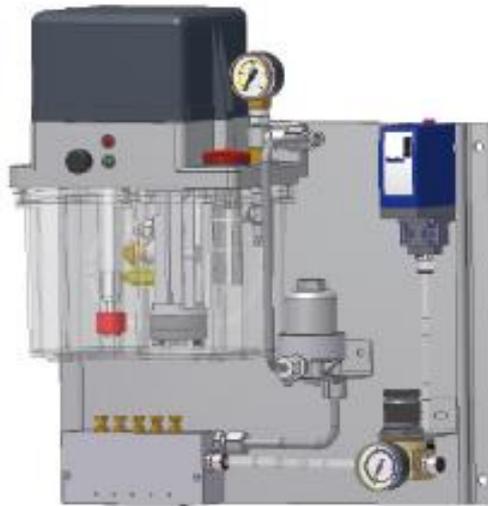
Figura 6 Rodamiento de agujas (<https://www.fersa.com/es/gama-de-producto/rodamientos-de-agujas>)



2.3.2 Engrase de los rodamientos

Tenemos dos tipos el primero al ser un rodamiento de alta precisión son engrasados por una mezcla de aire y aceite, el sistema utilizado es un sistema de bombeo automático con seis puntos de engrase, tres para el rodamiento de entrada y tres para el rodamiento de salida de la torneadora. Se regulan automáticamente en función de la temperatura de trabajo de los rodamientos al mismo tiempo genera una presión constante de aceite y aire para evitar que entre suciedad en el interior de la jaula del rodamiento, trabajan a 2.250 rpm. El coste de estos rodamientos es del orden de 2500€ unidad y se precisan al menos 3 días para realizar la sustitución.

Figura 7 Sistema de bombeo y distribución de engrase automático controlado por PLC (<https://www.intza.com/sistemas/equipos.php?scat=11&sid=5>)



El segundo tipo además de soportar carga radial, están sometidos a cargas axiales puntuales, se engrasan con una grasa especial que debe cubrir entre el 30% y 35% de la superficie interna de la banda de rodadura, esta grasa con el calor y con el movimiento de giro de los rodamientos acaban recubriendo la mayoría de la superficie de este, su vida útil es menor que los anteriores, pero el coste y el tiempo de sustitución también son muy inferiores trabajan a 500 rpm. El coste es de unos 500€ unidad y el tiempo de sustitución es de unas 4 horas.

Figura 8 Como poner grasa a un rodamiento (<https://www.klueber.com/ecomaXL/files/Waelzlager-SP.pdf>)



2.2.3 Vida útil

Cada fabricante dispone de fórmulas para calcular la vida útil de un rodamiento, pero se basan en cálculos de cargas y parámetros que no son adaptables a cada elemento y las circunstancias de cada funcionalidad, por tanto y para centrarnos en nuestro caso trataremos de definir la vida útil de los rodamientos en función de los parámetros que manejamos y que serán los que determinarán cuando debemos reemplazar este elemento.

Estos parámetros son distintos en función del tipo de rodamiento.

Rodamientos de torneadora, parámetros de control:

- Vibraciones, junto a la temperatura de trabajo es uno de los parámetros más determinante para la toma de decisión, para este tipo de rodamientos cuando se detectan vibraciones por encima de 20 m/s^2 de forma consistente debemos programar su sustitución.
- Temperatura, vinculada directamente con las vibraciones y el nivel de engrase, a medida que aumenta el nivel de engrase regula este parámetro, en cualquier caso, no es recomendable trabajar por encima de 125° ya que es cuando el material entra en fatiga y deteriora rápidamente el rodamiento aumentando el nivel de vibraciones
- Nivel de Engrase, esencial para mantener el rodamiento en perfectas condiciones de uso, se ajusta automáticamente a medida que aumenta la temperatura, por sí solo no es un parámetro determinante.
- Horas de trabajo, corresponde con las horas en las que el rodamiento está operativo, aunque están afectadas por la vida útil de rodamiento, podemos valorar en alrededor de 15.000 horas el límite de trabajo para estos rodamientos.

Rodamientos de pulidora, parámetros de control:

- Vibraciones, estos rodamientos tal y como ya hemos visto, soportan esfuerzos radiales, pero también axiales, esto es debido a la entrada y salida de las barras de acero que procesan, en consecuencia, deben soportar un mayor nivel de vibraciones, pero un menor número de revoluciones, para este tipo de rodamientos cuando se detectan vibraciones por encima de 70 m/s^2 de forma consistente debemos programar su sustitución.
- Horas de trabajo, corresponde con las horas en las que el rodamiento está operativo, aunque están afectadas por la vida útil de rodamiento, podemos valorar en alrededor de 5.000 horas el límite de trabajo para estos rodamientos.

Para esta aplicación no disponemos de engrase automático, el engrase se realiza en estático y mediante grasa, tampoco disponemos de control de temperatura ya que está influenciada por el proceso de pulido.

3. Análisis de las herramientas BI aplicadas

3.1 Selección de las herramientas

Procedemos a realizar un análisis de las herramientas o técnicas para seleccionar las más adecuadas para nuestro trabajo.

De estas herramientas o técnicas pretendemos disponer del suficiente conocimiento para poder realizar la toma de decisiones, describimos brevemente el ciclo del BI para entenderlo mejor:

Figura 9 Business Intelligence evolución de los Datos – Información - Conocimiento



A partir de este esquema definimos las herramientas que disponemos en cada estado:

Datos:

- Estructurados y no estructurados
- ETL (Extract – Transform – Load)
- ELT (Extract – Load - Transform)
- Cubos multidimensionales en sus distintas versiones (OLAP – MOLAP, ROLAP, HOLAP)

Información:

- Big Data
- Data Warehouse
- Data Mart

- Data Lake

Conocimiento (Data Mining):

- Algoritmos de Clasificación
- Algoritmos de Regresión
- Algoritmos de Clustering
- Algoritmos de reducción de la dimensionalidad
- Algoritmo de Redes Neuronales

Análisis:

- Cuadrante Mágico de Gartner
- DashBoard

Todos los datos que utilizaremos son datos estructurados y organizados en bases de datos SQL Server o Access.

Empezaremos por determinar el algoritmo predictivo que mejor se adapta a nuestro a nuestro proyecto, para ello analizamos el problema que queremos resolver.

Aunque disponemos de muchos datos para cada rodamiento, sólo tenemos un estado final "Sustituir" de todos estos datos, por tanto y para evitar resultados poco coherentes procesamos los datos previamente y sólo utilizaremos el estado final de cada rodamiento en el momento del estudio, es decir en el momento actual de la vida de cada rodamiento.

3.1.1 Minería de datos

El uso de Minería de datos para predecir eventos o sucesos en base a sucesos o eventos pasados ha sido determinante para la selección de este conjunto de herramientas en la aplicación en el análisis de los datos de los rodamientos.

En primer lugar, disponemos de datos de la evolución de cada rodamiento y del valor de cada parámetro cuando estos fueron sustituidos, con esta información podemos aplicar técnicas de Minerías de datos para predecir el momento más idóneo para realizar la sustitución de estos elementos sin incurrir en paros no planificados y sin realizar el cambio de forma prematura ya que incurríamos en costes elevados e injustificados.

3.1.2 Herramientas de predicción

Una vez establecidos los criterios para definir las herramientas de minería de datos, procedemos a analizar las herramientas de predicción que mejor podrían adaptarse a nuestros datos, estos son el algoritmo de Reglas de asociación y el algoritmo de Redes Neuronales, como podemos ver se trata de algoritmos de clasificación supervisados que a partir de un set de datos de aprendizaje son capaces de clasificar los elementos de prueba con un grado de precisión determinado.

3.1.2.1 Reglas de asociación

Se trata de un conjunto de reglas para descubrir combinaciones de pares de atributo-valor que ocurre con frecuencia en un grupo de datos, en nuestro caso debemos encontrar aquellas reglas que nos permitirán a partir de un conjunto de datos de aprendizaje determinar cuándo debemos proceder a la sustitución del rodamiento que estamos analizando.

Estas reglas serán del tipo:

Si temperatura $\geq 105^\circ$, vibraciones ≥ 20 Entonces estado=Sustituir

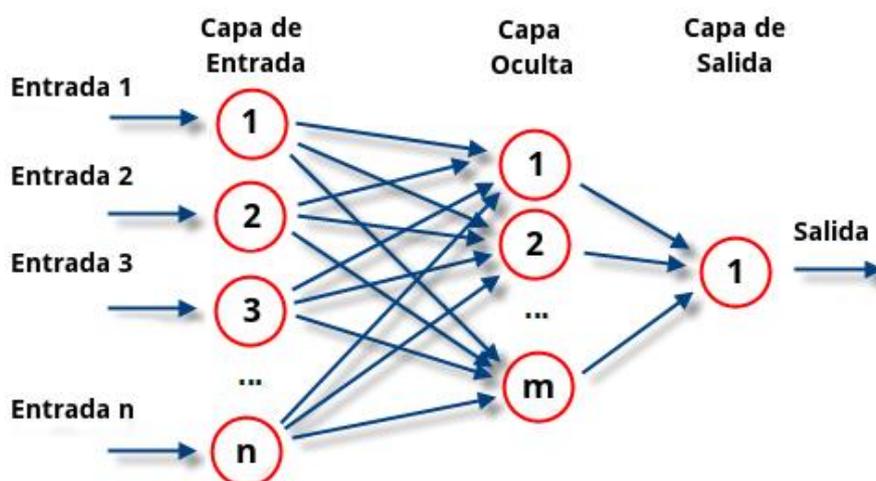
Con la aplicación de este algoritmo podemos obtener un conjunto de reglas que nos permitirán establecer los pares atributos-valor determinantes por un lado y por el otro con un nivel de confianza determinado que nos proporcionará la información de cuando debemos sustituir el rodamiento.

3.1.2.2 Redes neuronales

Las Redes Neuronales son colecciones de nodos conectados que se utilizan para la clasificación y para el reconocimiento de patrones, simulan vagamente el aprendizaje natural de un conjunto de neuronas conectadas. Igual que el algoritmo de Reglas de Asociación se trata de un algoritmo supervisado que requiere un conjunto de entrenamiento.

Disponemos de tres conjuntos de “neuronas” o capas interconectadas, capa de entrada, capa oculta o de procesamiento y la capa de salida:

Figura 10 Ilustración de una Red Neuronal (<https://www.klueber.com/ecomaXL/files/Waelzlager-SP.pdf>)



La capa de entrada recibe la información del exterior de la red y la transfiere a la capa oculta que se encarga de procesar esta información, por último, la capa de salida representa la respuesta de la red al exterior.

3.2 Cuadro de mandos integral o DashBoard

Existen muchas herramientas para la realización de un cuadro de mandos o Dashboard, la mayoría de ellas disponen de versiones gratuitas para realización de pruebas, tras realizar algunas pruebas y ver opiniones sobre estas herramientas, identificamos las que he seleccionado como las más importantes:

- Tableau
- Pentaho
- Oracle Analytics Cloud
- Google Data Studio
- Microsoft Power BI

Una vez analizadas las principales herramientas comerciales, he optado por mantener la idea original y utilizar Power BI, los motivos son varios, pero destacaré los que considero más relevantes:

- Conectores de datos, Power BI dispone de una cantidad de conectores importante y sobre todo destacan los propios de Microsoft.
- Dispone de un sistema de depuración de los datos muy versátil, de fácil manejo y nos permitirá realizar todas las pruebas pertinentes para ver el resultado de nuestro cuadro de mandos.
- Considero muy importante el entorno de trabajo mantiene la línea del resto de aplicaciones de Microsoft, esto es de gran ayuda para realizar un aprendizaje rápido de esta herramienta.
- El sistema de consultas para la agregación de nuevas columnas a nuestros datos es muy intuitivo y fácil de manejar.
- También y no menos importante, por la gran cantidad de información y tutoriales de ayuda para la creación de cuadros de mando.
- Por último, y para futuras aplicaciones, Power BI puede utilizar elementos visuales de R y Python.

3.2.1 Propuesta de nuestro cuadro de mandos general

Nuestro cuadro de mandos integral nos debe permitir ver de forma gráfica la evolución y análisis de los KPIs establecidos previamente, al mismo tiempo proponer nuevos KPIs para la gestión de nuestro negocio en función de los resultados obtenidos.

Partimos de una idea diáfana para ver por un lado los indicadores de Calidad, por otro los relacionados con la producción y rendimientos operativos, también los analíticos de mantenimiento y evolución de los tiempos perdidos por averías imprevistas.

4 Funcionamiento de las aplicaciones desarrolladas

4.1 Descripción de las aplicaciones desarrolladas

En este capítulo procederemos a explicar las herramientas desarrolladas y con qué objetivo las he creado, realizaré una breve explicación, ya que el objetivo principal de nuestro trabajo no es la creación de estas aplicaciones, pero es necesario entender el criterio de utilización para establecer la relación de los datos con el resto del proyecto.

4.2 Aplicación en VB.net InnoMatt

Partimos de la idea de que precisamos una herramienta de gestión para el mantenimiento correctivo, preventivo y predictivo, disponemos de datos creados en tablas de Excel que contienen datos de los años 2016 a 2018, y pretendemos dotar a la organización de una herramienta para la gestión del día a día que nos permita ver el estatus de la situación de las líneas de producción y las instalaciones.

4.2.1 Base de datos relacional en SQL Server

En primer lugar he creado una nueva instancia del Server SQL de Microsoft que la he llamado InnoMatt, el nombre es una combinación de Innovación y Mantenimiento, también nos servirá para la creación de la aplicación con el mismo nombre, durante la instalación de esta nueva instancia he tomado la decisión que nuestro proyecto será Multidimensional, de esta forma evitamos las limitaciones que tendríamos de cara a la aplicación de ciertas herramientas de BI, esta decisión está basada en la intención de utilizar si fuera el caso las herramientas de BI que dispone integrada el IDE utilizado para el desarrollo del proyecto Visual Studio 2017 Sql Serve Data Tools o la versión integrada dentro de la versión Visual Studio 2019 que finalmente es la que he utilizado.

Una vez creada la instancia InnoMatt, procedemos a la creación de las distintas tablas necesarias para nuestra aplicación, para ello disponemos de dos mecanismos, el primero es a través de sentencias SQL y el segundo es con la importación directa de los datos desde los ficheros que disponemos en Excel, finalmente he optado por una versión combinada, la creación de la tablas con queries, (ver fichero adjunto, "Sql_Crea_Tablas") desde Microsoft SQL Server Managment Studio y la importación de los datos usando el importador de datos de la aplicación.

En la siguiente figura se puede ver la estructura de la base de datos:

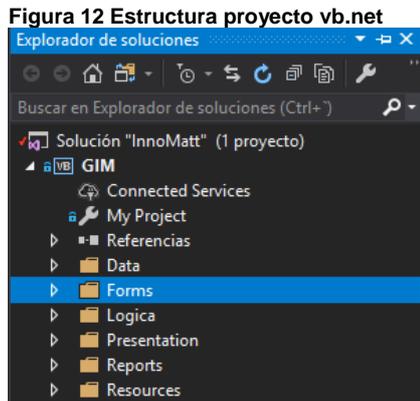
Figura 11 Estructura de la base de datos en SQL Server



4.2.1 Aplicación para la gestión del mantenimiento en VB.net InnoMatt

A partir de la creación de las tablas, empezamos a trabajar la aplicación para la gestión del mantenimiento.

La estructura del proyecto es:



- En la carpeta “Data”, tenemos la conexión con SQL Server.
- En la carpeta “Forms” tenemos todos los formularios y menús de la aplicación
- En la Carpeta “Lógica”, tenemos la clase Funciones y la configuración de la aplicación
- En la carpeta “Presentation” tenemos los iconos utilizados o imágenes dentro del proyecto
- En la carpeta “Reports” encontraremos los formularios de informe para imprimir.

Pantalla de inicio con el login:



Todas las imágenes las he creado con herramientas de diseño de imágenes, excepto los iconos que se han descargado de la siguiente web:

<https://www.flaticon.es/>

Este es el aspecto del menú principal:

Figura 14 Menú principal InnoMatt

The screenshot shows the InnoMatt software interface. At the top, there are navigation tabs: 'Correctivo', 'Preventivo', 'Planificar', and 'Configuración'. The main area is divided into three sections: 'Partes Pdtes Reparación', 'Partes Pdtes Cierre Final', and 'Partes Revisión no conforme'. Below these is a large table with columns for 'Fecha Realizado', 'Fecha Incidencia', 'Linea', 'Maquina', 'Tipo Avaria', 'Descripcion avaria', 'Observaciones', 'Cerrado por', 'Reparado por', 'Fecha de reparación', 'Descripcion reparación', 'Observaciones MTO', 'Cerrado MTO', 'Fecha Planificada', 'No conforme', and 'Motivo'. The table contains numerous rows of maintenance records. Below the main table is a 'Monitorización' section with two sub-tables: 'Rodamientos Torneadoras' and 'Rodamientos Pulidoras', each with columns for 'Linea', 'Nserie', 'Fecha', 'Vibraciones', 'Temp', 'Engrase', and 'Horas Trabajo'.

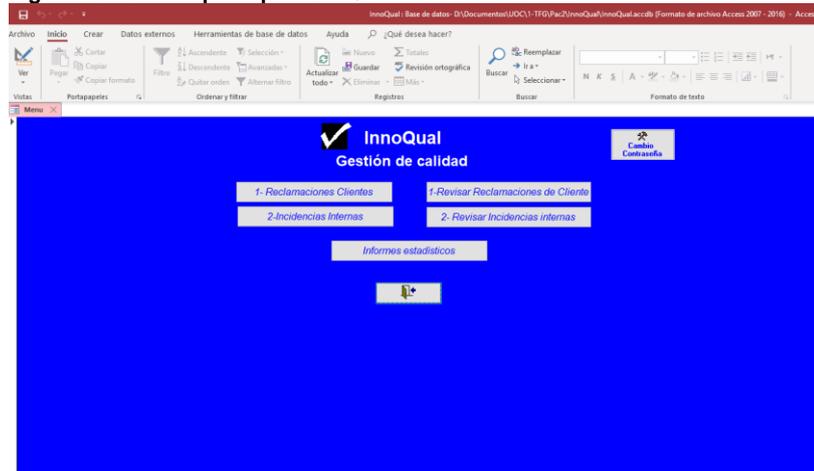
Para ver el funcionamiento de esta aplicación he creado un video que he subido a Vimeo: <https://vimeo.com/340496132>

4.3 Base de datos de Calidad en Access InnoQual

Para esta aplicación y teniendo en cuenta que formará parte de nuestro cuadro de mandos, hemos creado una aplicación en Access sencilla que nos permita introducir los datos de las reclamaciones internas y externas y la realización de informes 8D como respuesta a los clientes, por otro lado, tenemos algunas opciones de estadísticas de Calidad, esta base de datos se llama InnoQual.

Este es el aspecto general de InnoQual:

Figura 15 Menú principal InnoQual



Para ver el funcionamiento de esta aplicación he creado un video que he subido a Vimeo: <https://vimeo.com/340496132>

4.4 Base de datos de producción en Access InnoProd

Desde el punto de vista de información, nos faltan los datos relativo a la producción.

He creado una base de datos muy simple en Access ya que la transformación de la información la realizaremos directamente en el Cuadro de mandos integral y a través de la herramienta que hemos seleccionado.

Disponemos de 3 tablas:

Dts_Prd, contiene los datos capturados online por el sistema Captor y transformados donde disponemos de los Kg producidos por cada línea con algunos detalles de la producción.

Dts_Tiempos_Prd, contiene los datos capturados online por el sistema Captor sin transformar, donde disponemos los tiempos en segundos invertidos por diferentes conceptos y el número de rollo procesados. El sistema Captor captura los datos en unidades de tiempo y piezas para determinar los ratios de productividad, utilización y rechazo por defectos que serán imprescindibles para el cálculo del OEE.

Maquinas, listado de líneas de producción para el estudio, esta tabla tiene una relación de las máquinas con su descripción en función del proceso que realizan.

Por último, he creado Consulta para verificar que los datos están correctamente capturados y transformados, esta consulta "*Dts_Prd_Tiempos*", contiene el cálculo de la productividad por día, así como el porcentaje de tiempo invertido por cada concepto, el tiempo invertido por rollo y la velocidad de producción y la velocidad Objetivo:

Figura 16 Tabla de datos InnoProd

Linea	Fecha	Producido	Rechazo	Obj/Hora	Productividad	Utilizacion	Sinjustificar	T_Faltas	Averias_Mecanic	Averias_Electrica	T_Cambio_Utillaj	Cambio_General	T_Calidad	Otros	T_Cambio_Rollo	Cambio_por_Rollo	Veloc
LET1	09/05/2018	9732,7	0,0	2688,1	66,0%	29,2%	5,88%	0,0%	3,2%	0,0%	0,9%	13,3%	0,0%	2,4%	5,5%	0,1%	12,9356
LET1	10/05/2018	27105,4	0,0	4407,0	102,0%	61,8%	8,27%	1,9%	3,2%	0,8%	2,6%	2,0%	0,0%	4,6%	8,1%	0,2%	13,4890
LET1	11/05/2018	20626,0	0,0	4407,0	91,0%	56,6%	8,95%	1,6%	0,0%	0,0%	3,3%	6,2%	0,0%	3,3%	16,2%	0,2%	13,0998
LET1	14/05/2018	8891,6	0,0	2676,7	77,3%	52,5%	12,13%	0,0%	0,0%	0,0%	3,3%	19,9%	0,0%	3,3%	7,3%	0,1%	13,0132
LET1	17/05/2018	7675,1	0,0	1330,0	78,3%	55,4%	6,94%	0,9%	4,3%	0,0%	3,2%	10,3%	0,0%	4,0%	7,9%	0,1%	12,5951
LET1	18/05/2018	15691,5	0,0	2742,6	72,8%	49,9%	7,25%	2,1%	5,2%	0,0%	6,2%	10,9%	0,0%	6,3%	9,6%	0,1%	12,9929
LET1	21/05/2018	17256,3	0,0	2938,0	76,1%	47,2%	7,28%	1,6%	1,0%	0,0%	4,9%	4,3%	15,5%	1,7%	12,6%	0,2%	13,148
LET1	22/05/2018	14922,8	0,1	2938,0	70,9%	40,0%	5,35%	0,0%	32,1%	0,0%	4,0%	2,6%	0,0%	3,4%	10,1%	0,2%	14,4752
LET1	23/05/2018	17196,1	0,0	2772,0	82,0%	53,2%	7,19%	3,7%	0,0%	0,0%	1,3%	10,9%	0,0%	8,6%	12,0%	0,2%	13,3143
LET1	24/05/2018	18135,1	0,0	2690,1	85,7%	59,6%	6,37%	2,7%	3,9%	0,0%	3,8%	9,3%	0,0%	1,7%	10,5%	0,2%	12,9807
LET1	25/05/2018	8508,8	0,0	1469,0	73,8%	48,2%	18,78%	0,0%	0,0%	0,0%	15,5%	12,3%	0,0%	1,5%	12,3%	0,1%	12,4016
LET1	28/05/2018	15689,2	0,0	2929,0	69,3%	41,6%	3,76%	0,4%	24,6%	0,0%	3,5%	5,6%	0,0%	9,6%	8,1%	0,1%	13,4688
LET1	29/05/2018	21602,7	0,0	2660,0	103,1%	63,6%	6,57%	2,3%	0,0%	3,0%	1,1%	9,1%	0,0%	1,9%	9,1%	0,1%	14,4628
LET1	30/05/2018	21876,1	0,0	3990,0	98,7%	67,1%	6,82%	0,0%	3,7%	0,0%	0,5%	5,8%	0,0%	2,1%	8,6%	0,2%	13,1560
LET1	31/05/2018	18006,0	0,0	2938,0	79,3%	48,7%	5,99%	0,5%	18,7%	0,0%	2,1%	11,1%	0,0%	1,7%	8,7%	0,1%	13,2341
LET1	01/06/2018	19924,1	0,0	2693,3	93,4%	58,3%	6,66%	6,3%	0,0%	0,0%	1,9%	11,1%	0,0%	5,1%	9,0%	0,2%	14,2302
LET1	04/06/2018	27188,9	0,0	3990,0	95,2%	60,7%	10,73%	2,4%	1,4%	0,0%	8,5%	0,8%	0,0%	1,3%	12,3%	0,1%	14,0423
LET1	05/06/2018	25919,6	0,0	4331,4	84,1%	53,2%	7,64%	1,9%	1,8%	0,0%	1,3%	7,6%	0,0%	1,3%	23,1%	0,1%	13,2650
LET1	06/06/2018	27736,5	0,0	4407,0	86,9%	53,2%	8,58%	3,4%	0,0%	1,8%	1,1%	3,2%	0,0%	1,2%	26,4%	0,1%	13,2258
LET1	07/06/2018	18640,5	0,0	4102,5	62,6%	42,5%	7,75%	0,6%	2,1%	0,0%	0,8%	28,7%	0,0%	1,2%	12,6%	0,1%	12,5400
LET1	14/06/2018	26053,9	0,0	3990,0	89,5%	63,1%	5,58%	2,5%	0,0%	0,0%	3,3%	3,5%	0,0%	7,8%	12,0%	0,2%	12,677
LET1	15/06/2018	22252,2	0,0	2660,0	105,8%	71,2%	6,81%	0,0%	0,0%	0,0%	0,1%	4,6%	0,0%	1,7%	9,0%	0,2%	13,2757
LET1	18/06/2018	22369,5	0,0	4361,1	82,8%	56,0%	8,49%	0,0%	1,8%	4,3%	2,6%	9,5%	0,0%	1,4%	14,2%	0,2%	12,2874
LET1	19/06/2018	19343,9	0,0	4250,6	63,6%	41,3%	6,77%	0,5%	22,7%	0,0%	0,2%	9,5%	0,0%	4,3%	12,4%	0,1%	12,2269
LET1	20/06/2018	15516,9	0,0	2660,0	79,3%	36,5%	2,98%	0,0%	49,6%	0,0%	2,8%	1,4%	0,0%	3,4%	8,2%	0,2%	12,745
LET1	21/06/2018	29009,8	0,0	3990,0	104,3%	66,5%	7,11%	2,3%	2,7%	0,0%	1,4%	5,1%	0,0%	2,4%	10,3%	0,2%	13,9561
LET1	22/06/2018	21899,5	0,0	4280,8	70,6%	46,8%	13,48%	1,4%	6,9%	0,0%	1,9%	9,1%	0,0%	1,2%	15,3%	0,1%	12,9516
LET1	25/06/2018	15070,9	0,0	2937,9	71,9%	41,3%	18,92%	0,0%	0,2%	8,6%	1,6%	2,0%	0,0%	0,0%	18,3%	0,1%	12,977
LET1	26/06/2018	23376,4	0,0	4081,7	77,6%	52,1%	7,13%	0,7%	5,6%	0,0%	1,6%	7,2%	0,0%	1,2%	23,0%	0,1%	12,9904
LET1	27/06/2018	23802,5	0,0	3990,0	86,1%	53,4%	8,97%	0,2%	2,2%	2,5%	1,7%	7,3%	0,0%	1,2%	19,2%	0,1%	14,4264
LET1	28/06/2018	15010,9	0,0	3990,0	49,5%	36,0%	12,70%	0,6%	21,4%	1,4%	1,5%	3,9%	12,8%	1,9%	7,7%	0,2%	12,2518

Disponemos de los datos de producción de forma estructurada, de esta forma nos permitirá establecer vínculos con las otras bases de datos y como nexo común utilizaremos la línea de producción, ya hemos visto con anterioridad que tanto los datos de mantenimiento como los datos de calidad disponen de este campo.

4.5 Proyecto de Minería de datos

Los datos más relevantes en este punto para nuestro proyecto son sin duda los datos que monitorizamos en tiempo real, para los elementos clave por tiempo de intervención en el caso de rotura, por tanto, creemos que debemos anticiparnos y evitar estas averías antes de que sucedan, para ello debemos utilizar técnicas o herramientas de predicción que nos ayude a la toma de las decisiones relevantes para el mantenimiento y la producción.

Tras analizar los distintos algoritmos de Data Mining relatados anteriormente y teniendo en cuenta los datos que disponemos y como realizar la elección del momento más adecuado para la sustitución, hemos seleccionado dos algoritmos que consideramos que son los más apropiados para poder “predecir” el momento más idóneo para realizar la sustitución, sin incurrir en coste innecesario por cambio prematuro por un lado y en pérdidas de tiempos no previstos por rotura de dichos elementos por otro. Los algoritmos seleccionados son las Reglas de Asociación y las Rede Neuronales, para ello utilizaremos las herramientas de Data Mining de Visual Studio que nos permitirán por un lado la conexión directa con nuestra fuente de datos en tiempo real, y por otro, futuras integraciones en la aplicación.

En ambos casos utilizaremos el estado final o último de cada elemento, en total disponemos de 24 elementos para los rodamientos de las torneadoras y 33 elementos para los rodamientos de las pulidoras.

Durante la realización de esta memoria, he detectado que los resultados de este apartado no eran concluyentes, he querido ver la manera de que estos resultados pudieran dar más valor añadido al proyecto y he procedido a discretizar los resultados de la siguiente forma:

Rodamientos de torneadora:

Figura 17 Tablas de variables discretizadas para rodamientos de torneadora

Temperaturas discretizadas			
Item	Inferior	Superior	Temperatura
1	0	45	Bajo
2	45	80	Medio
3	80	150	Alto

Vibraciones discretizadas			
Item	Inferior	Superior	Vibraciones
1	0	8	Bajo
2	8	18	Medio
3	19	50	Alto

Engrase discretizadas			
Item	Inferior	Superior	Engrase
1	55	100	Alto
2	20	55	Medio
3	0	20	Bajo

Horas Trabajo discretizadas			
Item	Inferior	Superior	Horas Trabajo
1	0	3000	Bajo
2	3000	10000	Medio
3	10000	20000	Alto

Rodamientos de Pulidora:

Figura 18 Tablas de variables discretizadas para rodamientos de pulidora

Vibraciones discretizadas			
Item	Inferior	Superior	Vibraciones
1	0	20	Bajo
2	20	50	Medio
3	50	100	Alto

Horas Trabajo discretizadas			
Item	Inferior	Superior	Horas Trabajo
1	0	2000	Bajo
2	2000	3500	Medio
3	3500	10000	Alto

A partir de estos valores he creado dos nuevas vistas que nos permitirán disponer de los datos discretizados, asociando el valor numérico a una de las tres consideraciones de nivel “Bajo, Medio o Alto” para cada variable, con esta nueva vista modificamos el proyecto de minería de datos y valoramos de nuevo los resultados:

Rodamientos Pulidoras, Reglas de asociación:

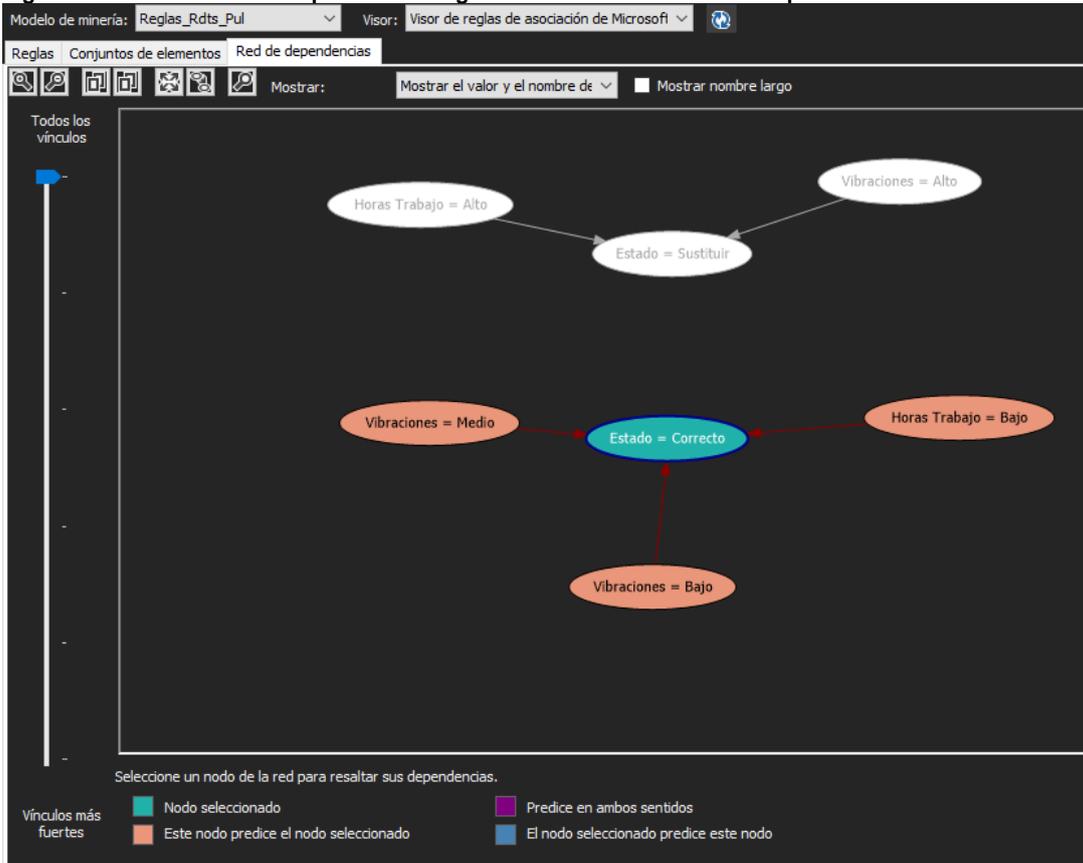
Figura 19 Tablas de reglas de asociación rodamientos pulidora

Pr...	Importancia	Regla
0,619	0,483	Horas Trabajo = Alto, Vibraciones = Alto -> Estado = Sustituir
0,619	0,483	Horas Trabajo = Alto -> Estado = Sustituir
0,591	0,368	Vibraciones = Alto -> Estado = Sustituir
1,000	0,362	Horas Trabajo = Bajo -> Estado = Correcto
1,000	0,222	Vibraciones = Medio, Horas Trabajo = Bajo -> Estado = Correcto
1,000	0,222	Vibraciones = Bajo -> Estado = Correcto
1,000	0,222	Vibraciones = Bajo, Horas Trabajo = Bajo -> Estado = Correcto
1,000	0,222	Vibraciones = Medio -> Estado = Correcto
1,000	0,222	Horas Trabajo = Bajo, Vibraciones = Alto -> Estado = Correcto

Observamos que la relación de Horas Trabajo = “Alto” y Vibraciones = “Alto” determinan con mayor probabilidad que el rodamiento debe ser sustituido, también vemos que los valores “Bajo” en todos los casos o “Medio” en algún caso nos arrojan un estado “Correcto”.

Esto lo podemos ver de forma visual en el gráfico de la red de dependencia que el proyecto de minería de datos nos muestra.

Figura 20 Gráfico de red de dependencias reglas de asociación rodamientos pulidora



Por último vemos la matriz de clasificación o confusión donde vemos que acertamos en 7 de los 9 casos observados

Figura 21 Matriz de confusión reglas de asociación rodamientos pulidora

Selección de entrada Gráfico de elevación **Matriz de clasificación** Validación cruzada

Las columnas de las matrices de clasificación corresponden a valores reales; las filas corresponden a valores de predicción

Recuentos para Reglas_Rdts_Pul en Estado:

Previsto	Control (Real)	Correcto (Real)	Sustituir (Real)
Control	0	0	0
Correcto	0	2	0
Sustituir	0	2	5

Como podemos observar obtenemos una precisión del 77,8%, aunque no es muy alta, debemos considerar que sólo disponemos de 33 casos para valorar.

Seguidamente aplicamos el algoritmo de Redes Neuronales a los rodamientos de las pulidoras:

Figura 22 Red neuronal rodamientos pulidora, factores que favorecen una u otra opción



Figura 23 Red neuronal rodamientos pulidora, matriz de confusión

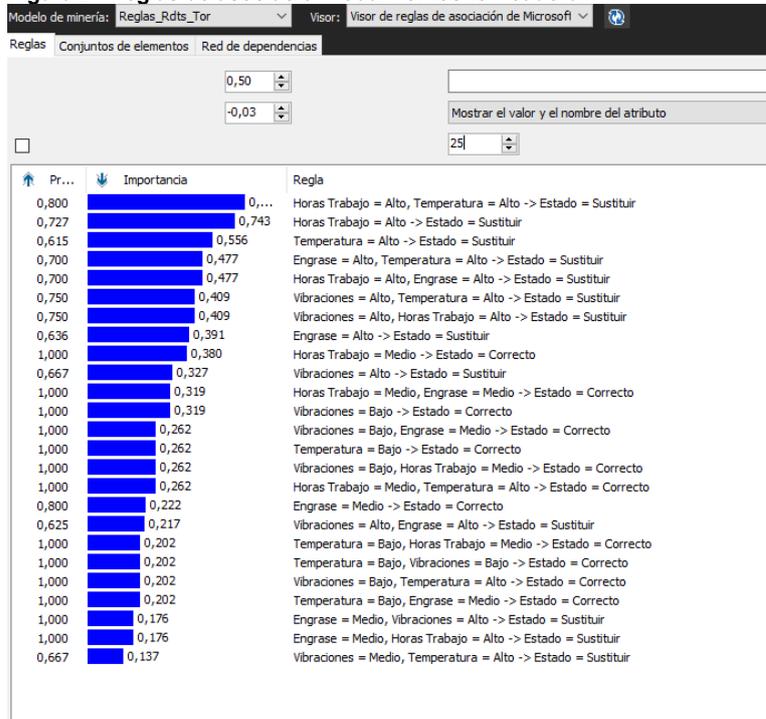
Recuentos para Red_Rdts_Pul en Estado:

Previsto	Control (Real)	Correcto (Real)	Sustituir (Real)
Control	0	0	0
Correcto	0	2	0
Sustituir	0	2	5

Obtenemos la misma precisión que en el caso de las reglas de asociación, es decir, un 77,8%.

Rodamientos Torneadora, Reglas de asociación:

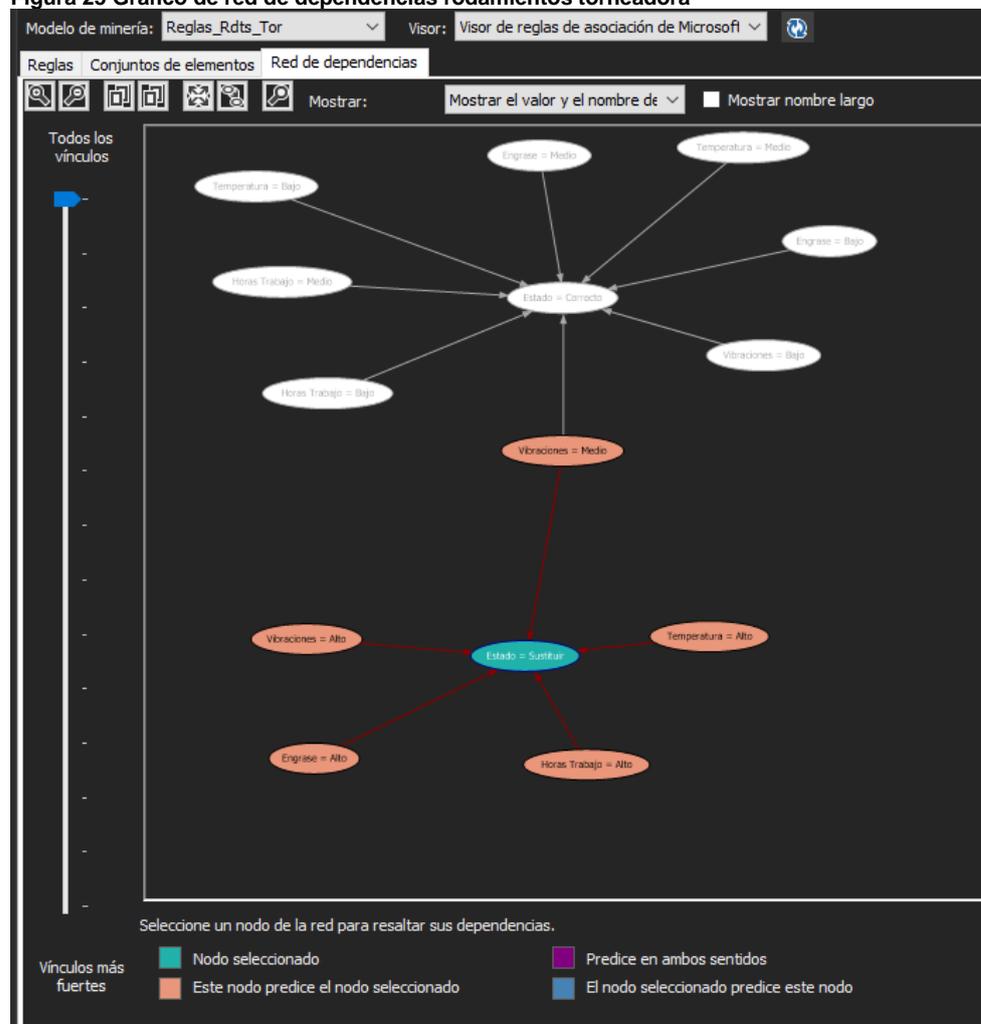
Figura 24 Reglas de asociación rodamientos torneadora



Observamos que la relación de Horas Trabajo = “Alto” y Temperatura = “Alto” determinan con mayor probabilidad que el rodamiento debe ser sustituido, también vemos que los valores “Bajo” en todos los casos o “Medio” en algún caso” nos arrojan un estado “Correcto”.

Esto lo podemos ver de forma visual en el gráfico de la red de dependencia que el proyecto de minería de datos nos muestra.

Figura 25 Gráfico de red de dependencias rodamientos torneadora



Por último vemos la matriz de clasificación o confusión donde vemos que acertamos en 6 de los 7 casos observados

Figura 26 Matriz de confusión reglas de decisión rodamientos torneadora

Recuentos para Reglas_Rdts_Tor en Estado:

Previsto	Correcto (Real)	Sustituir (Real)
Correcto	0	0
Sustituir	1	6

Como podemos observar obtenemos una precisión del 85.7%, aunque no es alta, debemos considerar que sólo disponemos de 24 casos para valorar.

Rodamientos Torneadora, Redes Neuronales:

Figura 27 Red neuronal rodamientos torneadora, factores que favorecen una u otra opción

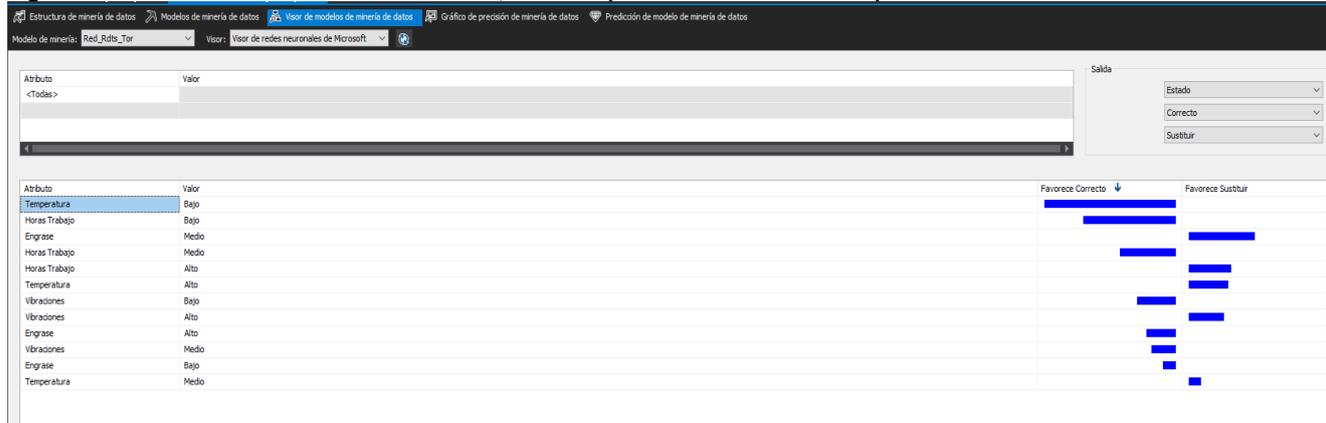
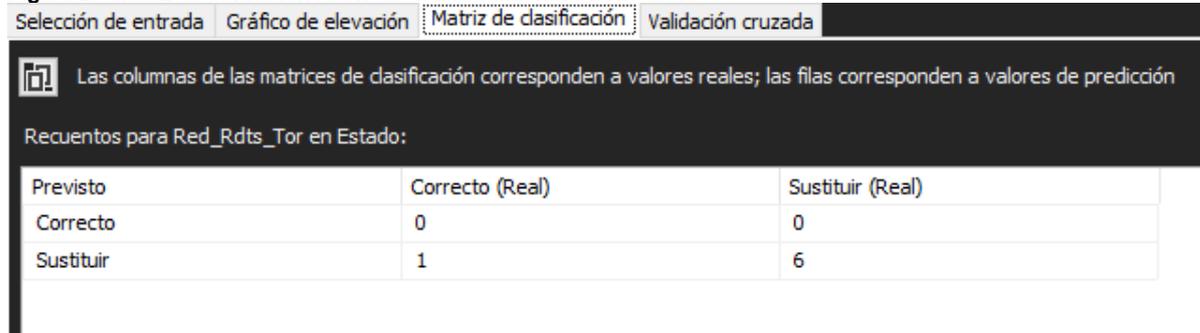


Figura 28 Matriz de confusión red neuronal rodamientos torneadora



Obtenemos la misma precisión que en el caso de las reglas de asociación, es decir, un 85.7%.

En ambos casos obtenemos una precisión relativa, aunque es cierto que no es una precisión muy alta, tenemos que considerar que disponemos de muy pocos datos, un total de 24 de los que 14 son utilizados en el entrenamiento y 7 en las pruebas, para el caso de los rodamientos de las torneadoras y de un total de 33 casos de los 24 casos son utilizados en el entrenamiento y 9 en las pruebas para los rodamientos de las pulidoras. Con el tiempo y con mayor número de datos podemos obtener una mejor precisión y adoptar las medidas en función de la valoración de nuestros casos.

5 KPIs y Cuadro de Mandos integral

5.1 Cuadro KPIs

En primer lugar y con el objetivo de evaluar el funcionamiento de nuestro cuadro de mandos, tenemos que definir el cuadro de indicadores principales de gestión, este cuadro debe recoger todos los indicadores de Calidad y Operaciones que queremos reflejar en el cuadro de mandos y nos debe servir como guía para evaluar la evolución de cada indicador.

Dentro de Operaciones podemos ver los relativos a la producción y mantenimiento que posteriormente podremos analizar en el cuadro de mandos integral que seguidamente desarrollaremos. En el apartado de calidad veremos los indicadores relacionados con las reclamaciones externas.

Los indicadores de gestión de cualquier proceso deben servir para guiar la toma de decisiones en el proceso que se evalúa, para ello los indicadores deben reflejar las necesidades de nuestros clientes y las de la organización en un proceso de mejora continua. Seguidamente la tabla de KPIs a desarrollar en Power BI:

Figura 29 Tabla de indicadores

Area	Tipo	Control	Objetivo
Calidad	Cantidad reclamada	Kg reclamados durante el periodo de control	< 28 Tn/año
Calidad	Número de reclamaciones	Numero de incidencias declaradas por los clientes	< 20 reclamaciones/año
Operaciones	Horas perdidas por averías no previstas	Porcentaje de horas perdidas por averías sobre el total de horas de producción previstas	<6%
Operaciones	Utilización	Horas de producción efectivas vs horas disponibles	>50%
Operaciones	Productividad	Porcentaje de productividad alcanzada frente a prevista	>85%
Operaciones	Nivel de Calidad por rechazos de producción	Porcentajes de calidad (1-%rechazo generado en producción)	>98%
Operaciones	OEE	Overall Equipment Effectiveness (OEE) (Productividad * Utilización * Calidad)	>45%
Operaciones	Tiempos perdidos	Análisis de la evolución de tiempos perdidos por diferentes motivos	Ver análisis
Operaciones	Análisis de los datos de rodamientos	Establecer el mejor momento para realizar el cambio de rodamientos evitando la rotura durante la producción	<5%

5.2 Desarrollo del cuadro de mandos en Power BI

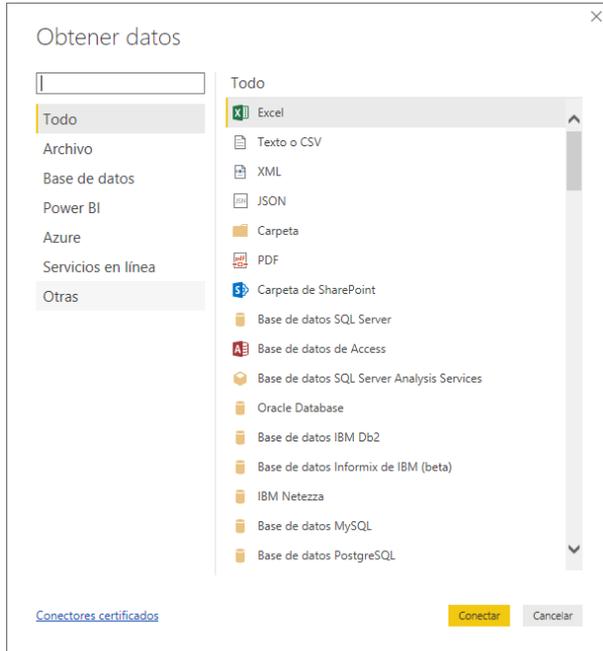
Figura 30 Aspecto general de la herramienta Power BI



5.2.1 Preparación de los datos

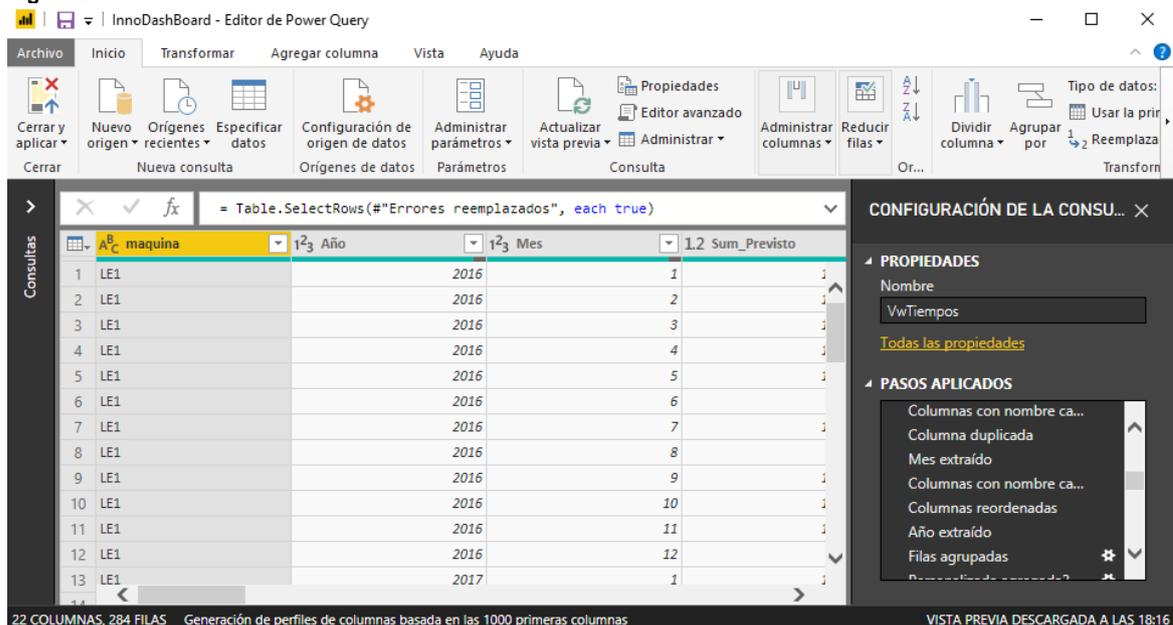
Power BI dispone de un gran sin fin de conectores de datos para nuestro trabajo utilizamos datos no requieren actualización ya que no varían en el tiempo. Power BI permite enlazar los datos con las tablas de SQL Server o Access de forma que, si se añaden o modifican los datos, estos se actualizarán en Power BI a través de sus conectores y en tiempo real.

Figura 31 Selector de los conectores en Power BI



Una vez disponemos de los datos enlazados, podemos ver sus tablas y relaciones, pero también podemos crear "Queries" mediante el editor de consultas "Power Query" que nos permitirá asociar tablas, indicar que columnas queremos ver en la consulta o crear columnas calculadas para nuestro propósito.

Figura 32 Editor de consultas de Power BI

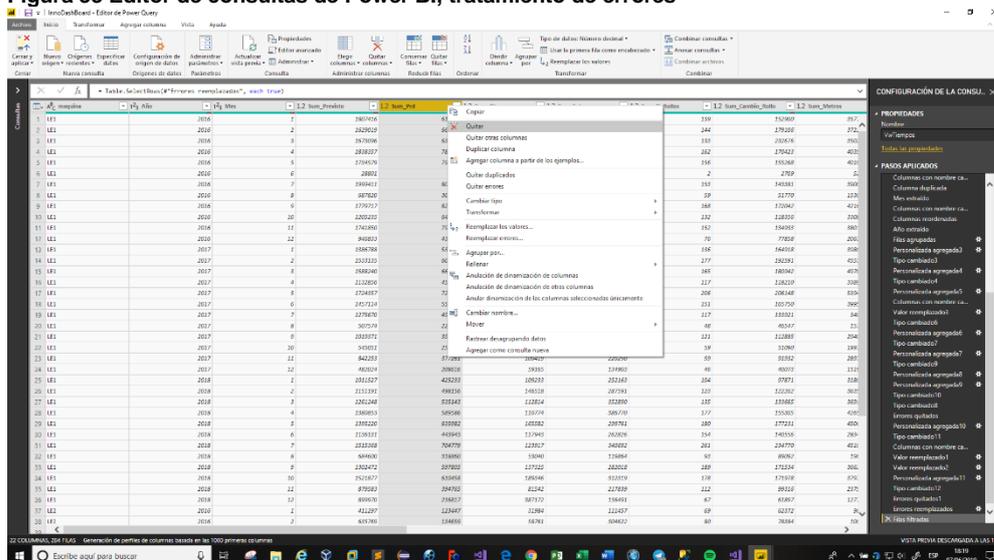


Este editor dispone de un asistente muy potente que te guía para realizar casi cualquier cálculo que se precise, también podemos crear los cálculos directamente a través de DAX, Expresiones de análisis de datos, y es el lenguaje de fórmulas usado en Power BI.

Antes de iniciar cualquier tratamiento de datos, es necesario conocer la naturaleza de los datos y verificar que estos corresponden con los datos esperados, en caso contrario deberemos determinar que tratamientos damos a los datos incorrectos, nulo o ausentes.

Uno de los puntos importante en el análisis de datos es verificar que estos datos son adecuados para el trabajo que queremos llevar a cabo, por tanto, es imprescindible que podemos tratar errores en los datos, el propio asistente de Power BI te sugiere como llevarlo a cabo de forma sencilla, nos permite cambiar un error por un dato concreto o eliminar las filas que contienen esos errores para no condicionar el resultado obtenido a partir de estos datos o sustituir datos incoherentes, etc., realizamos esta tarea y detectamos algunos errores de conversión que tratamos dependiendo de la naturaleza del error procedemos a modificar o eliminar.

Figura 33 Editor de consultas de Power BI, tratamiento de errores



Una vez disponemos que disponemos de una consulta con los datos estructurados adecuadamente a la situación que queremos presentar, pasamos a realizar el diseño de nuestro cuadro de control, podemos seleccionar los gráficos que mejor se adapten a nuestra presentación o combinaciones de varios para ver distintas situaciones en función de los filtros que aplicaremos.

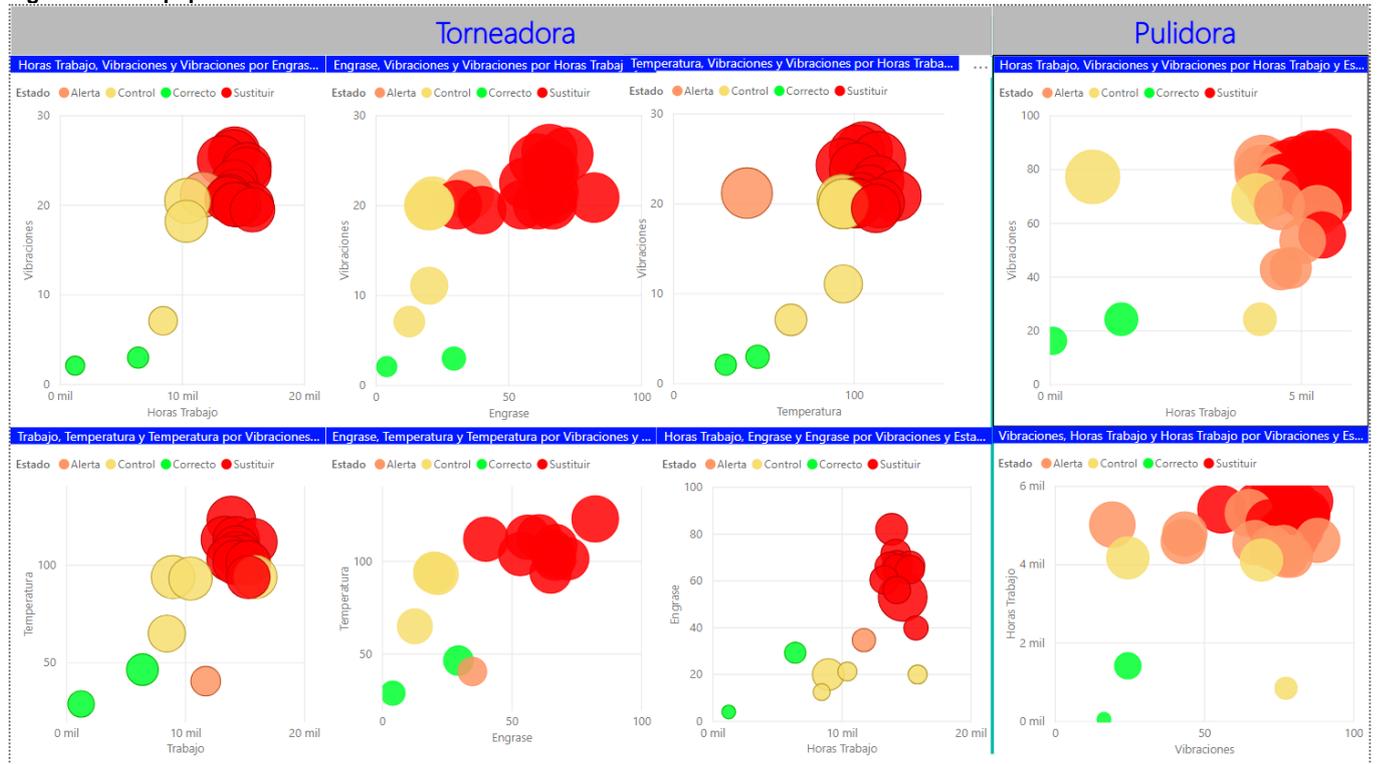
En el caso de que ninguno de los gráficos que dispone Power BI de forma nativa se adapte a nuestro propósito, podemos descargar varias plantillas que se incorporarán a nuestro cuadro de herramientas gráficas de forma que serán seleccionables en la presentación.

El concepto visual es muy importante en la presentación de los resultados, ya que nos permite acompañar de breves explicaciones que son de fácil comprensión en general.

5.2.2 Presentación de los cuadros de control

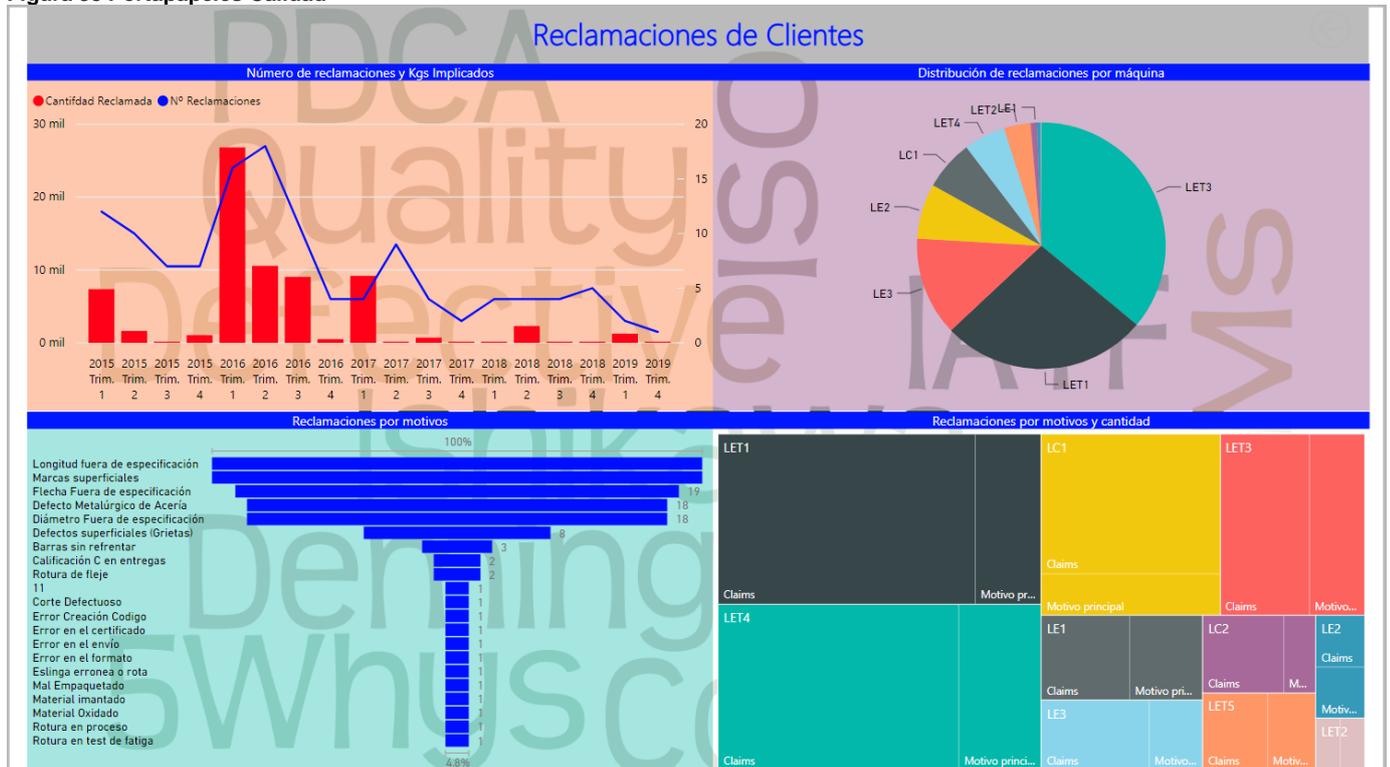
5.2.2.1 Cuadro de control de los rodamientos que monitorizamos

Figura 34 Portapapeles Rodamientos



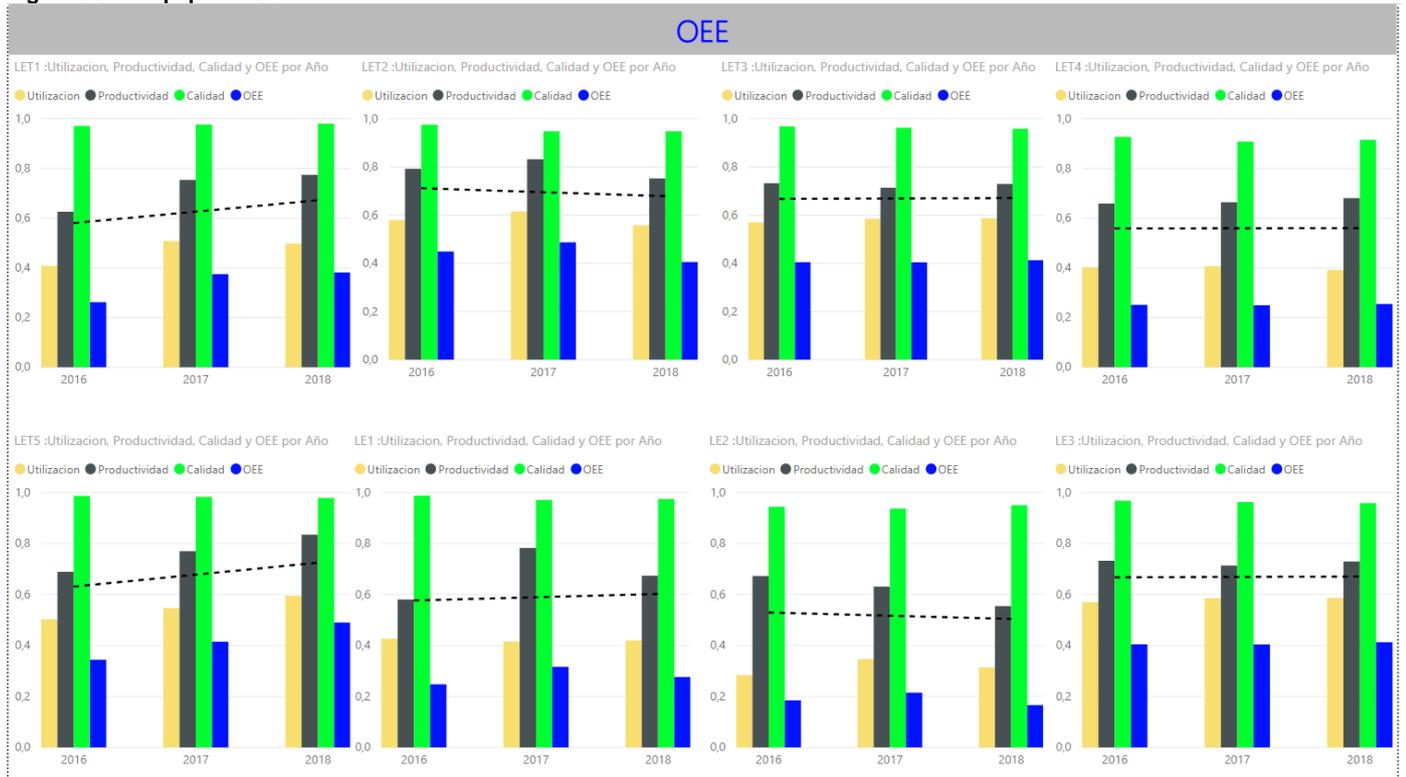
5.2.2.2 Cuadro de control de los indicadores de Calidad

Figura 35 Portapapeles Calidad



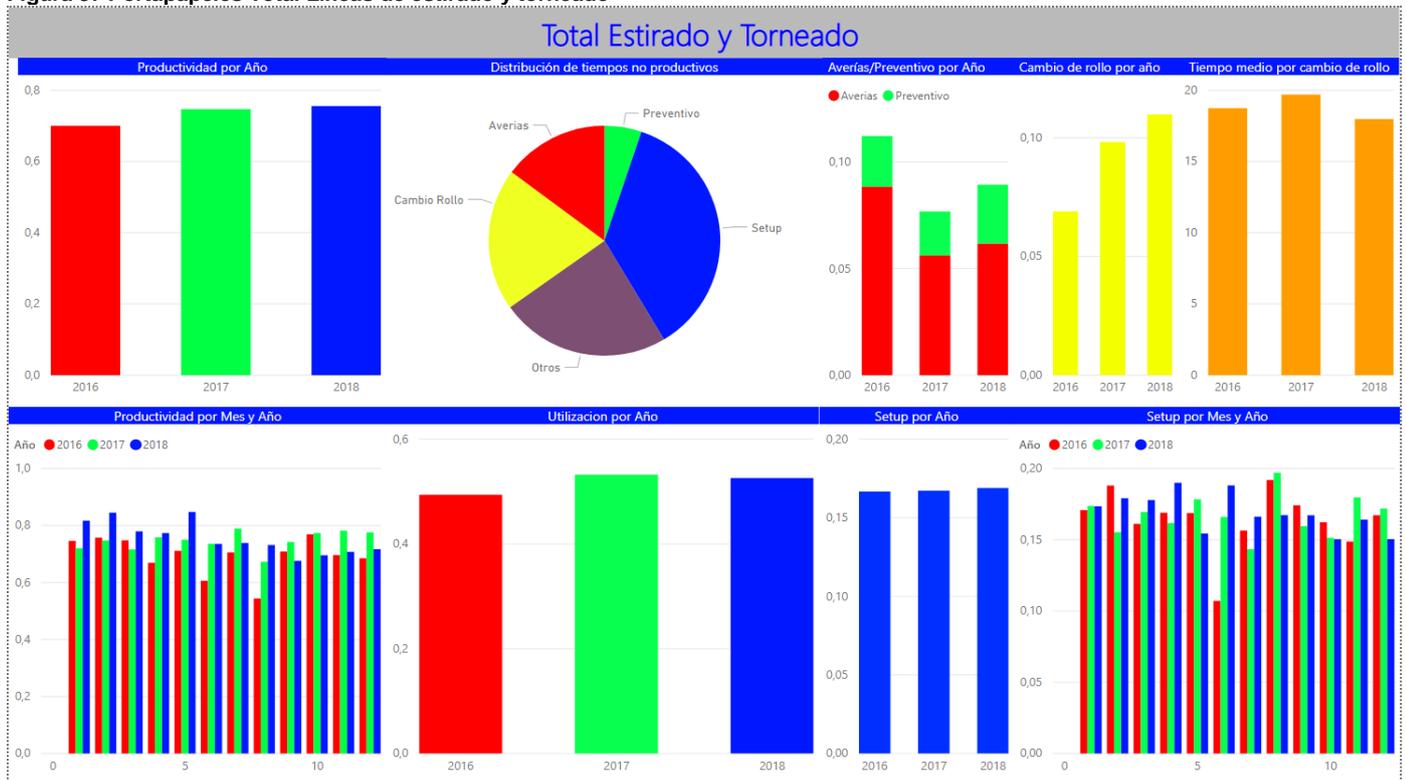
5.2.2.3 Cuadro de control del rendimiento operacional (OEE) por máquina

Figura 36 Portapapeles OEE



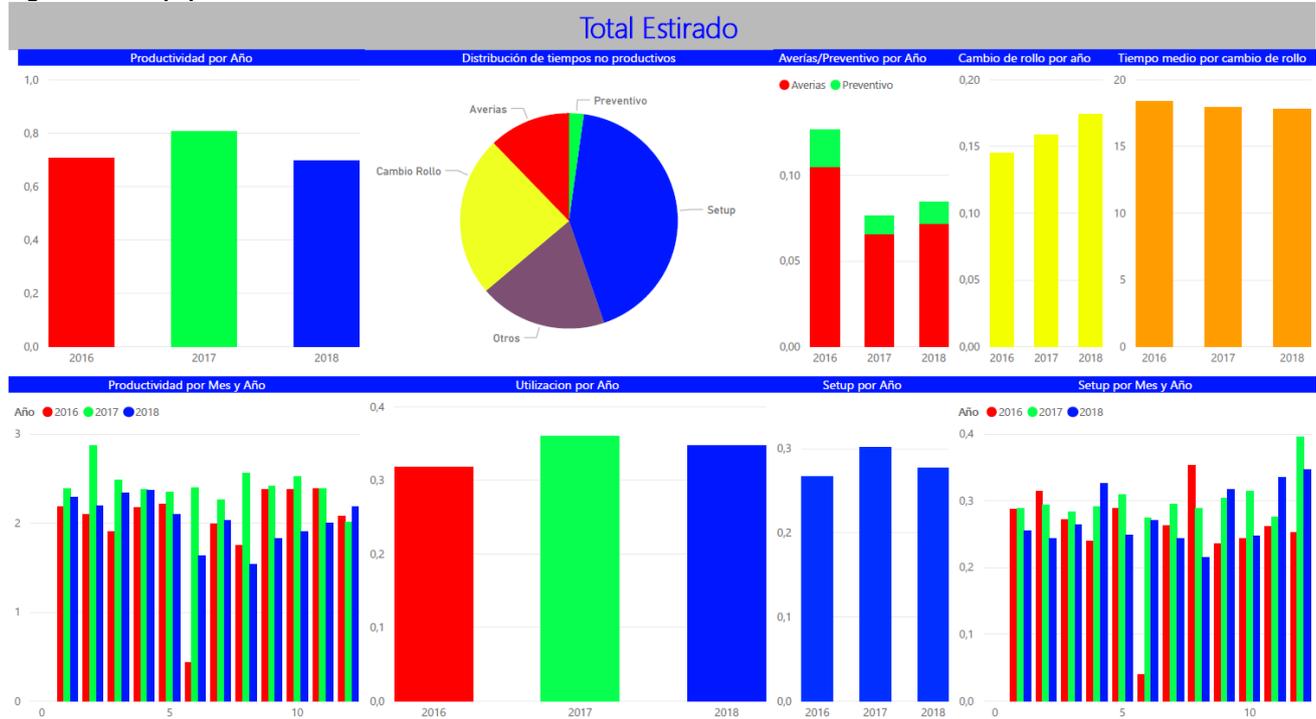
5.2.2.4 Cuadro de control de los indicadores de Operaciones para para el conjunto de líneas de Estirado Torneado

Figura 37 Portapapeles Total Líneas de estirado y torneado



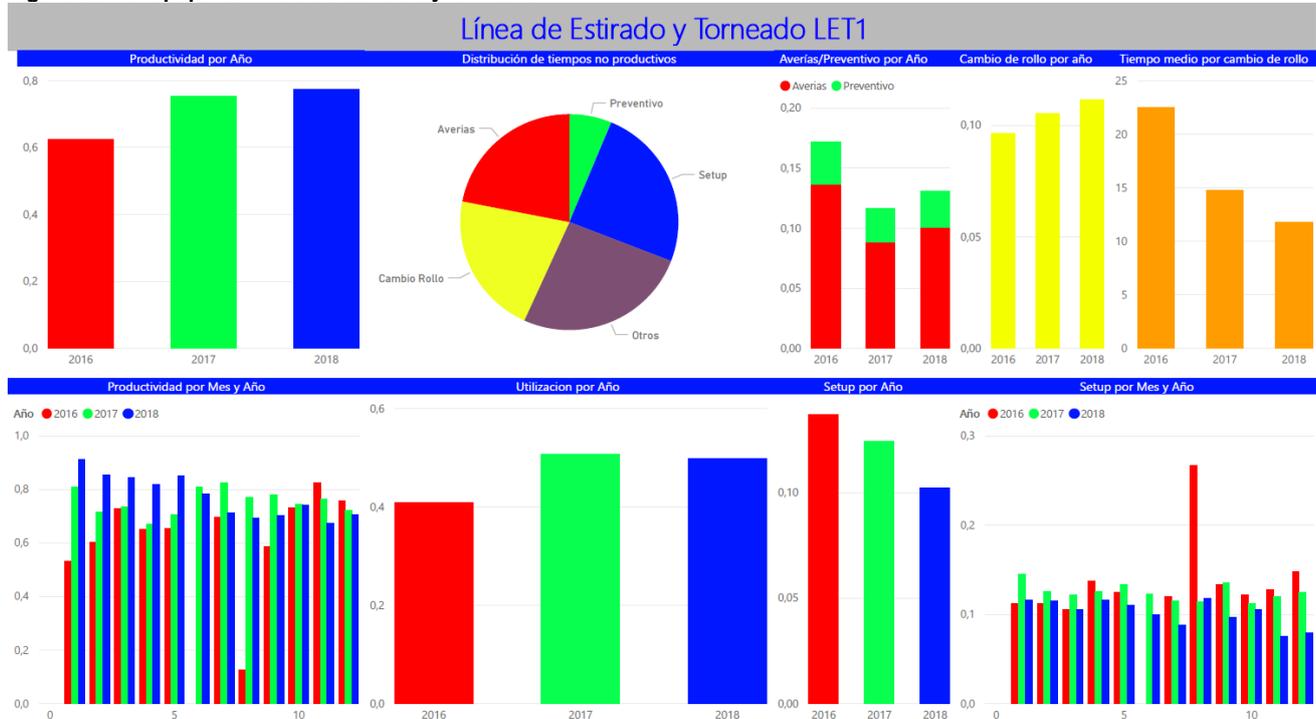
5.2.2.5 Cuadro de control de los indicadores de Operaciones para el conjunto de líneas de Estirado

Figura 38 Portapapeles Total Líneas de estirado



5.2.6 Cuadro de control de los indicadores de Operaciones para línea LET1

Figura 39 Portapapeles Línea de estirado y torneado LET1



Ejemplo de una de las máquinas, pero disponemos de un cuadro de control para cada máquina, tal y como se puede apreciar en el cuadro de mandos integral.

5.7. Observaciones relevantes de los cuadros de mandos integral

En general, una de las ventajas de la utilización de estos cuadros de mandos es la de facilidad de análisis a partir de clicar sobre una parte de un gráfico y ver como el resto de los gráficos se adaptan a la parte seleccionada, esto es debido a que están todos los datos vinculados y es posible mostrar gráficamente la relación con los datos relativos a esa parte clicada, esto ayuda a entender la segmentación de los datos y al mismo tiempo la distribución de los diferentes elementos del cuadro de mandos, por ejemplo si queremos ver los tiempos no productivos del año 2016, si clicamos en la barra de cualquier gráfico distribuido por años, el gráfico de pastel seleccionará automáticamente los datos de ese periodo.

En el punto “5.2.2.1 Cuadro de control de los rodamientos que monitorizamos”, podemos ver en los gráficos de dispersión que en la parte baja de las variables seleccionadas obtenemos los estados de “Correcto” mientras que en la parte alta de cada variable obtenemos los estados de “Alerta” y “Sustituir”, en la zona medio-alta nos encontramos con el estado “Control”, este resultado de los gráficos confirma las hipótesis del modelo de minería de datos y confirma la relación entre las variables “Engrase” y “Temperatura” por un lado y la relación entre “Vibraciones” y “Engrase” por otro, todas está directamente relacionadas con la variable “Horas de trabajo”.

En cuanto a la página dedicada a las reclamaciones de Calidad, “5.2.2.2 Cuadro de control de los indicadores de Calidad:”, podemos observar que las medidas correctivas y preventivas adoptadas a través de los informes 8D y que se reflejan en la base de datos InnoQual, han reportado una reducción drástica tanto en el número de las reclamaciones como en las cantidades reclamadas, validando el modelo adoptado en cuanto a la estrategia de Calidad, con este cuadro de mandos podemos ver al mismo tiempo la repetitividad de las reclamaciones, por motivo, máquina y en qué periodo de tiempo han transcurrido, a partir de este análisis podemos establecer estrategias a medio/largo plazo para minimizar el impacto de las reclamaciones a través de un programa de mejora continua.

Si analizamos la página de OEE, “5.2.2.3 Cuadro de control del rendimiento operacional (OEE) por máquina”, podemos observar a través de las líneas de tendencia en el periodo de los 3 últimos años, que el 65% de las línea de producción han experimentado mejoras en su desempeño, pero el 35% están estancadas o incluso han empeorado, para ver los motivos que han generado las mejoras y el empeoramiento del desempeño, utilizaremos las página de máquina a máquina, ver el ejemplo “5.2.6 Cuadro de control de los indicadores de Operaciones para línea LET1” para extraer el conocimiento suficiente para entender que acciones debemos emprender para seguir el ciclo de mejora continua y para establecer un plan de estratégico en las líneas que han empeorado.

Para ver el funcionamiento de este cuadro de mandos he creado un video que he subido a Vimeo: <https://vimeo.com/340496176>

6. Conclusiones

6.1. Conclusiones generales

Business Intelligence forma parte de un conjunto de herramientas para la gestión del conocimiento, en cierta forma se trata de anticiparse a los sucesos con unas garantías mínimas de éxito es y cada vez más será, el detonante para determinar las reglas del negocio dentro del ámbito de aplicación. No hace demasiados años, disponer de información era vital para la toma de decisiones en las empresas, hoy en día, debemos traspasar esos límites y es necesario disponer del conocimiento adecuado para reducir la posibilidad del error o fracaso.

Si nos ceñimos a este proyecto, disponemos de dos elementos clave, el primero los resultados del estudio de Minería de datos, aunque al final hemos obtenido un nivel de precisión relativamente alto, nos servirá como guía para establecer de forma personalizada la vida útil de cualquier elemento de desgaste, como son los rodamientos.

El segundo elemento clave, es sin duda el cuadro de mandos integral, elemento indispensable en cualquier empresa que precise mejorar en la gestión del negocio, sólo veo ventajas a la utilización de los cuadros de mandos, la principal es la actualización en tiempo real, esto nos puede permitir tomar decisiones orientadas a corregir desviaciones en nuestro negocio, aunque esto no es nuevo ya que tiene mucha analogía con las técnicas de control estadístico de proceso (SPC) muy utilizadas en el sector de automoción y que establecen mecanismos para reducir la posibilidad de, por ejemplo, tener una pieza defectuosa antes de que realmente se produzca, hablamos de nuevo de predecir sucesos futuros antes de que ocurran y en función de sucesos presentes o pasados.

6.2. Consecución de los objetivos del proyecto

El planteamiento inicial es coherente con el resultado final obtenido, es decir, hemos alcanzado los objetivos previsto en este proyecto tales como:

1. Crear una aplicación en vb.net para la gestión de mantenimiento, al menos una versión básica de lo que quiero construir.
2. Crear una aplicación en Access para la gestión de Calidad.
3. Desarrollar un proyecto de minería de datos
4. Crear un cuadro de mandos integrar para gestión de Calidad y Operaciones de una empresa
5. Extraer conocimiento como base de partida para establecer planes de mejora en el ámbito de Calidad y Operaciones.
6. Por último, este proyecto representa un reto personal que inicié hace 7 años cuando decidí volver a la universidad tras más de 25 años.

6.2. Valoración de la metodología del proyecto

A priori y viendo el cumplimiento del plan de trabajo, podemos afirmar que la metodología empleada en el proyecto es proporcional al cumplimiento del proyecto, aunque ha requerido de un nivel de exigencia personal, disciplina y dedicación muy por encima de las expectativas iniciales, las pequeñas desviaciones se han podido absorber a base de mayor dedicación. En retrospectiva quizás planteé un proyecto que tenía de forma muy esquemática en mi cabeza, pero nos suficientemente desarrollado. En base a los conocimientos adquiridos y a los retos planteados, hoy habría realizado el proyecto de forma mucho más estructurada y con hitos más a corto plazo. El cualquier caso he seguido la planificación prevista con algunas pequeñas desviaciones.

6.3. Planteamiento de futuro

En mi opinión, considero que el proyecto se ciñe a la idea inicial, con algunos matices, aunque hay varios puntos que a futuro quiero explorar como continuidad de este proyecto, el primero es la creación de un Data Lake para ver la relación de las averías, la calidad y el rendimiento operacional, obviamente requiere del desarrollo de otras herramientas con Microsoft Azure que nos debe permitir extraer ese conocimiento.

Con mismo planteamiento, también es de mucho interés crear una herramienta para el análisis de averías repetitivas, para ello precisaremos de un criterio claro sobre como estructurar los datos y la información que nos permitan trabajar de forma preventiva a partir de ese análisis. Sin limitarlo a tantas otras opciones que este campo nos permite.

7. Glosario

BI Acrónimo en inglés de Business Intelligence, o en castellano Inteligencia Empresarial, son herramientas aplicadas para pasar de los datos al conocimiento y para la gestión de la toma de decisiones en el proceso que se aplica, normalmente de aplicación en las empresas y suele estar asociado a las ventas y el marketing.

Data Mining. Aunque hay muchas formas de definir la Minería de datos, podríamos decir que es el proceso de exploración de los datos mediante la utilización de distintas técnicas y tecnologías, con el objetivo de encontrar patrones repetitivos, tendencias o reglas que nos ayuden a predecir, clasificar o agrupar eventos futuros en función de los datos del pasado.

OEE. Acrónimo en inglés de Overall Equipment Effectiveness, corresponde a la medición de la eficiencia de las líneas productivas, se compone de tres factores, la productividad, la utilización y la calidad producida y consiste en multiplicar estos tres parámetros, no existe un OEE estándar para todos los procesos, ya que el nivel de utilización depende del propio proceso.

Productividad. Indicador utilizado para medir el nivel de producción alcanzada en comparación con el nivel de producción prevista, se mide en porcentaje.

Utilización. Indicador utilizado para medir el tiempo de producción efectiva en comparación con el tiempo de máquina disponible, se puede ver afectado por averías, preparación de máquina o por cualquier otro paro imprevisto durante la producción, se expresa en porcentaje.

Calidad producida. Indicador utilizado para medir el porcentaje de piezas buenas sobre el total de piezas producidas, se expresa en porcentaje.

KPI. Acrónimo en Inglés de Key Performance Indicator, corresponde a los indicadores clave de gestión de un proceso.

Proceso de estirado. Es un proceso mecánico en frío aplicado a un producto para obtener un producto similar, pero con características mecánicas modificadas, por ejemplo, transformado de alambión de acero para reducir un diámetro y al mismo tiempo modificar sus características mecánicas.

Proceso de torneado. Es un proceso de mecanizado por arranque de viruta que reduce el diámetro de una barra de acero sin modificar sus características mecánicas.

Rodamiento. Un rodamiento es un elemento mecánico de baja fricción que ayuda a transferir las cargas entre componentes de una máquina.

8D. Acrónimo de 8 disciplinas, es una metodología Sistemática para identificar, corregir y eliminar problemas, su definición se debe a que se aplican ocho etapas en la resolución de un problema:

1. Utilizar un planteamiento de equipo
2. Descripción del problema
3. Introducción de acciones provisionales.
4. Definir la causa raíz del problema.
5. Definir un plan de acciones correctivas.
6. Definir un plan de acciones preventivas.
7. Prevenir la reincidencia.
8. Felicitar al equipo.

Encoder. De forma genérica, se trata de un dispositivo de pulsos que se utiliza para el control de un proceso, tiene un sinfín de utilidades industriales, como son las de medir la velocidad de proceso, la longitud de un elemento, etc.

Termopar. Es un transductor formado por dos metales que genera una diferencia de potencial en función de la temperatura

Termografía. Es una técnica que permite medir temperaturas a distancia y sin necesidad de contacto físico con el objeto a estudiar, mediante la captación de la intensidad de radiación infrarroja que emiten los objetos.

8. Bibliografía

8.1 Introducción al mantenimiento

Valbor Soluciones: Conceptos y definición de mantenimiento industrial

URL: <https://www.valborsoluciones.com/mantenimiento/conceptos-basicos-sobre-mantenimiento/>

Fecha consulta:27/05/2019

Slide Share: Presentación sobre Rodamientos:

URL: <https://es.slideshare.net/carolinazanazzi/rodamientos-presentation>

Fecha consulta:28/05/2019

SKF: Nociones básicas sobre rodamientos

URL: <https://www.skf.com/es/products/bearings-units-housings/principles/general-bearing-knowledge/bearing-basics/index.html>

Fecha consulta:28/05/2019

8.2 Herramientas y Técnicas BI

Sinnexus: Business Intelligence

URL: https://www.sinnexus.com/business_intelligence/piramide_negocio.aspx

Fecha consulta:02/04/2019

Blog de Signaturit: ¿Qué es Business Intelligence(BI) y qué herramientas existen?

URL: <https://blog.signaturit.com/es/que-es-business-intelligence-bi-y-que-herramientas-existen>

Fecha consulta:02/04/2019

Power data: El valor de la gestión de los datos

URL: <https://blog.powerdata.es/el-valor-de-la-gestion-de-datos/bid/289596/procesos-etl-o-elt-2-ventajas-de-e-elt-sobre-etl>

Fecha consulta:02/04/2019

bperdedat: Conceptos básicos sobre la Inteligencia de Negocios

URL: <http://bperdedat.blogspot.com/2012/12/conceptos-basicos-sobre-la-inteligencia.html>

Fecha consulta:02/04/2019

Building Talent: 10 conceptos básicos para entender el Business Intelligence del presente

URL: <https://www.il3.ub.edu/blog/10-conceptos-basicos-para-entender-el-business-intelligence-del-presente/>

Fecha consulta:02/04/2019

workmeter: Consejos para hacer crecer tu negocio

URL: <https://es.workmeter.com/blog/bid/192978/principales-herramientas-de-business-intelligence>

Fecha consulta:03/04/2019

Bismart: Las mejores herramientas business Intelligence

URL: <https://blog.bismart.com/es/las-mejores-herramientas-business-intelligence>

Fecha consulta:03/04/2019

PASS Business Analytics Virtual Group: Power BI and Azure Machine Learning

URL: https://www.youtube.com/watch?v=uJmIslhR_8A

Fecha consulta:03/04/2019

IFR: Workshop BI

URL: <https://www.youtube.com/watch?v=NB9IZ-O93Pg>

Fecha consulta:03/04/2019

Tecnología & Informática: Sistemas OLAP

URL: <https://tecnologia-informatica.com/sistemas-olap-cubos/>

Fecha consulta:04/04/2019

talend: Diferencias entre ETL y ELT

URL: <https://es.talend.com/resources/elt-vs-etl/>

Fecha consulta:04/04/2019

Sinnexus: Persistencia MOLAP, ROLAP, HOLAP

URL: https://www.sinnexus.com/business_intelligence/olap_avanzado.aspx

Fecha consulta:04/04/2019

8.3 Selección del algoritmo

Scikit learn: Machine Learning in Python

URL: <https://scikit-learn.org/stable/>

Fecha consulta:05/04/2019

Microsoft: Algoritmos de minería de datos

URL: <https://docs.microsoft.com/es-es/sql/analysis-services/data-mining/data-mining-algorithms-analysis-services-data-mining?view=sql-server-2017>

Fecha consulta:05/04/2019

Arame: 8 algoritmos de Aprendizaje Automático Data Mining más usados

URL: <https://www.aramex.com.mx/blog/8-algoritmos-aprendizaje-automatizado-data-mining-mas-usados-aramex-blog/>

Fecha consulta:05/04/2019

Power data: 10 técnicas de análisis de datos para estadísticas de big data

URL: <https://blog.powerdata.es/el-valor-de-la-gestion-de-datos/10-tecnicas-de-analisis-de-datos-para-estadisticas-de-big-data>

Fecha consulta:05/04/2019

Presentación: Reglas de asociación

URL: <https://www.infor.uva.es/~calonso/MUI-TIC/MineriaDatos/04InduccionReglasAsociacion.pdf>

Fecha consulta: 05/04/2019

Big data Analytics: ¿Qué es una red neuronal?

URL: <https://bigdata-analytics.es/que-es/red-neuronal/>

Fecha consulta: 05/04/2019

8.4 Cuadro de mandos integral

ábaco: Las mejores herramientas para visualización de datos (dashboards)

URL: <https://www.abaco.mx/blog-post/las-mejores-herramientas-visualizacion-datos-dashboards/>

Fecha consulta: 30/04/2019

Bismart: Las mejores herramientas Business Intelligence

URL: <https://blog.bismart.com/es/las-mejores-herramientas-business-intelligence>

Fecha consulta: 30/04/2019

Bitmarketing: 5 Herramientas para crear un Dashboard de marketing digital

URL: <https://www.bitmarketing.es/5-herramientas-para-crear-un-dashboard-de-marketing-digital/>

Fecha consulta: 02/05/2019

Hitachi Vantara: About Pentaho

URL: <https://www.hitachivantara.com/go/pentaho.html>

Fecha consulta: 02/05/2019

Power BI: Aprendizaje guiado de Microsoft Power BI

URL: <https://docs.microsoft.com/es-es/power-bi/guided-learning/>

Fecha consulta: 02/05/2019

Power BI : Introducción a DAX.

URL: <https://docs.microsoft.com/es-es/power-bi/guided-learning/introductiontodax?tutorial-step=1>

Fecha consulta: 02/05/2019

El futuro de los datos: Tutorial de Power BI – aprende con ejemplos prácticos

URL: <https://elfuturodelosdatos.com/power-bi-tutorial-espanol/>

Fecha consulta: 02/05/2019

Industrial Intelligence: Introduction to Overall Equipment Effectiveness (OEE)

URL: <https://www.adwinstonservice.com/wp-content/uploads/2017/09/OEE-Overview-v2.pdf>

Fecha consulta: 02/05/2019

9. Anexos

9.1 Portapapeles de Power BI de todas las líneas no vistas en la memoria

Figura 40 Portapapeles Línea de estirado y torneado LET2

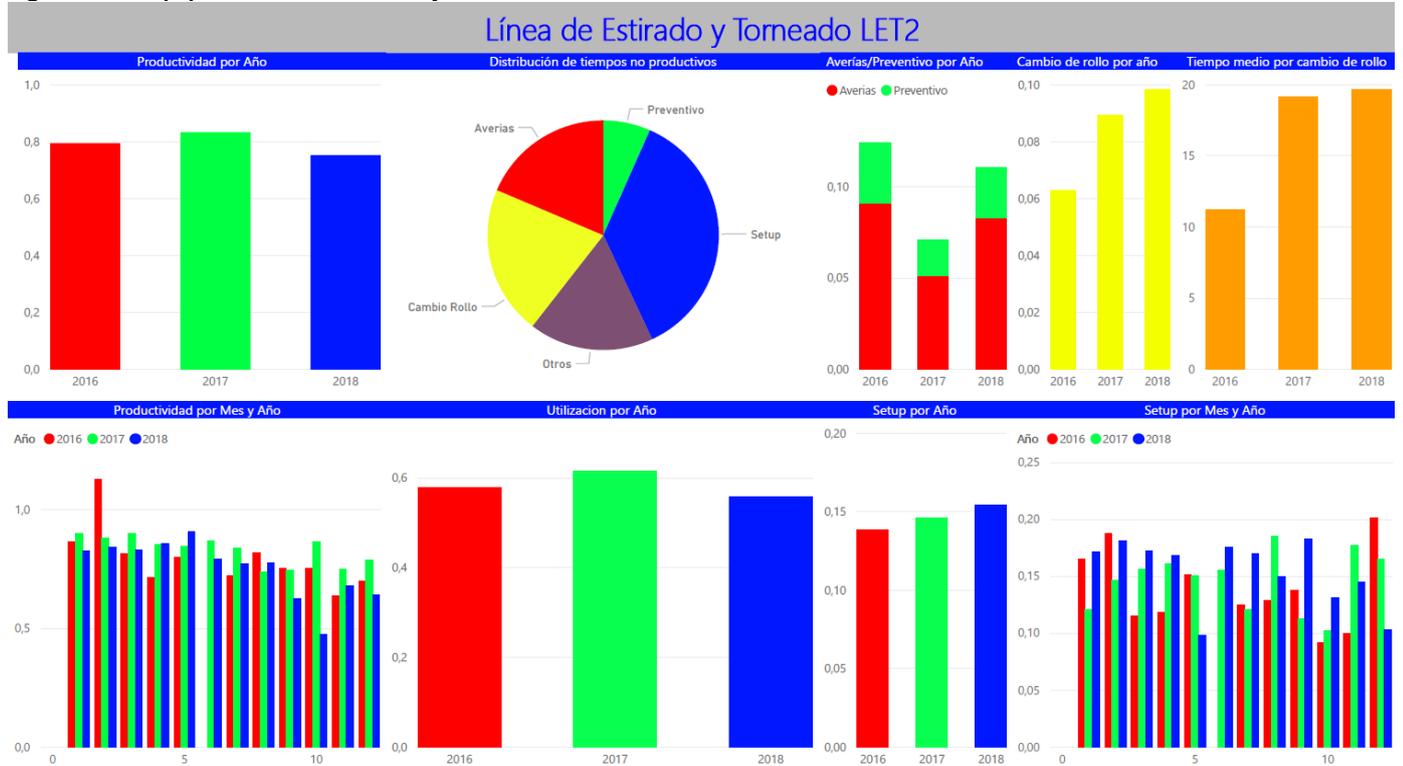


Figura 41 Portapapeles Línea de estirado y torneado LET3

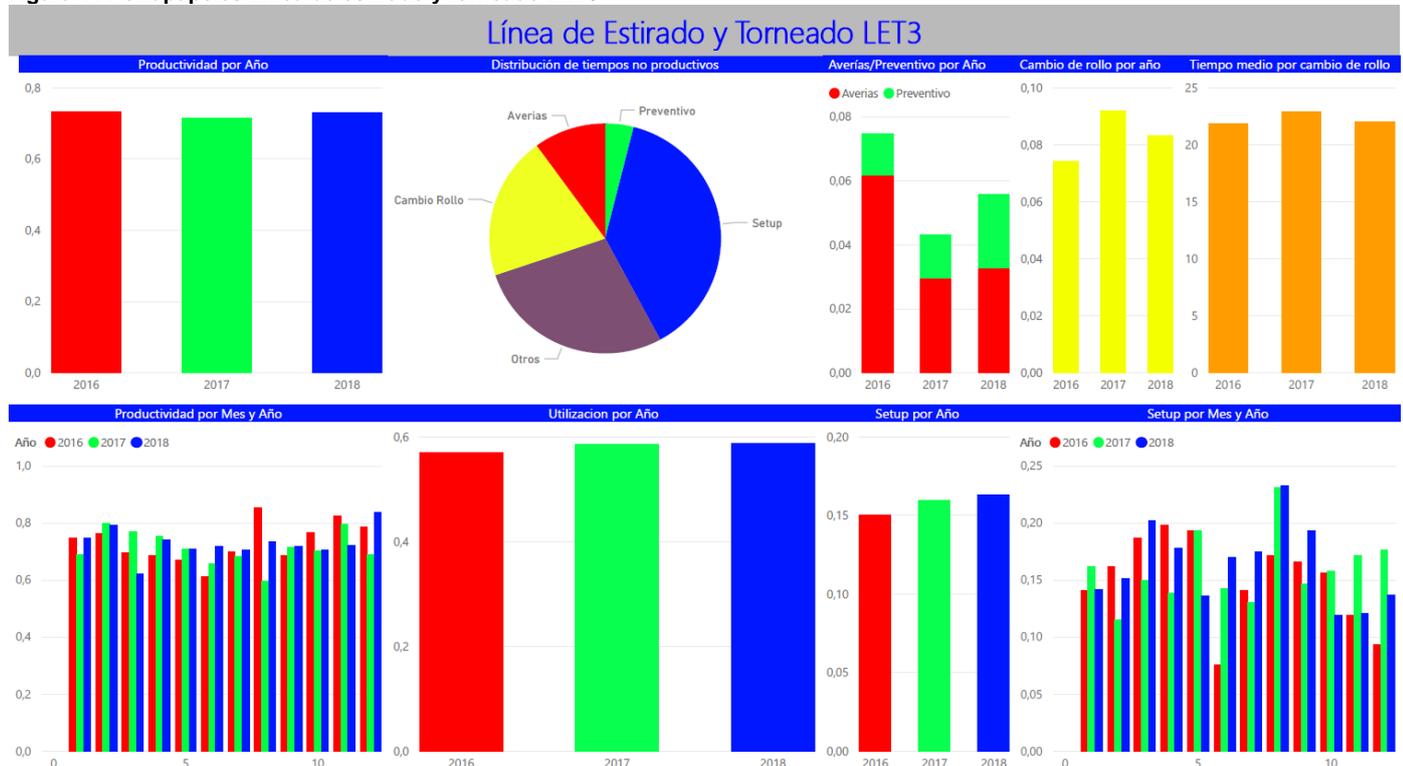


Figura 42 Portapapeles Línea de estirado y torneado LET4

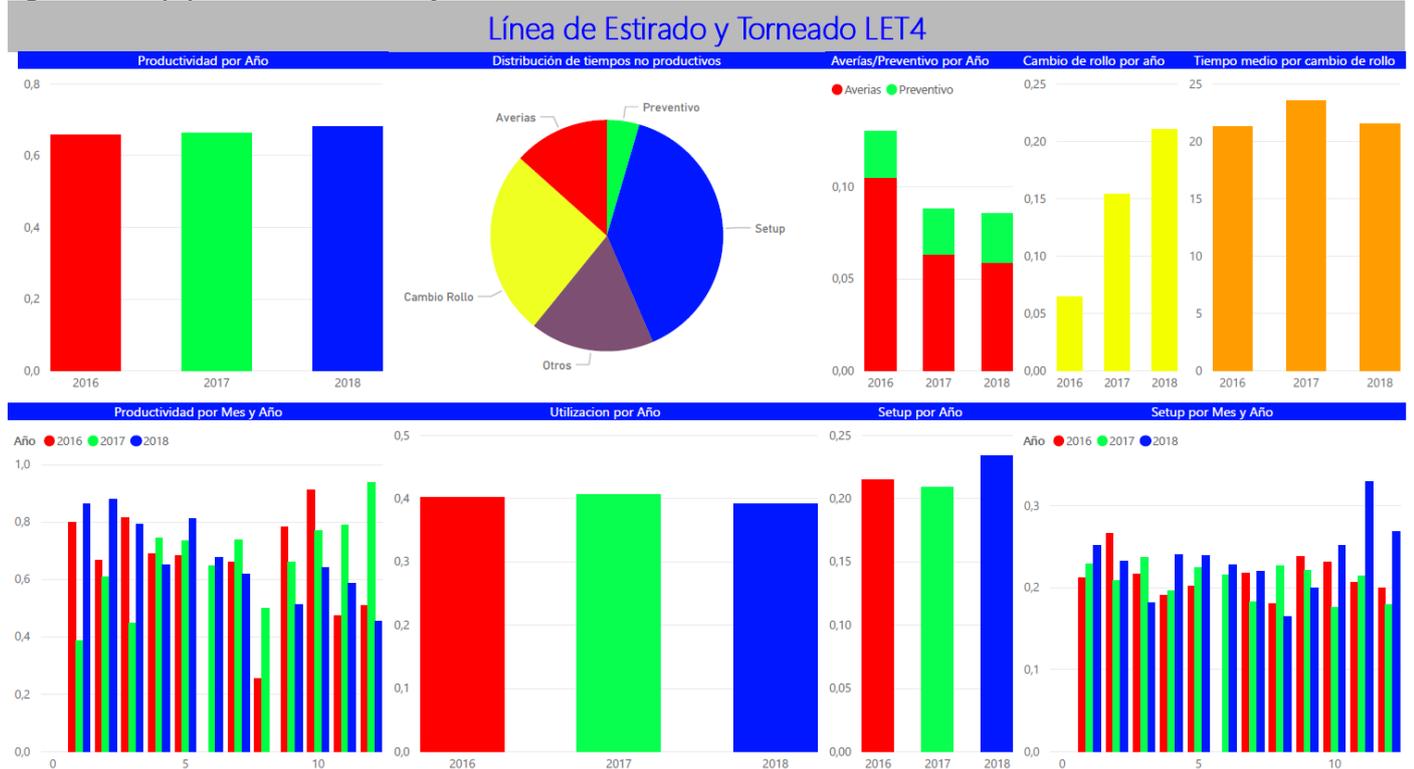


Figura 43 Portapapeles Línea de estirado y torneado LET5

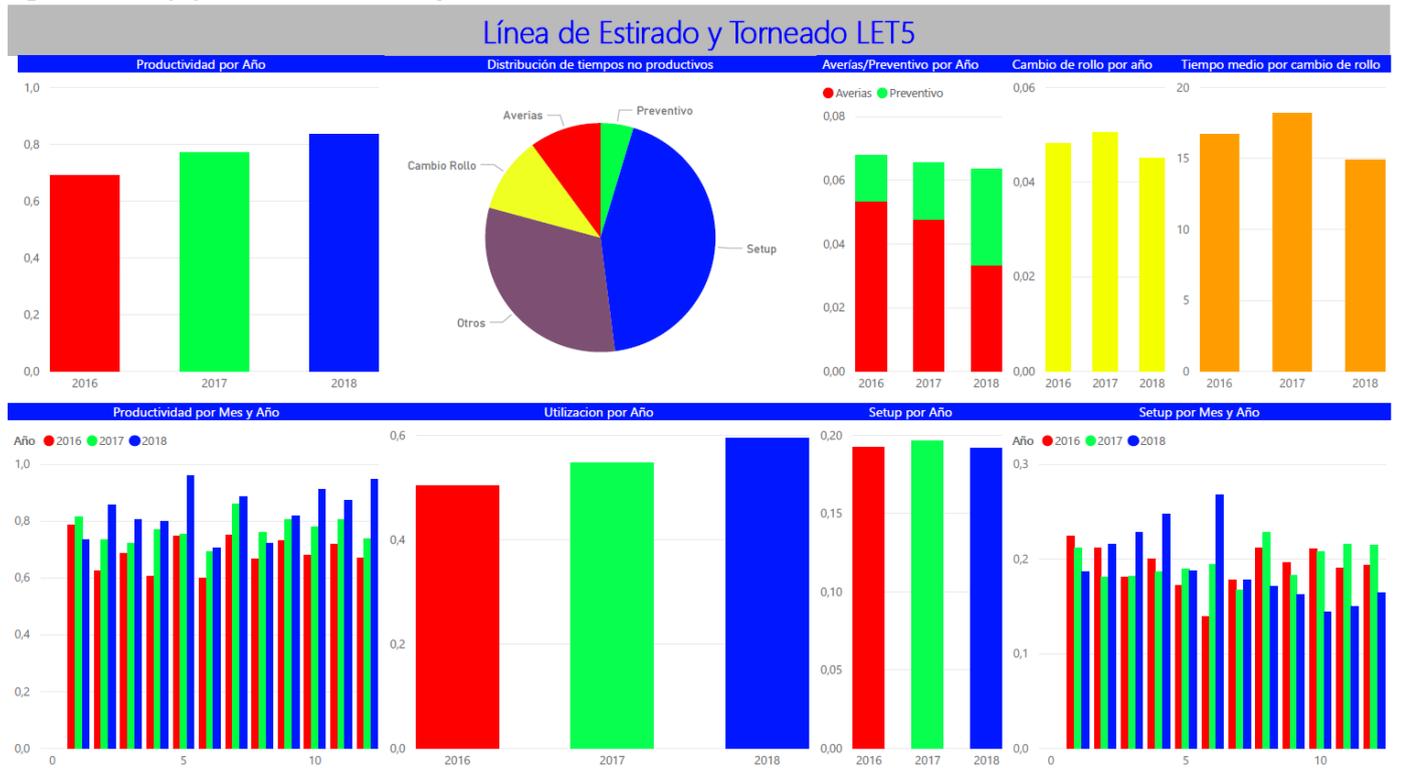


Figura 44 Portapapeles Línea de estirado y torneado LE1

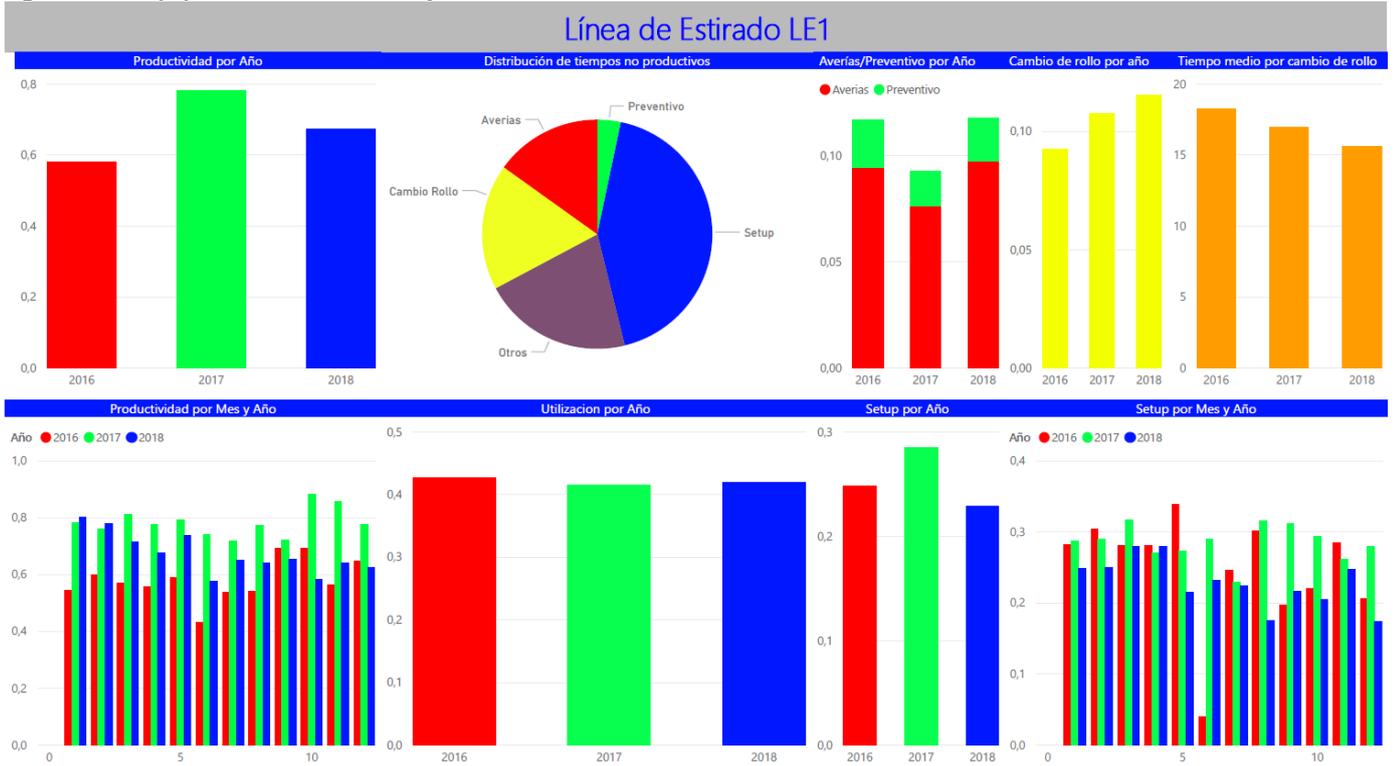


Figura 45 Portapapeles Línea de estirado y torneado LE2

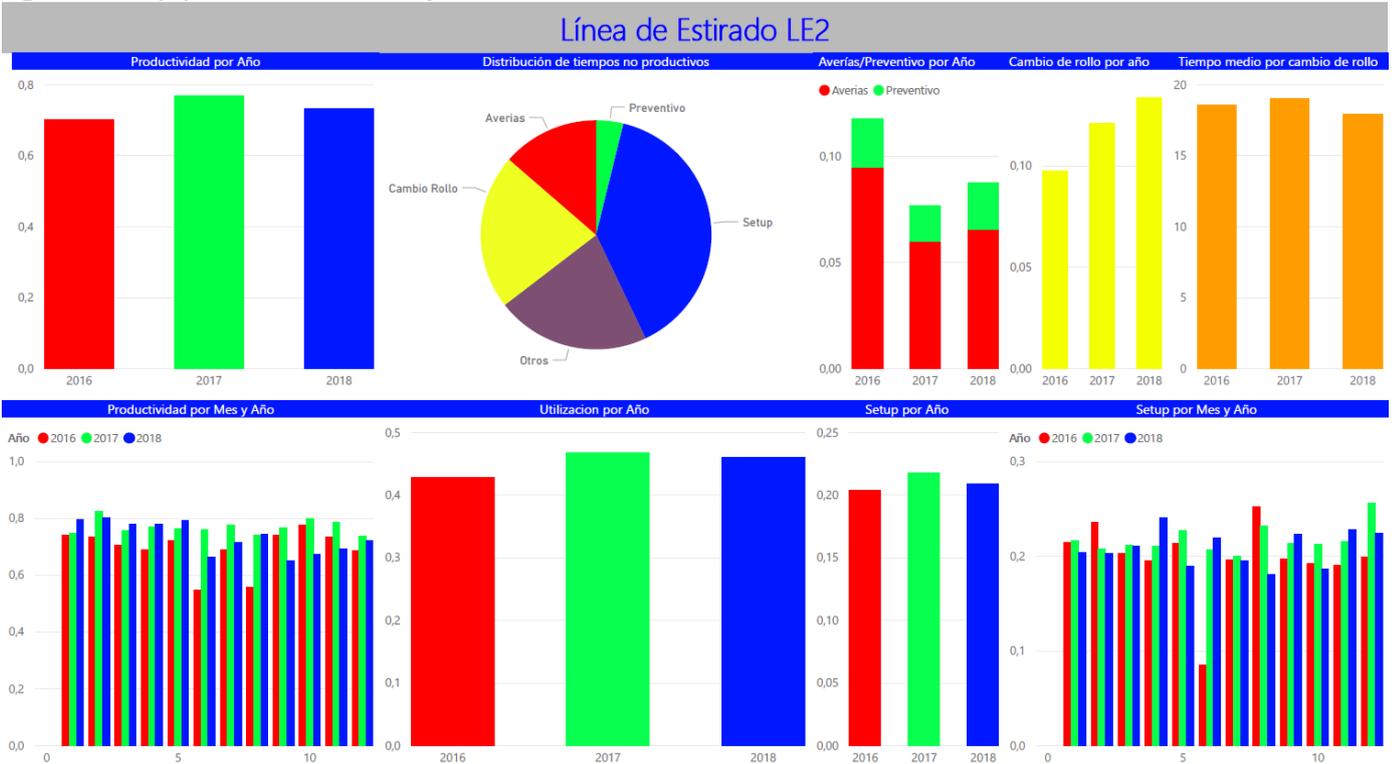


Figura 46 Portapapeles Línea de estirado y torneado LE3

