



**Universidad de Valladolid**



**ESCUELA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES**

**UNIVERSIDAD DE VALLADOLID**

**ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES**

**Grado en Ingeniería en Organización Industrial**

**Implementación de una Herramienta de  
Inteligencia Operacional Para Monitorizar  
en Tiempo Real la Actividad Industrial.**

**Autor:**

**Luque Alonso, Patricia**

**Tutor:**

**Arauzo Arauzo, José Alberto**

Departamento de Organización de Empresas  
y Comercialización e Investigación de  
Mercados.

**Valladolid, mayo 2022.**

## **Agradecimientos.**

A mi madre, mi padre y mi hermano, por ser la luz de mi vida, enseñarme a mirar siempre hacia delante y creer en mí por encima de todo.

A mis amigas, por acompañarme en cada uno de los pasos que he dado en mi vida, siendo el pilar más férreo al que agarrarme y hacer que pasen cosas bonitas en ella.

A mis compañeras de la universidad, por ser refugio en mis fracasos y celebrar como suyos mis éxitos, haciendo de mis años de universidad algo para recordar siempre.

A la empresa Michelin y a mis compañeros de prácticas Mario, María, Ana Cristina, Alejandro, Cristina y Susana, por depositar su confianza en mí desde el principio, dedicarme su tiempo y hacer de esta gran oportunidad una experiencia muy enriquecedora que recordaré siempre.

## Resumen y Palabras clave.

Asumiendo que vivimos en la denominada “Era de la Información”, en la que se generan diariamente inmensurables cantidades de datos, es casi obligada la adaptación por parte de las empresas a este nuevo entorno industrial. La importancia recae en el uso y la orientación que se les profiere a esos datos, pues de su tratamiento y análisis eficiente, las organizaciones son capaces de generar verdaderas ventajas competitivas.

Dada la importancia de esta adaptación, el Grupo Michelin ha apostado por su completa integración en la digitalización, equipando la factoría de Valladolid con sistemas de extracción y gestión de macrodatos, que recopilan información inequívoca de su actividad industrial.

Este documento detalla la programación e implantación de una herramienta de visualización de datos en tiempo real mediante el software PI Vision de OSIsoft, que permite conocer tiempos de ciclo, tendencias y posibles desviaciones de la actividad desarrollada en el ensamblado agrícola.

**Palabras clave:** base de datos, inteligencia operacional, industria 4.0, control de la producción, PI Vision.

## Abstract and Keywords.

Assuming that we live in the so-called "Information Age", in which immense amounts of data are generated daily, it is almost obligatory for companies to adapt to this new industrial environment. The importance lies in the use and guidance given to these data, since from their efficient processing and analysis, organizations are able to generate real competitive advantages.

Given the importance of this adaptation, the Michelin Group has opted for its complete integration in digitization, equipping the Valladolid factory with extraction and management systems for big data, which collect unequivocal information about its industrial activity.

This document details the programming and implementation of a real-time data visualization tool using OSIsoft's PI Vision software, which allows to know cycle times, trends and possible deviations from the activity carried out in agricultural assembly.

**Keywords:** databases, operational intelligence, industry 4.0, control of production, PI Vision.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN.</b> .....	<b>12</b>
<b>1.1 Justificación.</b> .....	<b>13</b>
<b>1.2 Objetivos.</b> .....	<b>13</b>
<b>1.3 Contexto de la Memoria.</b> .....	<b>13</b>
<b>1.4 Estructura de la Memoria.</b> .....	<b>15</b>
<b>CAPÍTULO 2. EL GRUPO MICHELIN.</b> .....	<b>17</b>
<b>2.1 El Neumático.</b> .....	<b>18</b>
2.1.1 Composición del Neumático. ....	18
2.1.2 Estructura Morfológica del Neumático. ....	19
2.1.3 Proceso de Producción de un Neumático.....	20
<b>2.2 El Grupo MICHELIN.</b> .....	<b>23</b>
2.2.1 Origen e Historia. ....	23
2.2.2 Recorrido Histórico del Grupo. ....	24
2.2.3 Michelin en España. ....	25
2.2.3.1 Almería. Centro de Experiencias (CEMA). ....	25
2.2.3.2 Illescas. Centro de Distribución. ....	26
2.2.3.3 Madrid. Dirección Comercial. ....	26
2.2.3.4 Lasarte. Planta Industrial. ....	26
2.2.3.5 Vitoria. Planta Industrial. ....	27
2.2.3.6 Aranda de Duero. Planta Industrial.....	27
2.2.3.7 Valladolid. Planta Industrial y Sede Social. ....	28
<b>2.3 Proceso de Fabricación Ensamblado.</b> .....	<b>29</b>
2.3.1 Confección del Neumático.....	30
2.3.1.1 Máquina PAP. ....	30
2.3.1.2 Proceso de Fabricación en la PAP.....	31
2.3.2 Conformado del Neumático. ....	32
2.3.2.1 Máquina BNS. ....	32
2.3.2.2 Proceso de Fabricación en la BNS. ....	33
<b>CAPÍTULO 3. INDUSTRIA 4.0.</b> .....	<b>35</b>
<b>3.1 Introducción.</b> .....	<b>36</b>
<b>3.2 Industria 4.0. Origen, Evolución y Conceptos.</b> .....	<b>36</b>
3.2.1 Hacia la Digitalización Industrial. ....	37
<b>3.3 Sistemas de Información (SI).</b> .....	<b>38</b>

3.3.1 Origen de Datos. ....	38
3.3.1.1 Fuentes de Datos Internas. ....	39
3.3.1.2 Fuentes de Datos Externas. ....	39
3.3.1.3 Bases de datos. ....	39
3.3.2 Entrada de Datos. ....	41
3.3.3 Procesamiento de Información. ....	42
3.3.4 Almacenamiento de Datos. ....	42
3.3.4.1 Tecnologías de Almacenamiento. ....	42
3.3.5 Salida de Datos. ....	43
<b>3.4 Business Intelligence (BI). ....</b>	<b>44</b>
3.4.1 Data Warehouse (DW). ....	45
3.4.1.1 Data Mart (DM). ....	46
3.4.2 Herramientas de ETL. ....	46
3.4.3 Sistemas OLAP. ....	48
3.4.4 Data Mining (DM). ....	49
<b>3.5 Operational Intelligence (OI). ....</b>	<b>50</b>
3.5.1 Diferencias entre <i>Business Intelligence</i> y <i>Operational Intelligence</i> . ....	51
3.5.2 Elementos de la Inteligencia Operacional. ....	51
3.5.2.1 CEP ( <i>Complex Event Processing</i> ). ....	52
3.5.2.2 BAM ( <i>Business Activity Monitoring</i> ). ....	52
3.5.2.3 BPM ( <i>Business Process Management</i> ). ....	52
<b>CAPÍTULO 4. CONTEXTUALIZACIÓN DE LA HERRAMIENTA DE INTELIGENCIA OPERACIONAL. ....</b>	<b>53</b>
<b>4.1 Introducción. ....</b>	<b>54</b>
<b>4.2 Contextualización del Proyecto. ....</b>	<b>54</b>
<b>4.3 OSIssoft y PI System. ....</b>	<b>54</b>
4.3.1 PI Server. ....	55
4.3.2 Herramientas de visualización de PI. ....	56
4.3.2.1 PI DataLink. ....	56
4.3.2.2 PI Vision. ....	58
<b>CAPÍTULO 5. PLANIFICACIÓN DEL PROYECTO DIGITAL. ....</b>	<b>66</b>
<b>5.1 Introducción. ....</b>	<b>67</b>
<b>5.2 Justificación del Proyecto. ....</b>	<b>67</b>
5.2.1 Identificación de <i>Stakeholders</i> . ....	68
<b>5.3 Definición de Requerimientos. ....</b>	<b>69</b>
<b>5.4 Definición del <i>Data Warehouse</i>. ....</b>	<b>74</b>

CAPÍTULO 6. PROGRAMACIÓN Y DESARROLLO DE LA HERRAMIENTA DE INTELIGENCIA OPERACIONAL. ....	78
<b>6.1 Introducción. ....</b>	<b>79</b>
<b>6.2 Pantalla General de Usuario. ....</b>	<b>79</b>
<b>6.3 Pantalla General de Confección.....</b>	<b>81</b>
6.3.1 Pantalla de PAP.....	82
6.3.1.1 <i>Elemento 1. Estado de la Máquina.</i> .....	83
6.3.1.1.1 <b>Definición</b> .....	83
6.3.1.1.2 <b>Programación</b> .....	84
6.3.1.1.3 <b>Función.</b> .....	87
6.3.1.2 <i>Elemento 2. Tabla de Producción.</i> .....	87
6.3.1.2.1 <b>Definición</b> .....	87
6.3.1.2.2 <b>Programación</b> .....	88
6.3.1.2.3 <b>Función.</b> .....	89
6.3.1.3 <i>Elemento 3. Gráfico de Ciclo de Producción.</i> .....	89
6.3.1.3.1 <b>Definición</b> .....	89
6.3.1.3.2 <b>Programación</b> .....	89
6.3.1.3.3 <b>Función.</b> .....	90
6.3.1.4 <i>Elemento 4. Información Relativa a la Etapa.</i> .....	90
6.3.1.4.1 <b>Definición</b> .....	90
6.3.1.4.2 <b>Programación</b> .....	91
6.3.1.4.3 <b>Función.</b> .....	91
<b>6.4 Pantalla General de Terminación. ....</b>	<b>91</b>
6.4.1 Pantalla de BNS.....	92
6.4.1.1 <i>Elemento 1. Desarrollo del Diámetro.</i> .....	92
6.4.1.1.1 <b>Elemento 1.1. Tabla de Desarrollo del Diámetro.</b> .....	92
6.4.1.1.2 <b>Elemento 1.2. Gráfica del Desarrollo del Diámetro.</b> .....	94
<b>6.6 Pantalla de Aprovisionamiento. ....</b>	<b>96</b>
<b>6.7 Pantalla de Parámetros de Ciclo de Máquina.....</b>	<b>98</b>
CAPÍTULO 7. IMPLANTACIÓN DE LA HERRAMIENTA Y ANÁLISIS DEL CUMPLIMIENTO DE REQUERIMIENTOS.....	101
<b>7.1 Introducción. ....</b>	<b>102</b>
<b>7.2 Presentación de la Herramienta.....</b>	<b>102</b>
7.2.1 <i>Implantación de la Herramienta.</i> .....	103
<b>7.3 Análisis de Cumplimiento de Requerimientos.....</b>	<b>103</b>
7.3.1 <i>Análisis de Requerimientos.</i> .....	103
CAPÍTULO 8. ESTIMACIÓN DEL COSTE ECONÓMICO DE LA HERRAMIENTA. ....	106

<b>8.1 Introducción.</b> .....	<b>107</b>
<b>8.2 Estimación de Costes Totales.</b> .....	<b>107</b>
8.2.1 Estimación de Coste de Actividades.....	107
8.2.2 Estimación de Coste de Amortización.....	112
<b>CAPÍTULO 9. CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS.</b> .....	<b>114</b>
<b>9.1 Introducción</b> .....	<b>115</b>
<b>9.2 Conclusiones.</b> .....	<b>115</b>
<b>9.3 Líneas Futuras de Mejora.</b> .....	<b>116</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS.</b> .....	<b>118</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1. Proceso de Implantación y Explotación de una Base de Datos.....</i>	<i>14</i>
<i>Figura 2. Morfología del Neumático. ....</i>	<i>19</i>
<i>Figura 3. Etapas del Proceso Productivo de un Neumático.....</i>	<i>20</i>
<i>Figura 4. Colocación de la Goma Interior. ....</i>	<i>21</i>
<i>Figura 5. Colocación de las Capas Reforzadas. ....</i>	<i>21</i>
<i>Figura 6. Colocación de los Aros Metálicos. ....</i>	<i>21</i>
<i>Figura 7. Publicidad del MICHELINE. Fuente. (Michelin., 2021) .....</i>	<i>24</i>
<i>Figura 8. Publicidad de los Neumáticos MICHELIN X. Fuente. (Michelin., 2021).....</i>	<i>25</i>
<i>Figura 9. Centro de Experiencias en Almería. Fuente. (Michelin, 2021).....</i>	<i>25</i>
<i>Figura 10. Centro Logístico en Illescas. Fuente. (Michelin, 2021). ....</i>	<i>26</i>
<i>Figura 11. Dirección Comercial en Madrid. Fuente. (Michelin, 2021). ....</i>	<i>26</i>
<i>Figura 12. Fábrica Michelin en Lasarte. Fuente. (Michelin, 2021). ....</i>	<i>27</i>
<i>Figura 13. Fábrica de Michelin en Vitoria. Fuente. (Michelin, 2021). ....</i>	<i>27</i>
<i>Figura 14. Fábrica Michelin en Aranda de Duero. Fuente. (Michelin, 2021). ....</i>	<i>28</i>
<i>Figura 15. Fábrica Michelin en Valladolid. Fuente. (Michelin, 2021). ....</i>	<i>28</i>
<i>Figura 16. Máquina PAP. Fuente. (C.R., 2018). ....</i>	<i>30</i>
<i>Figura 17. Conformado del Neumático. Fuente. (Motor.es, 2017). ....</i>	<i>33</i>
<i>Figura 18. Diferencia entre BD Relacional y BD no Relacional. Fuente. (Miteris., 2020). ....</i>	<i>40</i>
<i>Figura 19. Procesos de un Sistema de Información.....</i>	<i>41</i>
<i>Figura 20. Arquitectura del Business Intelligence.....</i>	<i>45</i>
<i>Figura 21. Herramientas ETL. Fuente. (Fernández O. , 2022). ....</i>	<i>47</i>
<i>Figura 22. Cubo multidimensional OLAP. Fuente. (León Guzmán, 2019).....</i>	<i>48</i>
<i>Figura 23. Funcionamiento de un CEP.....</i>	<i>52</i>
<i>Figura 24. Funcionamiento del PI System. Fuente. (Sánchez Colunga, 2020). ....</i>	<i>55</i>
<i>Figura 25. Interfaz de PI DataLink.....</i>	<i>56</i>
<i>Figura 26. Ejemplo de ruta raíz en PI DataLink.....</i>	<i>57</i>
<i>Figura 27. Proceso de Extracción de Datos con PI DataLink. ....</i>	<i>58</i>
<i>Figura 28. Interfaz Principal PI Vision.....</i>	<i>59</i>
<i>Figura 29. Interfaz de Creación de Pantalla.....</i>	<i>60</i>
<i>Figura 30. Símbolos de Visualización.....</i>	<i>61</i>
<i>Figura 31. Definición de Cálculos en PI Vision. ....</i>	<i>62</i>
<i>Figura 32. Librería de Gráficos de PI Vision. ....</i>	<i>63</i>
<i>Figura 33. Tabla de Eventos.....</i>	<i>64</i>
<i>Figura 34. Botones de Guardado. ....</i>	<i>64</i>
<i>Figura 35. Panel de Control Temporal.....</i>	<i>64</i>
<i>Figura 36. Botón de Navegación Temporal. ....</i>	<i>65</i>
<i>Figura 37. Interfaz Principal de Herramienta de OI.....</i>	<i>80</i>
<i>Figura 38. Logotipo Michelin en PI Vision.....</i>	<i>80</i>
<i>Figura 39. Zona de Confección PI Vision. ....</i>	<i>81</i>
<i>Figura 40. Proceso de Inserción Marco.....</i>	<i>82</i>
<i>Figura 41. Pantalla de PAPO3. ....</i>	<i>82</i>
<i>Figura 42. Librería de Elementos Gráficos.....</i>	<i>83</i>
<i>Figura 43. Proceso de Programación de Nueva Variable.....</i>	<i>84</i>
<i>Figura 44. Programación del Estado de la Máquina. ....</i>	<i>85</i>
<i>Figura 45. Programación Variable Contador. ....</i>	<i>85</i>



<b>Figura 46.</b> Proceso de Programación de Multi Estado.....	86
<b>Figura 47.</b> Estados de Parada en PAP.....	87
<b>Figura 48.</b> Extracción de Producción a Pantalla.....	88
<b>Figura 49.</b> Variables de Producción de PAP.....	89
<b>Figura 50.</b> Formato de Gráfica en PI Vision.....	90
<b>Figura 51.</b> Comportamiento Ciclos en PI Vision.....	90
<b>Figura 52.</b> Pantalla General de Terminación.....	91
<b>Figura 53.</b> Pantalla de BNS.....	92
<b>Figura 54.</b> Programación Variable Bool del Desarrollo.....	93
<b>Figura 55.</b> Alerta de Desarrollo.....	94
<b>Figura 56.</b> Gráfica de Desarrollo.....	94
<b>Figura 57.</b> Pantalla de Producción de PAP y BNS.....	95
<b>Figura 58.</b> Variables de Producción Total de PAP.....	96
<b>Figura 59.</b> Pantalla de Aprovisionamiento.....	97
<b>Figura 60.</b> Escenarios de Aprovisionamiento.....	98
<b>Figura 61.</b> Pantalla de Parámetros de Ciclo.....	99
<b>Figura 62.</b> Proceso de Publicación de una Pantalla en PI Vision.....	102

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Funciones de PI DataLink.....	57
<b>Tabla 2.</b> Identificación de Stakeholders y sus Objetivos.....	68
<b>Tabla 3.</b> Identificación de Stakeholders y sus Objetivos (continuación).....	69
<b>Tabla 4.</b> Objetivos del Requerimiento 1.....	70
<b>Tabla 5.</b> Objetivos del Requerimiento 2.....	70
<b>Tabla 6.</b> Objetivos del Requerimiento 3.....	71
<b>Tabla 7.</b> Objetivos del Requerimiento 4.....	71
<b>Tabla 8.</b> Objetivos del Requerimiento 5.....	72
<b>Tabla 9.</b> Objetivos del Requerimiento 6.....	72
<b>Tabla 10.</b> Objetivos del Requerimiento 7.....	72
<b>Tabla 11.</b> Objetivos del Requerimiento 7 (continuación).....	73
<b>Tabla 12.</b> Objetivos del Requerimiento 8.....	73
<b>Tabla 13.</b> Objetivos del Requerimiento 9.....	73
<b>Tabla 14.</b> Objetivos del Requerimiento 10.....	74
<b>Tabla 15.</b> Bloque de Datos de los Requerimientos 1, 7 y 9.....	75
<b>Tabla 16.</b> Bloque de Datos del Requerimiento 2.....	75
<b>Tabla 17.</b> Bloque de Datos de los Requerimientos 3 y 5.....	76
<b>Tabla 18.</b> Bloque de Datos del Requerimiento 4.....	76
<b>Tabla 19.</b> Bloque de Datos del Requerimiento 6.....	76
<b>Tabla 20.</b> Bloque de Datos del Requerimiento 8.....	76
<b>Tabla 21.</b> Bloque de Datos del Requerimiento 8 (continuación).....	77
<b>Tabla 22.</b> Evaluación de Requerimientos.....	104
<b>Tabla 23.</b> Coste Horario de las Personas Implicadas.....	107
<b>Tabla 24.</b> Coste de Actividad 1.....	109
<b>Tabla 25.</b> Coste de Actividad 2.....	109
<b>Tabla 26.</b> Coste de Actividad 3.....	110
<b>Tabla 27.</b> Coste de Actividad 4.....	110
<b>Tabla 28.</b> Coste de Actividad 5.....	111
<b>Tabla 29.</b> Coste de Actividad 6.....	111
<b>Tabla 30.</b> Coste Total de Actividades.....	112
<b>Tabla 31.</b> Costes Asociados a Amortización de Materiales.....	112
<b>Tabla 32.</b> Costes Totales Asociados al Proyecto.....	113

Implementación de una Herramienta de Inteligencia Operacional Para Monitorizar en Tiempo Real la Actividad Industrial.

# CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN.

## 1.1 Justificación.

La memoria presente se inscribe en el marco de la asignatura “Prácticas en Empresa” perteneciente al grado de Ingeniería en Organización Industrial impartido en la Universidad de Valladolid (UVA), que han sido realizadas en la planta industrial del Grupo Michelin España-Portugal S.A (MEPSA) en la ciudad de Valladolid.

En concreto, se han llevado a cabo en el departamento de Organización (ORG) de la actividad agrícola (AG), durante un periodo temporal de aproximadamente seis meses. Así, el trabajo desempeñado se ha centrado en la etapa de ensamblado del taller agrícola de la fábrica, en la que, a su vez, se desarrollan dos subactividades, la confección y la terminación del neumático.

Hasta la realización de este Trabajo de Fin de Grado, la actividad de ensamblado agrícola no era capaz de conocer con exactitud el trabajo desempeñado en dicho taller sin necesidad de desplazarse hasta él continuamente. Al mismo tiempo, existía una gran dificultad para conocer el momento exacto y los motivos por los que se producían paradas en las máquinas y otro tipo de desviaciones durante su desempeño industrial diario.

## 1.2 Objetivos.

Mi objetivo principal era dotar al taller de ensamblado agrícola de nuevos útiles de control de la producción que permitan conocer su situación en tiempo real suministrando la información necesaria para identificar las causas de los puntos débiles que deben ser optimizados y, en consecuencia, obtener ventajas competitivas mediante la mejora de estos.

En tal sentido, a través del nuevo y potente software OSIsoft instalado en la planta, mi cometido principal pasaba por la creación de una herramienta digital de visualización capaz de recoger, tratar, analizar y mostrar datos en tiempo real de la actividad desempeñada en dicho taller.

Cabe destacar que dicha herramienta se abastece de la base de datos recientemente creada y asociada a todas las máquinas participantes del proceso de fabricación agrícola.

Así, a través del complemento PI Datalink y junto con la aplicación de visualización PI Vision, este proyecto digital ha sido desarrollado de manera exitosa e implantado en la fábrica.

## 1.3 Contexto de la Memoria.

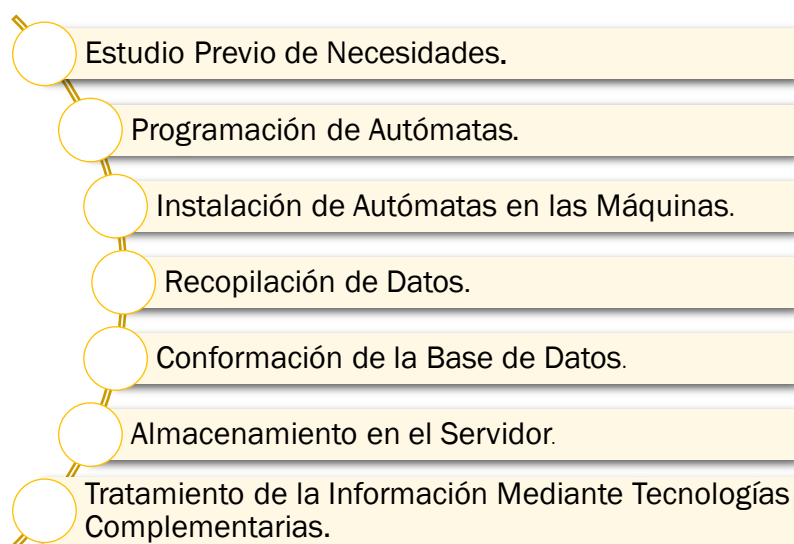
Actuando como inmensos “almacenes de información”, las bases de datos son herramientas muy potentes que recopilan datos organizados en estructuras

definidas una única vez y que pueden ser usados de manera simultánea por multitud de equipos y usuarios diferentes (**Hueso Ibáñez, 2014**).

El establecimiento de una base de datos consolidada y fiable en una planta industrial permite obtener auténtico conocimiento sobre la actividad y los procesos desarrollados si se hace una buena gestión y análisis de esta.

No obstante, dichas herramientas por sí mismas son simplemente conjuntos inmensos de datos almacenados (**Ibarra Sixto, 2013**) por lo que se hace necesario el uso de otras tecnologías complementarias para la gestión, tratamiento y análisis de todos estos datos.

Es por esto por lo que, a lo largo del año 2021, la factoría de Michelin en Valladolid ha comenzado un nuevo camino hacia la digitalización industrial mediante la creación de una gran base de datos corporativa.



**Figura 1.** *Proceso de Implantación y Explotación de una Base de Datos.*

Tal y como se muestra en la **Figura 1** se realizó en primer lugar, un exhaustivo estudio a fin de determinar los parámetros de proceso relevantes que se deseaba capturar. Posteriormente, multitud de autómatas se programaron e instalaron en cada una de las máquinas del taller para comenzar la recogida masiva de datos. Dichas máquinas se encontraban conectadas a la base de datos de la empresa donde estos se han ido almacenando.

En este sentido, el desarrollo de la presente memoria se engloba en la necesidad de trabajar junto con dicha base de datos y así, obtener de ella conocimiento útil que poder brindar a todas las personas implicadas en el taller de ensamblado agrícola de Michelin en Valladolid.

## 1.4 Estructura de la Memoria.

El presente documento está estructurado en nueve capítulos:

- **CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN.**

En el primer y presente capítulo, se desarrolla, por un lado, la justificación y los objetivos de la creación de la herramienta de inteligencia operacional llevada a cabo en la factoría de Michelin, esto es, la razón de ser de dicha herramienta.

Por otro lado, se contextualiza el marco bajo el que se desarrolla dicho proyecto, definiendo el camino seguido para la creación de la gran base de datos corporativa que alimenta a la herramienta digital en cuestión.

- **CAPÍTULO 2. EL GRUPO MICHELIN.**

En el segundo capítulo, se presentan por un lado las características principales ligadas al mundo del neumático, tanto la historia y evolución de su industria como la estructura física, composición y proceso de fabricación del propio neumático. Por otro lado, se desarrolla la historia del Grupo Michelin como entidad y del Grupo Michelin en España, detallando su origen y sus distintas factorías.

Finalmente, se detallan las características principales de los procesos de confección y terminación de los neumáticos agrícolas, así como los de la máquina encargada de ello.

- **CAPÍTULO 3. INDUSTRIA 4.0.**

En el tercer capítulo, se desarrolla en primer lugar dicho término, detallando su origen y definiendo un conjunto de conceptos asociados al entorno de la digitalización. A continuación, se detallan las características principales de los sistemas para recogida y gestión de los datos, así como cada una de las etapas para la implantación en una empresa de uno de estos.

Por último, se desglosan de manera minuciosa los dos tipos de inteligencia posible en las organizaciones y todos los elementos y características asociadas a estas.

- **CAPÍTULO 4. CONTEXTUALIZACIÓN DE LA HERRAMIENTA DE INTELIGENCIA OPERACIONAL.**

En el cuarto capítulo, se contextualiza la elaboración de la herramienta de inteligencia operacional, definiendo exhaustivamente el software OSIssoft y las aplicaciones a través de las cuales se ha desarrollado.

- **CAPÍTULO 5. PLANIFICACIÓN DEL PROYECTO DIGITAL.**

En el quinto capítulo, se detalla en primer lugar la estructura del proceso seguido para la elaboración del proyecto. En segundo lugar, se desarrollan las tres primeras etapas de dicho proceso, esto es, la identificación de los interesados (en adelante, *stakeholders*) del proyecto y sus objetivos, la recogida de los requerimientos a cumplir con el desarrollo de la herramienta y la definición y creación del almacén de datos necesario para el desarrollo de esta.

▪ **CAPÍTULO 6. PROGRAMACIÓN Y DESARROLLO DE LA HERRAMIENTA DE INTELIGENCIA OPERACIONAL.**

En el sexto capítulo, se desarrolla la etapa de programación y elaboración de la herramienta presentando, por un lado, cada una de las pantallas realizadas en PI Vision, así como su funcionamiento y objetivos.

Por otro lado, se desglosa cada una de estas pantallas en elementos, detallando cómo han sido programados y diseñados, cuál es su función y que objetivos se busca con cada uno de ellos.

▪ **CAPÍTULO 7. IMPLANTACIÓN DE LA HERRAMIENTA Y ANÁLISIS DEL CUMPLIMIENTO DE REQUERIMIENTOS.**

En el séptimo capítulo, se desarrolla la última etapa de la elaboración del proyecto, en la que se detalla su presentación al cliente y su posterior implantación y puesta en funcionamiento en la empresa.

Por último, se realiza una evaluación de satisfacción de los requerimientos del cliente a fin de conocer el nivel de éxito obtenido con el resultado final.

▪ **CAPÍTULO 8. ESTIMACIÓN DEL COSTE ECONÓMICO DE LA HERRAMIENTA.**

En el octavo capítulo, se estima el coste neto total que ha supuesto para la empresa el desarrollo e implantación de la herramienta digital. Para ello se desglosan y cuantifican en costes por actividades y en costes asociados al proceso de amortización de los activos empleados.

▪ **CAPÍTULO 9. CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS.**

En el noveno y último capítulo, se detallan, por un lado, las conclusiones obtenidas del desempeño de este Trabajo de Fin de Grado y del proyecto realizado en la factoría de Michelin. Por otro lado, se proponen una serie de líneas de mejora que incrementen la utilidad del mismo.



# CAPÍTULO 2. EL GRUPO MICHELIN.

## 2.1 El Neumático.

Se puede definir el neumático como un elemento con forma toroidal elaborado con una serie de constituyentes químicos y textiles que, colocado en las llantas de un vehículo, asegura su contacto con el suelo y posibilita su control y sus movimientos. Posee una estructura extremadamente compleja que siempre ha estado en constante evolución para poder adaptarse a los cambios de la sociedad y asegurar la seguridad de sus clientes.

El neumático debe soportar la carga del vehículo, guiándolo a voluntad del conductor y transmitiendo al suelo de manera sencilla los esfuerzos de arranque y frenado.

### 2.1.1 Composición del Neumático.

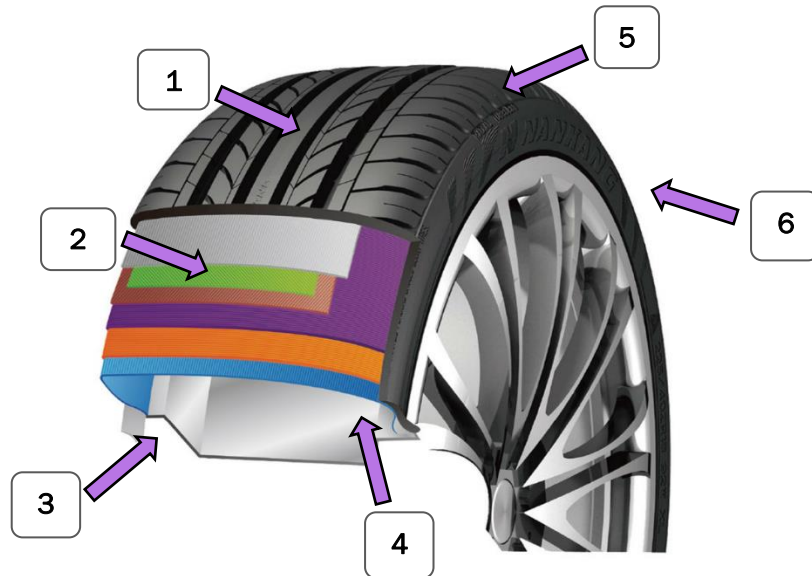
Los componentes textiles integrantes del neumático presentan una compleja estructura fruto de la mezcla de múltiples elementos. Se pueden considerar como principales los desarrollados a continuación:

- **Elementos Minerales.**  
Destacando el azufre, encargado del proceso de vulcanización necesario para la fabricación de las gomas.
- **Polímeros Naturales o Sintéticos.**  
El caucho es uno de los elementos indispensables en la composición del neumático, siendo este natural si procede del árbol hevea o sintético si se fabrica a partir de elementos petrolíferos. Actualmente, el porcentaje de caucho sintético empleado en un neumático es superior al del caucho natural ya que presenta una mejor adherencia al pavimento. Pero el uso de un tipo u otro dependerá principalmente del modelo de neumático fabricado, pues en general, el caucho natural es más resistente a la abrasión y el caucho sintético proporciona buenas propiedades adherentes.
- **Elementos Textiles o Metálicos.**  
Se emplean cables textiles y metálicos para proporcionar al neumático su geometría y estructura interna. Son los encargados de soportar la carga del vehículo y asegurar así una mayor duración del producto.
- **Compuestos Químicos de Refuerzo.**  
Se emplea, por un lado, el negro de carbono, que es un subproducto del carbono que proporciona al neumático una gran resistencia al desgaste. Además, es el responsable de su color característico.  
Por otro lado, también es usada la sílice, que actúa evitando posibles desgarros de la goma.

La compleja composición del neumático varía en función del tipo o de la misión que este tenga, pero en general, intervienen en ella, aproximadamente 200 materias primas diferentes.

### 2.1.2 Estructura Morfológica del Neumático.

En la **Figura 2** se muestran enumeradas las partes más elementales de la morfología del neumático que, a pesar de los innumerables modelos diferentes que se fabrican, su estructura básica es prácticamente la misma para todos.



**Figura 2.** Morfología del Neumático.

#### 1) La Banda de Rodadura.

Elemento más exterior del neumático y que por estar en contacto continuo con el pavimento, debe cumplir una serie de características y propiedades muy específicas que garanticen la seguridad del conductor.

Es el encargado de aportar resistencia al desgaste, una correcta adherencia al suelo y garantizar las maniobras de los vehículos. Además, es el elemento sobre el que se imprime el característico dibujo del neumático, que en realidad es un sistema de canales para la evacuación del agua en caso de malas condiciones climáticas.

#### 2) La Carcasa.

Formada por varias capas de tejido reforzado con fibras o cables metálicos y textiles. Conforman el verdadero esqueleto del neumático, favoreciendo su forma y resistencia, así como la capacidad de transmisión de los movimientos del vehículo.

### 3) El Aro o Alambre de Talón.

El talón es el encargado de la sujeción de la llanta al neumático. Está constituido por distintos elementos entre los que destacan los aros de acero, capaces de soportar un altísimo esfuerzo sin deformarse.

### 4) El Revestimiento de la Zona Interior:

Esta capa es la encargada de asegurar el hermetismo del aire en los neumáticos y evitar que se generen pérdidas de presión. Los neumáticos convencionales pudieron prescindir de la cámara de aire gracias a este elemento.

### 5) El Hombro.

Actúa como puente de unión entre la banda de rodadura y el flanco, protegiendo a este último de impactos. Es capaz de proporcionar agarre al suelo cuando la banda de rodadura se encuentra inservible.

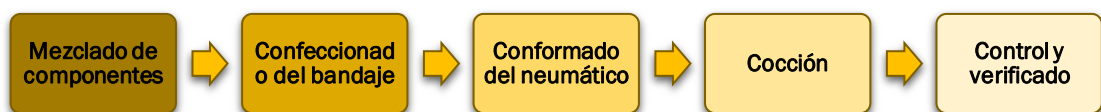
### 6) El Flanco.

Elemento situado en la zona lateral del neumático que, gracias a su flexibilidad y espesor protege al neumático de roces, ataques químicos y abrasión. Además, lleva impreso el código dimensional del neumático.

En último lugar, el elemento común a todos los neumáticos y sin el que no sería posible su comercialización, es el código de dimensionado. Dicho marcaje se sitúa, tal y como se ha comentado, sobre el flanco. Este código es internacional y define las características básicas del mismo, como su anchura, radio o capacidad de carga.

## 2.1.3 Proceso de Producción de un Neumático.

Se procede ahora, a descomponer el proceso productivo de un neumático en sus etapas más elementales (ver **Figura 3**), que se definirán a continuación.



**Figura 3.** Etapas del Proceso Productivo de un Neumático.

### 1º. Mezclado de Componentes.

El primer paso para la fabricación de un neumático comienza con la mezcla de todos los componentes metálicos, químicos y textiles mencionados anteriormente. Esta mezcla permite obtener las tintas gomadas y telas de color negro que se emplearán en la etapa posterior para confeccionar el neumático. Las propiedades que se suministran al neumático están directamente relacionadas con las proporciones de cada componente añadido a la mezcla.

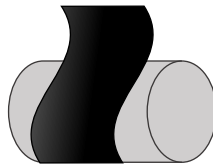
Esta es la etapa más importante, pues solo a partir de una mezcla realizada correctamente, se puede asegurar al neumático las propiedades que garanticen la seguridad del cliente.

## 2º. Confeccionado del Bandaje.

Esta segunda etapa consiste en el montaje de las distintas capas de goma y productos semi terminados obtenidos en la etapa anterior. Los elementos se superponen sobre una máquina giratoria con forma cilíndrica, siguiendo un orden y unas medidas estrictas para asegurar la fiabilidad del neumático.

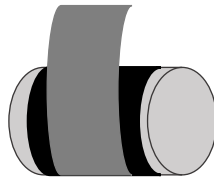
El orden de colocación de materiales es el siguiente:

Se comienza colocando la goma interior, que es hermética y se encarga de asegurar la presión de aire adecuada en el neumático (véase **Figura 4**).



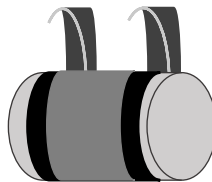
**Figura 4.** Colocación de la Goma Interior.

En segundo lugar, se superponen una serie de capas reforzadas con fibras textiles o metálicas (ver **Figura 5**).



**Figura 5.** Colocación de las Capas Reforzadas.

A continuación, se sitúan dos capas estrechas de goma, una a cada lado y un resistente aro metálico encima de cada una de ellas (**Figura 6**). Dichas gomas se darán la vuelta para envolver a los aros creando así la que será la unión del neumático con la llanta posteriormente.



**Figura 6.** Colocación de los Aros Metálicos.

En último lugar, se colocan el resto de los elementos del neumático encargados de mejorar sus propiedades y protegerlo de agresiones exteriores, como son los flancos laterales o las gomas de relleno.

Todos los elementos empleados para la confección del neumático son extremadamente adhesivos, por lo tanto, se pegan unos a otros por presión y no es necesario el uso de ningún otro elemento adicional que los una.

### **3°. Conformado del Neumático.**

El conformado es el proceso que proporciona al neumático su forma tórica característica. En esta etapa, mediante presión, y de manera simultánea, se van aproximando los aros e inflando el tambor cilíndrico hasta alcanzar la dimensión deseada.

Una vez ha alcanzado la nueva forma, se fabrica la carcasa del neumático a través de un intercalado de telas y lonas reforzadas con hilos. Dichas telas se superponen asegurando que sus hilos forman un ángulo determinado al colocarlos unos sobre otros, lo que proporciona al neumático una estructura mucho más estable y rígida.

En último lugar, se deben colocar los elementos más exteriores del neumático, que como se ha comentado en 2.1.2 Estructura Morfológica del Neumático., son la banda de rodadura, colocada en primer lugar y los flancos, colocados a continuación.

Durante la etapa de la conformación, los distintos elementos textiles se deberán montar evitando la entrada de aire entre cada capa, para asegurar que, durante la vida útil del mismo no pueda producirse ninguna rotura o reventón.

El producto final que se obtiene se denomina neumático verde o no vulcanizado.

### **4°. Cocción del Neumático.**

En última instancia, el neumático debe someterse al proceso de vulcanización, en el que se calienta el azufre junto con el caucho para que este pase de estado plástico a elástico.

Para ello, la cubierta se introduce en un molde que posee una membrana en su interior. Dicha membrana cuenta con un circuito interno por el que se hace circular agua a presión, haciendo que esta se hinche.

Una vez introducido el neumático, se cierra el molde y se comienza a llenar la membrana de agua que se expande haciendo que la goma del neumático se estire y se comprima contra las paredes interiores del molde. Es en este proceso de compresión, donde la banda de rodadura adquiere el dibujo y el marcaje definitivo.

El tiempo de cocción y temperatura en la prensa depende del tipo de neumático fabricado y de las características finales que queramos proporcionarle. Pero en general, se emplea una temperatura de cocción que ronda los 150° C.

Una vez cocido, el neumático se extrae del molde y le hace atravesar por un circuito de refrigeración hasta que llega a la zona donde es almacenado.

### **5º. Control y Verificación.**

El producto terminado debe pasar un proceso de verificación que asegure su correcta calidad y propiedades. Para ello, es sometido una serie de pruebas, entre las que destacan:

- Prueba de control de aspecto, en la que se analiza visual y manualmente si existen desperfectos en la cubierta o si falta algún elemento o material en el neumático.
- Prueba de rodaje, en la que se aísla el neumático y se le hace rodar sobre un elemento cilíndrico, que simula el pavimento de la carretera para observar su comportamiento.
- Prueba de escáner con rayos X, en la que se analiza la estructura de una muestra de una tirada concreta de neumáticos, en busca de fallos o problemas de la cubierta que no pueden ser localizados a simple vista.

Una vez el neumático haya superado con éxito todas las pruebas de control de calidad, es enviado a la zona de almacenaje donde esperará a ser enviado al cliente.

En particular, el enfoque y desarrollo de este Trabajo de Fin de Grado se sitúa sobre la segunda y tercera etapa del proceso de producción del neumático, esto es, sobre el confeccionado y conformado del neumático.

## **2.2 El Grupo MICHELIN.**

### **2.2.1 Origen e Historia.**

Su fundación se produce en la ciudad francesa de Clermont-Ferrand en el año 1889 por los hermanos Édouard y André Michelin, tras haber heredado un pequeño taller dedicado a la fabricación de piezas con caucho.

No obstante, el verdadero éxito de estos hermanos llega en el año 1891, gracias a un ciclista que requería de sus servicios en el taller. Los hermanos Michelin se encuentran con la dificultad de reparar una llanta neumática que se había pinchado, debido a la imposibilidad de desmontarla de la bicicleta.

Este suceso fue suficiente para que más adelante Édouard y André Michelin desarrollaran y patentaran un neumático desmontable para bicicletas, con el propósito de reducir considerablemente el tiempo de reparación de estas. De hecho, la mejora fue tan notoria que los ciclistas no tardaron en incorporar este nuevo tipo de neumático a sus bicicletas.

Este hecho, supuso un antes y un después en la movilidad urbana, que alcanzó su máxima expresión con la comercialización, en 1896, de ese tipo de neumático para vehículos.

### 2.2.2 Recorrido Histórico del Grupo.

Desde su origen, Michelin ha sabido adaptarse siempre a los cambios y requerimientos de la sociedad gracias al afán de innovación que André y Édouard Michelin poseían. Esta pasión por la innovación y el progreso, que se ha mantenido hasta el día de hoy, ha quedado patente a lo largo de su historia.

En primer lugar, durante los años coincidentes con la Primera Guerra Mundial, Michelin dedicó todos sus esfuerzos a la fabricación de aviones Breguet y pistas de despegue para facilitar su utilización (Michelin., 2021).

En segundo lugar, una década más tarde, sacó al mercado un neumático especial de monorraíl dotado de un aro guía, capaz de rodar cómodamente y soportar todo el peso del vehículo. Esta invención dio paso al nacimiento del MICHELIN, un auto raíl montado sobre neumáticos (ver Figura 7).



Figura 7. Publicidad del MICHELIN. Fuente. (Michelin., 2021)

Ahora bien, su verdadero motor de expansión fue la creación del neumático radial, uno de los mayores hitos de la historia del neumático, que se comercializó en 1946 bajo el nombre de MICHELIN X (Figura 8). La invención de la tecnología radial, empleada hoy en día, supuso un auténtico avance en cuanto a propiedades se refiere, pues permitía reducir considerablemente el consumo de carburante del vehículo y recorrer el cuádruple de kilómetros que antes.

Ese hecho histórico, profirió a la empresa un prestigio que lo ha convertido, hoy, en uno de los mayores fabricantes de neumáticos del mundo.





**Figura 8.** Publicidad de los Neumáticos MICHELIN X. Fuente. (Michelin., 2021)

Desde entonces y hasta la actualidad, la expansión ha sido continua, permitiendo la instalación y apertura de nuevas fábricas alrededor del mundo y creciendo económicamente año tras año.

### 2.2.3 Michelin en España.

La primera toma de contacto entre España y el Grupo Michelin se produjo en 1902 con la introducción de sus productos en el mercado español. Dos años más tarde, y a partir de la construcción de almacenes en Barcelona y Bilbao, el crecimiento del grupo ha sido exponencial.

Según el último informe anual publicado por MEPSA (**Michelin, 2021**), 7278 personas trabajan para la empresa en España, habiéndose convertido este, en un país de referencia en cuanto a producción.

El grupo tiene presencia actualmente en 8 localidades distintas repartidas por toda la península y coordina las necesidades de España, Andorra y Portugal.

#### 2.2.3.1 Almería. Centro de Experiencias (CEMA).

El CEMA (Centro de Experiencias Michelin Almería) (ver **Figura 9**) comenzó su actividad en 1973 y actualmente es uno de los centros de experimentación más importantes del grupo a nivel mundial, donde se ponen a prueba numerosas líneas distintas de neumáticos. Fue escogido por su amplitud de terreno y sus condiciones climatológicas, consideradas muy favorables para el desempeño de los ensayos.



**Figura 9.** Centro de Experiencias en Almería. Fuente. (Michelin, 2021).

### 2.2.3.2 Illescas. Centro de Distribución.

Toda la logística interna de la empresa es gestionada desde el centro de distribución situado en Illescas (**Figura 10**), en la ciudad de Toledo. Desde allí, se organiza el transporte de la producción para España, Andorra y Portugal a través de una red de distribución específicamente diseñada para poder asegurar el suministro de cualquier pedido en menos de 24 horas.



**Figura 10.** Centro Logístico en Illescas. Fuente. (Michelin, 2021).

### 2.2.3.3 Madrid. Dirección Comercial.

La dirección comercial de la empresa fue instalada en España en 1909 y desde entonces, ha sido la encargada de gestionar y coordinar todas las actividades relativas a las ventas y la clientela de España, Andorra y Portugal (véase **Figura 11**). Hasta este mismo año, la Dirección Comercial era también la Sede Social del grupo, que actualmente se ha trasladado a la planta de producción de Valladolid.



**Figura 11.** Dirección Comercial en Madrid. Fuente. (Michelin, 2021).

### 2.2.3.4 Lasarte. Planta Industrial.

Se encuentra situada muy próxima a la ciudad de San Sebastián, y es la fábrica más antigua del Grupo MEPSA en España (**Figura 12**). A lo largo de su historia ha fabricado una gran variedad de productos, pero en la actualidad se ha centrado en la producción de neumáticos de moto, tanto para uso urbano como para uso de competición.

Su larga trayectoria, le ha permitido convertirse en un centro de gran importancia a nivel mundial, con una cifra de exportación del 90% aproximadamente.



**Figura 12.** Fábrica Michelin en Lasarte. Fuente. (Michelin, 2021).

### 2.2.3.5 Vitoria. Planta Industrial.

Está considerada la fábrica más importante del Grupo en España por el elevado porcentaje de producción que representa sobre el total mundial y llegando a alcanzar hasta el 50% de la producción total en España (**Figura 13**). En la actualidad, la actividad industrial de Vitoria se enfoca, casi en su totalidad, en la fabricación de neumáticos de Ingeniería Civil y obras públicas.



**Figura 13.** Fábrica de Michelin en Vitoria. Fuente. (Michelin, 2021).

### 2.2.3.6 Aranda de Duero. Planta Industrial.

Es instalada en la localidad en 1970 y a partir de 1995 se convierte en una fábrica especializada en neumáticos de camión, siendo actualmente una de las fábricas más importantes a nivel mundial (ver **Figura 14**). Cuenta, además, con una línea de neumáticos de metro.





**Figura 14.** Fábrica Michelin en Aranda de Duero. **Fuente.** (Michelin, 2021).

### 2.2.3.7 Valladolid. Planta Industrial y Sede Social.

Comenzó su actividad en el año 1973 y a pesar de ser la fábrica instalada en España más recientemente, esta planta industrial contaba con 1616 empleados en 2020 (ver **Figura 15**). Hay que mencionar, además, que en el año 2021 el domicilio social de MEPSA se trasladó de la Dirección Comercial en Tres Cantos (Madrid) a esta factoría, convirtiendo a Valladolid en una de las fábricas de más importancia en España.



**Figura 15.** Fábrica Michelin en Valladolid. **Fuente.** (Michelin, 2021).

Sus amplias instalaciones de 750.000 m<sup>2</sup> de terreno (145.000 m<sup>2</sup> construidos) incluyen, en primer lugar, el departamento de Oficinas Generales (O.G) donde se desempeñan todas las tareas y actividades asociadas a la dirección de la empresa a nivel España, Andorra y Portugal.

En segundo lugar, el desarrollo de su actividad industrial se centra en tres líneas concretas de producción:

- **Neumáticos para Vehículos Agrícolas (AG).**

Esta línea de producción comenzó en 1975 y actualmente se ha establecido como la línea de neumáticos agrícolas de mejores prestaciones a nivel mundial. Esto se traduce en que aproximadamente la mitad de la producción se exporta al extranjero.

El taller de neumáticos agrícolas está dotado de todos los equipos y sistemas necesarios para poder desarrollar el proceso productivo al completo, esto es, desde la mezcla de componentes hasta la verificación del neumático agrícola terminado.

Tal y como se ha mencionado anteriormente, el trabajo desarrollado en el presente documento está ligado a esta línea de producción.

- **Neumáticos para turismo de gama de gama media-alta y de invierno (TRM).**

Para la fabricación de este tipo de neumáticos, Michelin cuenta con sistemas automatizados capaces de trabajar simultáneamente a gran velocidad.

- **Renovado de cubiertas de camión (RCM).**

Esta línea es la encargada del renovado de los neumáticos de camión, concretamente del modelo de neumático MICHELIN Remix, para transformarlos en neumáticos con prácticamente las mismas prestaciones que uno recién fabricado.

Para poder ser sometido a este proceso, el neumático en cuestión debe cumplir una serie de requisitos mínimos de calidad para asegurar que, tras su transformación, se sigue asegurando la seguridad e integridad del cliente.

Una vez haya superados los controles iniciales de calidad, mediante la aplicación de goma caliente se reparan aquellas grietas o desgastes que presente el neumático.

## 2.3 Proceso de Fabricación Ensamblado.

Llegados a este punto y dado que es el proceso que nos ocupa en el presente documento, se va a detallar en profundidad la actividad desempeñada en el taller de ensamblado agrícola y las máquinas que intervienen en ella.

En el taller de ensamblado se desarrollan dos actividades principales y secuenciales, es decir, para llevar a cabo la segunda se necesita haber realizado previamente la primera. Dichas actividades son en primer lugar, la confección del neumático y, en segundo lugar, el conformado de este, que se

corresponden con la segunda y tercera etapa del proceso completo de fabricación de un neumático (véase **Figura 3**).

Cabe destacar que el proceso de producción de cada máquina se encuentra claramente definido por etapas. Cada etapa se corresponde con una operación de fabricación concreta, cuya duración dependerá en gran medida del operario.

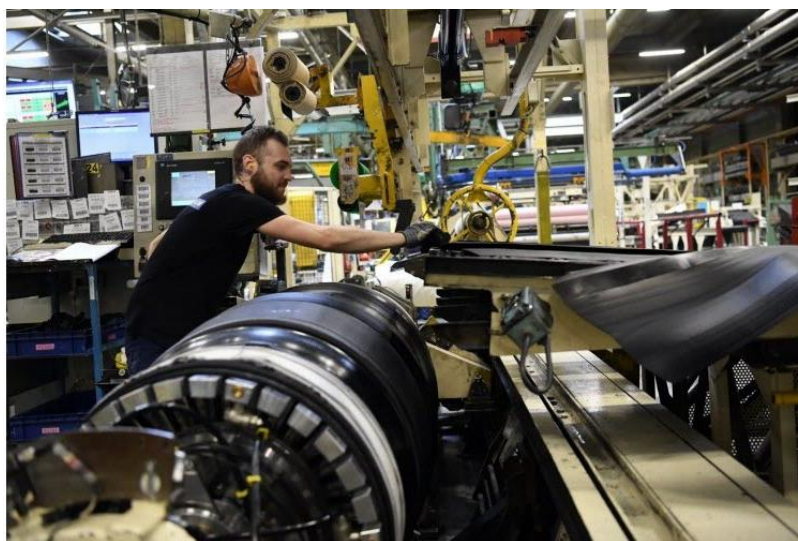
### 2.3.1 Confección del Neumático.

Durante la etapa de confección del neumático, el operario debe colocar superpuestas las distintas telas de goma y los productos provenientes de la etapa de mezclado. El resultado final de esta fase es un elemento cilíndrico compuesto por multitud de productos textiles que pasará a la siguiente etapa donde adquirirá la forma habitual del neumático.

#### 2.3.1.1 Máquina PAP.

Para confeccionar un neumático se emplea una máquina, que hemos designado con las siglas PAP.

La máquina PAP está constituida por una mesa metálica circular aprovisionada con los elementos textiles y un tambor cilíndrico giratorio (ver **Figura 16**).



**Figura 16.** Máquina PAP. Fuente. (C.R., 2018).

- **Mesa Metálica de Aprovisionamiento.**

La PAP cuenta con una gran mesa metálica circular cuya estructura está anclada a un plataforma del suelo que le permite girar a voluntad del operario. La mesa está siempre aprovisionada con todos los materiales necesarios que se emplean durante la etapa de confección.

Para asegurar la estandarización del proceso, dichos materiales tienen asociado un puesto fijo en la mesa, de modo que el operario siempre puede

saber si hay algún material que se está terminando o falta algún textil de aprovisionar.

- **Tambor Cilíndrico Giratorio.**

El elemento principal de la PAP es un mecanismo cilíndrico giratorio que se encuentra suspendido a una cierta altura del suelo. Sobre este cilindro el operario va superponiendo los distintos elementos textiles a medida que el proceso de fabricación lo va requiriendo.

Se encuentra situada justo delante de la mesa de aprovisionamiento, por lo que el operario no necesita desplazarse por el puesto durante el proceso de fabricación.

### **2.3.1.2 Proceso de Fabricación en la PAP.**

En primera instancia, al iniciar el ciclo de fabricación la mesa se encuentra aprovisionada con todos los materiales que se van a emplear durante el proceso.

El primer elemento colocado es una tela de caucho estanca que debe ir correctamente colocada pues es la que actúa como cámara de aire del neumático y soporta todo la carga del mismo. A medida que el operario va colocando el material, el elemento cilíndrico va girando para facilitarle el trabajo. Una vez se termina de colocar, la mesa gira hasta situar el siguiente elemento en la posición correcta para la próxima operación.

En segundo lugar, se colocan por superposición un conjunto de telas de goma cuya función es aportar rigidez y estabilidad al neumático. Estas gomas se pegan unas a otras con gran facilidad realizando una operación de presión manual.

Después, el operario coloca dos tiras estrechas de goma. Estas tiras son muy gruesas dado que, a continuación, deben colocarse los aros metálicos del neumático que son otro de los elementos más importantes de su estructura interna dado que proporcionan la estabilidad direccional de este.

Una vez están colocados los aros, se debe dar la vuelta a parte de la tela para envolver al aro y que este quede completamente integrado en el interior de las telas. Por último, se colocan las gomas más exteriores del neumático que son las encargadas de protegerlo de las agresiones más externas, entre las que encontramos el flanco lateral.

Colocados todos los materiales, el resultado final es un neumático sin conformar, es decir, una estructura de goma rígida con forma de cilindro. El operario debe evacuar dicha estructura, denominada carcasa y situarla en otro tambor giratorio donde esperará a ser utilizado en la siguiente etapa, el conformado.

## 2.3.2 Conformado del Neumático.

Con respecto a esta tercera etapa del proceso de producción del neumático, se debe destacar que es la fase en la que este adquiere la forma de toroide que lo caracteriza. Como producto final, se obtiene un neumático crudo, es decir, un neumático que cuenta con la totalidad de componentes, materiales y telas necesarias pero que aún no ha sido cocido.

Se detalla a continuación, de manera minuciosa, todo el proceso de conformado de un neumático y las partes y elementos de las máquinas empleadas para ello.

### 2.3.2.1 Máquina BNS.

El conformado de un neumático se lleva a cabo en una máquina que hemos denominado “BNS”.

La máquina BNS posee una compleja estructura que cuenta con una gran membrana cilíndrica flexible, una mesa aprovisionada con todos los materiales y telas necesarias y un sistema de traslación del neumático al final del proceso.

- **Membrana de Hinchado.**

La membrana es un elemento de goma que, gracias a su flexibilidad, se hincha y deshincha a voluntad del operario. Cuenta con un sistema interno de tuberías que viajan por el subsuelo y se encargan de suministrar aire en el momento de hinchado del neumático. Posee, a su vez, un eje central que la permite girar durante todo el proceso de conformación.

La membrana se encuentra suspendida a una cierta altura del suelo, la suficiente para que el operario sea capaz de trabajar colocando las telas sin que el neumático corra el riesgo en ningún momento de rozarse con el suelo.

- **Mesa de Aprovisionamiento.**

Se trata de una mesa metálica circular, sobre la que se encuentran, enrolladas en bobinas, todas las telas que el operario debe colocar sobre el neumático. Con el fin de estandarizar el proceso, la mesa se encuentra dividida en distintos puestos, al que se le asigna un número y material concreto que no varía nunca. Cuenta a su vez con un sistema de rotación que permite que esta gire hasta que la tela deseada se sitúe delante del neumático para su puesta.

Las bobinas de la mesa de aprovisionamiento se deben remplazar cuando el material se haya terminado. Para ello, existe una plataforma externa que permite al operario situarse a una altura superior a la mesa y remplazar las bobinas vacías por bobinas llenas.



- **Sistema de Traslación del Neumático.**

Para la evacuación final del neumático, la BNS posee un sistema simple de traslación con vías por el suelo que permite que el tambor donde descansa el neumático se mueva en línea recta hacia la posición de evacuación.

### 2.3.2.2 Proceso de Fabricación en la BNS.

En primer lugar y tras terminar el proceso previo de confeccionado, se introduce la membrana de la BNS en el interior de la carcasa. Dicha membrana está conectada a un sistema interno de tuberías, a través del cual se suministra aire en unas condiciones de presión específicas que permiten hinchar la membrana correctamente. El hinchado se realiza de manera simultánea a un movimiento de compresión, que va aproximando los aros entre sí e inflando el neumático hasta obtener el diámetro deseado (véase **Figura 17**). A partir de este momento, el neumático ya posee la forma toroidal que lo caracteriza.



**Figura 17.** Conformado del Neumático. Fuente. (Motor.es, 2017).

Tras alcanzar la dimensión deseada, comienza la puesta de elementos textiles. La mesa, que al inicio del proceso se encuentra completamente aprovisionada, gira a medida que el operario va colocando e intercalando las telas reforzadas con hilos y los respectivos elementos de unión entre ellas. Las telas se superponen de manera que los hilos se encuentren oblicuos entre sí, generando, así, el verdadero esqueleto radial del neumático.

El número de telas y elementos utilizados es variable según el modelo que se esté llevando a cabo y siempre de deben colocar evitando la entrada de aire entre cada uno de ellos.

Como última parte de la fase de conformación, se colocan de la misma manera, la banda de rodadura y los flancos.

Colocados todos los elementos, el operario activa el sistema de traslación del neumático, acercando y volcando a este, sobre una cinta transportadora situada

en el suelo. La cinta conecta directamente con la zona de cocción, donde allí será recogido y cocido en las prensas.

# CAPÍTULO 3. INDUSTRIA 4.0.

## 3.1 Introducción.

El desarrollo y la evolución sin precedente que han sufrido las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TICs) en los últimos años ha modificado por completo la situación de la industria. Según estima Arne von See, durante el año 2021 se crearon y capturaron 79 *zettabytes* (1 *zettabyte*= $10^{21}$  bytes) de información en todo el mundo, y se espera que para 2022 ese dato aumente un 22% aproximadamente (**von See, 2021**). Por ello, es de vital importancia la integración total de la industria a este nuevo escenario, adaptando sus sistemas e introduciéndose de lleno en la digitalización.

Tal y como reflexionan Antoni Garrel Guiu y Llorenç Guilera Agüella: “En esta larga batalla no va a ganar el mejor, ni el más fuerte, sino aquel que se adapte mejor a las circunstancias.” (**Guiu Garrell & Guilera Agüera, 2019**).

## 3.2 Industria 4.0. Origen, Evolución y Conceptos.

La Cuarta Revolución Industrial o, como se va a nombrar en adelante en este documento, Industria 4.0, ha llegado para quedarse y está comenzando a desbancar todo lo anteriormente conocido. El origen de este término se remonta a la feria alemana de tecnología industrial de Hannover celebrada en 2011, donde se presenta este concepto como un nuevo hito de la industria cuya esencia es incorporar todos los procesos industriales en un entorno cimentado sobre herramientas tecnológicas y digitales.

La Industria 4.0 plantea esta revolución industrial como un modelo de manufactura informatizada cuyos procesos se encuentran interconectados a través del uso del *Internet of Things* (IoT), y el *Industrial Internet of Things* (IIoT) (**López, 2020**).

Para comprender mejor el presente capítulo y esclarecer su información, se definen a continuación los términos más elementales asociados al origen de la Industria 4.0:

- **Internet de las Cosas (IoT).**

Originalmente denominado *Internet of Things* (IoT), este término se entiende como una red de objetos inteligentes capaces de autoorganizarse y compartir información entre sí, reaccionando y actuando ante situaciones y cambios en el entorno (**Madakam, Ramaswamy, & Tripathi, 2015**). Los expertos consideran que actualmente, es posible interconectar cualquier dispositivo que contenga un botón de apagado y encendido (**Cabrera, Rodríguez Pérez, León González, & Medina León, 2020**).

A propósito del IoT surge el concepto *Machine to Machine* (M2M) o “Comunicación entre Máquinas” entendido como la comunicación independiente entre dos máquinas para intercambiar datos.

- **Internet Industrial de las Cosas (IIoT).**

Considerado como un subtipo de IoT, el llamado *Industrial Internet of Things* (IIoT) es en definitiva la orientación de este tipo de tecnología a un entorno industrial. El IIoT es un sistema compuesto por elementos inteligentes e interconectados que permiten en tiempo real acceder y analizar la información de procesos en el medio industrial.

- **Macrodatos (Big Data).**

Referido al tratamiento de conjuntos de datos que, por su incalculable tamaño, las aplicaciones tradicionales son incapaces de analizar. Asimismo, el Big Data puede entenderse también como la búsqueda y desarrollo de sistemas capaces de tratar y procesar esa información para convertirla en conocimiento útil.

- **Inteligencia Artificial (IA).**

Busca crear sistemas a imitación de la inteligencia humana, es decir, con capacidad de razonar antes distintas situaciones de manera lógica y aprender de ellas.

- **Sistemas ciber-físicos (CPS).**

Si se integran todos los conceptos anteriormente mencionados, el resultado es un sistema capaz de almacenar y procesar información que puede relacionarse con el mundo físico.

### 3.2.1 Hacia la Digitalización Industrial.

Si nos ajustamos a una definición conceptual pura, la digitalización se entiende como el proceso de transformación de las señales analógicas a señales digitales que, en otras palabras, es la conversión de la información a ceros y unos (Huidobro, 2014).

La realidad es que fue a finales del siglo XX y a partir de la Tercera Revolución Industrial cuando se comenzó a escuchar hablar de este término. Las innovaciones y el desarrollo de las TICs propiciaron la aparición de multitud de dispositivos inteligentes como los controladores lógicos programables (PLCs), las máquinas de control numérico (CN) o los robots de uso industrial, que, con el transcurso de los últimos años, han evolucionado y mejorado hasta convertirse en los aparatos hiperconectados con los que convivimos en la sociedad actual.

Dicho lo anterior, al proceso de transformación digital se le pueden procurar distintas interpretaciones en función del contexto en el que se encuentre. Pero enfocado desde la perspectiva de una planta industrial o manufacturera, podemos acogernos a la descripción que dan Miguel Ángel Fernández y Roberto Pajares (**Fernández & Pajares, 2017**): “Cuando hablamos de digitalización del mundo industrial nos referimos a una visión de la fabricación con todos sus procesos interconectados mediante Internet de las Cosas (IoT), con una interfaz de usuario simplificada y orientada al trabajo de campo, con información en *real-time* que agilice la toma de decisiones a cualquier nivel”.

Ahora bien, es necesario subrayar que los datos generados en una empresa no tienen significado por sí mismos. Dicho de otra manera, son mera información descontextualizada, a menudo denominada como *raw data* (datos crudos), término que se refiere a esa ausencia de valor propio o significado. Por consiguiente, se hace necesario el uso de un sistema capaz de procesar esos datos aislados, proporcionándolos un contexto y transformándolos en información con significado único y relevante para la empresa (**Cobarsí-Morales, 2011**).

### 3.3 Sistemas de Información (SI).

El conjunto de componentes orientados a conseguir la administración de datos y su procesamiento es un Sistema de Información (SI). Su función principal pasa por proporcionar a los usuarios la recuperación y acceso sencillo y seguro a esos datos. Tal y como apunta Josep Cobarsí-Morales, los Sistemas de Información que se utilizan hoy en día se fundamentan en dos pilares tecnológicos: la digitalización de la información junto con su codificación binaria y la red de internet (**Cobarsí-Morales, 2011**).

Los SI se erigen alrededor de cuatro elementos principales:

- **Componente humano**, formado por los usuarios que acceden a su información y por los que lo mantienen y revisan.
- **Componente hardware**, formado por los dispositivos inteligentes utilizados en la recogida y almacenamiento de datos.
- **Componente software**, formado por las aplicaciones que procesan los datos.
- **Componente datos**, formado por la información final ya estructurada proporcionada por el SI.

#### 3.3.1 Origen de Datos.

Se comenzará por considerar el componente elemental de cualquier Sistema de Información: los datos. Su procedencia puede ser enormemente variada, pues como se ha dicho anteriormente, prácticamente cualquier dispositivo genera grandes cantidades de ellos. En el caso de una organización, se

considera que los datos en función de su origen pueden provenir de dos fuentes principales: fuentes internas o fuentes externas a la empresa.

### 3.3.1.1 Fuentes de Datos Internas.

En pocas palabras, engloban todo tipo de datos fruto del desempeño diario de la empresa. En líneas generales y dentro del marco en el que se desarrolla el presente documento, se debe considerar que casi la totalidad de los datos de origen interno son generados directamente a través de dispositivos inteligentes interconectados mediante el IIoT que han sido instalados en la planta industrial.

### 3.3.1.2 Fuentes de Datos Externas.

A fin de complementar a las anteriores, la empresa cuenta, además, con fuentes de datos que han sido generados en el exterior, es decir, en su entorno. En particular las fuentes externas de las que se nutren las empresas suelen ser de dos tipos claramente diferenciados:

- **Datos Abiertos.**

Comúnmente conocidos con el término *open data*, se refiere a información en bruto de libre disposición que está accesible para todo el mundo. Esta información debe ser reutilizable y carente de restricciones.

Según el último estudio realizado por el portal de datos de la Unión Europea ([Data.europa.eu](https://data.europa.eu), 2021), de entre los cuatro indicadores que evalúan los *open data* de un país, España es el quinto país con mayor calidad de datos abiertos, con 594 puntos respecto a los 610 que presenta el país que encabeza el ranking. De ahí que cada vez sean más utilizados los *open data* como fuente de datos segura para las empresas.

- **Datos Pagados.**

Procedentes de proveedores especializados o clientes. En muchas ocasiones, los datos son extraídos del *Data Marketplace* o Mercado de Datos, que es una plataforma de venta y compra de datos cuyo origen se debe al intento de dar una utilidad a las enormes cantidades de datos infrutilizados que se generan diariamente.

### 3.3.1.3 Bases de datos.

En lo referido a las fuentes de información, el elemento común a todas es la utilización de Bases de Datos (BD). Una base de datos es un conjunto de datos estructurados y relacionados lógicamente que se almacenan de forma sistemática cuyo propósito es satisfacer las necesidades de un conjunto de usuarios permitiendo que estos accedan a dicha información posteriormente ([Pulido Romero, Escobar Domínguez, & Núñez Pérez, 2019](#)).

En la actualidad existen multitud de BD diferentes que atienden a distintas necesidades, pero las más extendidas entre las empresas por su sencillez de uso y gestión son las siguientes:

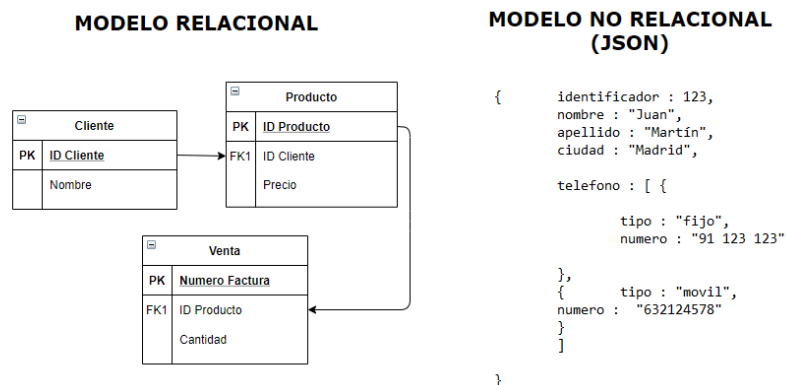
- **Base de Datos Relacional.**

Los datos se encuentran relacionados entre sí mediante tablas en las que cada fila está ligada a una ID única y en cuyas columnas se encuentran los atributos asociados a esos datos. Es por esto por lo que desaparece la redundancia de datos pues cada uno de ellos lleva asociada una identidad específica que lo diferencia de los demás.

Normalmente se constituyen mediante el Lenguaje de Consulta Estructurado o SQL (*Structured Query Language*) y se gestionan de manera sencilla a través de los llamados Sistemas de Gestión de Bases de Datos Relacionales (SGBDR).

- **Base de Datos no Relacional.**

En muchas ocasiones llamada Base de Datos NoSQL, surgen con el fin de evitar las dificultades que presentan las anteriores. Son mucho más sencillas, como se muestra en la **Figura 18**, puesto que no es necesario establecer ningún tipo de relación entre los datos, sino que estos están estructurados de forma textual.



**Figura 18.** Diferencia entre BD Relacional y BD no Relacional. Fuente. (Miteris., 2020).

A continuación, se va a examinar detalladamente cuáles son los procesos propios de la implantación de un Sistema de Información (SI) en una organización.



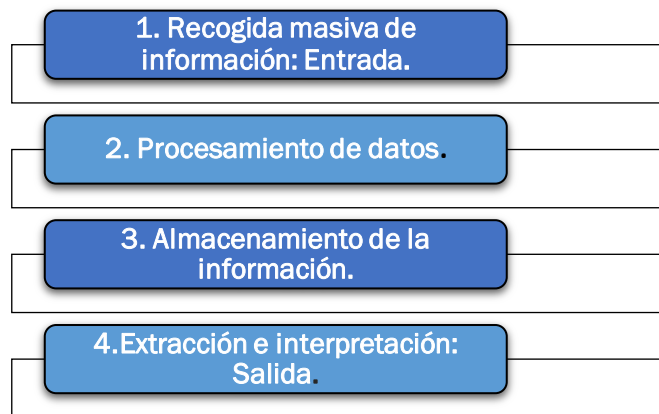


Figura 19. Procesos de un Sistema de Información.

En primer lugar, conviene subrayar que, una vez tomada la decisión de instaurar un SI en una organización, es necesario que esta realice previamente un ejercicio de introspección y autoconocimiento orientado a entender cuáles son las necesidades que se busca satisfacer y los objetivos estratégicos hacia los que se va a orientar la recogida y análisis de los datos. Esto es, se debe establecer el camino a seguir definiendo claramente la tecnología a implantar.

Dicho lo anterior, en la **Figura 19** se muestran las actividades básicas llevadas a cabo por un Sistema de Información atendiendo a su orden cronológico.

### 3.3.2 Entrada de Datos.

La captura masiva de datos se considera como un proceso completamente autónomo, que no necesita de la intervención humana y para el que se emplean diversos dispositivos de hardware (**Berganzo, 2021**). Dichos dispositivos, tales como sensores, PLCs o cámaras, se implantan en las distintas máquinas e instalaciones a fin de capturar ininterrumpidamente las señales para las que han sido programados. Como resultado se obtiene un registro histórico de datos cuyo crecimiento es constante.

Hay que subrayar que esta recogida de datos solo es posible gracias al *Internet of Things* (IoT) que genera en última instancia una comunicación *Machine to Machine* (M2M) (**García, 2019**), conceptos que se han definido previamente en 3.2 Industria 4.0. Origen, Evolución y Conceptos.

Las ventajas de implantar un sistema independiente que recoge datos en tiempo real son múltiples, destacando como significativas las siguientes:

- Acceso a la información desde cualquier dispositivo y en cualquier momento.
- Exactitud y veracidad de la información.
- Ahorro de tiempo y trabajo a las personas que se encargan de la toma de tiempos manual.

- Ayuda a la toma de decisiones y establecimiento de objetivos.
- Incremento de la productividad y eficiencia de los procesos derivado de todo lo anterior.

### 3.3.3 Procesamiento de Información.

Tras la recogida en bruto de datos, su procesamiento se realiza mediante algoritmos o técnicas de filtrado, que realizan cálculos preestablecidos para transformarlos en información comprensible y utilizable por el usuario.

### 3.3.4 Almacenamiento de Datos.

Finalmente, toda la información recopilada se debe almacenar de forma segura y permanente. Para ello existen multitud de métodos de almacenamiento, aunque en la actualidad los elementos físicos han dejado paso a los medios de almacenamiento virtual dado que su eficiencia y flexibilidad se impone ante cualquier otro método tradicional.

#### 3.3.4.1 Tecnologías de Almacenamiento.

Dejando de lado aquellas que ya están prácticamente obsoletas y centrándonos en las tecnologías asociadas a la transformación digital, destacan las siguientes:

- **Almacenamiento *Network Attached Storage* o NAS.**

Modo de almacenamiento que actúa como un disco duro permitiendo que distintos usuarios puedan acceder a la información que guarda y trabajar con ella (Ruiz Martinez, 2021). Posee una capacidad modificable y proporciona a la empresa disponibilidad absoluta y continua a la información.

- **Almacenamiento *Direct Attached Storage* o DAS.**

Es la conexión de módulos de almacenamiento externos directamente a un ordenador proporcionando al usuario un acceso y transmisión de la información mucho más veloz que el NAS (Ruiz Martinez, 2021).

- **Almacenamiento *Storage Area Network* o SAN.**

A través de este modo de almacenamiento se genera una red de dispositivos interconectados a nivel bloque, pudiendo conectar además distintos servidores independientemente de donde se ubiquen.

La diferencia fundamental entre un SAN y un NAS es que el primero se comporta a nivel bloque y el segundo a nivel archivo. Como resultado, su complejidad y coste se ven directamente influidos por esta condición, de donde se infiere que un NAS suele instalarse en PYMES y un SAN en grandes empresas con muchos servidores y una gran necesidad de almacenamiento.

- **Almacenamiento *Cloud Storage* o Almacenamiento en la Nube.**

Este método permite que la información se almacene online, esto es, en un área de Internet que normalmente está proporcionado por un proveedor. El tipo de almacenamiento en la nube se escoge en función de las necesidades o actividad desarrollada en la empresa, pudiendo ser este de infraestructura, de software o de plataforma:

- Almacenamiento IaaS (*Infrastructure as a Service*)

El proveedor facilita a la empresa toda su infraestructura de datos, desde su almacenamiento y procesamiento hasta el servidor (Ekon, 2020). De modo que la organización puede gestionar su propia estructura pagando únicamente por los servicios que usa.

- Almacenamiento SaaS (*Software as a Service*)

En este caso los softwares y herramientas informáticas empleadas en la empresa almacenan los datos en los servidores del administrador de esas herramientas, por lo que el mantenimiento del software corre por cuenta de dicho proveedor.

- Almacenamiento PaaS (*Platform as a Service*)

Se encuentra a medio camino entre los dos tipos anteriores. Por un lado, posee infraestructura como servidores y redes y, por otro lado, herramientas de mejora o de inteligencia de negocios entre otros (Azure, 2019). Dicho de otra forma, es un tipo de almacenamiento orientado al desarrollo de código para aplicaciones.

En líneas generales, el almacenamiento *cloud* es altamente favorable para una empresa, pues le permite pagar sólo por los servicios que emplea y ahorrarse las tareas de mantenimiento, que son realizadas por el propio proveedor.

### 3.3.5 Salida de Datos.

En último lugar, el Sistema de Información debe permitir al usuario la extracción y consulta de la información procesada y transformada en información útil. En ocasiones, esta salida de datos puede ser la entrada a otro sistema.

Tal y como resume Álvaro Ibáñez, primero se captura la información deseada, después las máquinas hablan unas con otras y, por último, se actúa sobre el mundo físico en base a lo que se quiere crear (Ibáñez, 2019).

Ahora bien, que esta información sea o no relevante para la empresa depende directamente del uso que se haga de la misma.

Llegados a este punto, deben introducirse dos términos enormemente vinculados al análisis de datos en tiempo real y que constituyen la base sobre

la que está apoyado el desarrollo de la herramienta digital que se presentará en el capítulo próximo. Estos conceptos son el *Business Intelligence* (BI) y el *Operational Intelligence* (OI).

### 3.4 Business Intelligence (BI).

A pesar de que el término *Business Intelligence* (BI) o Inteligencia de Negocio pueda ser considerado como un término fruto de la era informática en la que vivimos, la realidad es otra completamente diferente. Fue Hans Peter Luhn, un informático alemán, quién en 1958 publicó el artículo “*A Business Intelligence System*” que ya hacía mención a ese concepto (Conesa Caralt & Curto Díaz, 2011), aunque presentaba una definición ligeramente diferente al modo en el que se entiende hoy la inteligencia empresarial. Hans Peter Luhn entendía *business* como el conjunto de actividades desarrolladas con un propósito e *intelligence* como la capacidad de comprender las interrelaciones de los hechos y así orientar la acción hacia un objetivo deseado (Luhn, 1958). Así, contemplaba que “el sistema debe proporcionar información adecuada que apoye a las actividades realizadas, captando, difundiendo y almacenando nueva información” (Luhn, 1958).

Ahora bien, la manera en la concebimos hoy el BI se le atribuye a Howard Dresner, quien en 1989 lo describió como el conjunto de técnicas y conceptos de mejora de la toma de decisiones a través de sistemas de apoyo basados en la evidencia (Conesa Caralt & Curto Díaz, 2011).

De la misma manera en que la sociedad ha evolucionado, también lo ha hecho este concepto al que se le han atribuido multitud de definiciones similares. Estas coinciden en definir la inteligencia de negocio como el conjunto de técnicas y herramientas empleadas para la conversión de datos en información relevante y conocimiento que apoyen la toma de decisiones de una empresa y le permitan la obtención de ventajas competitivas.

Se debe añadir que la aplicación del *Business Intelligence* (BI) afecta a todos los niveles de la estructura empresarial de una organización.

- **Nivel Táctico.**

Las personas autorizadas acceden y tratan los datos generados empleando herramientas de análisis para obtener conocimiento y conclusiones.

- **Nivel Estratégico.**

La dirección estratégica de la empresa apoya su toma de decisiones en el conocimiento obtenido del análisis de datos. Se establecen los planes y medidas a seguir para afrontar las tendencias y problemática identificada.

- **Nivel Operativo.**

Los operarios tienen acceso a informes, hojas de cálculo y herramientas con los datos más actuales que les permiten trabajar en consecuencia.

Es de gran importancia asegurar que las decisiones fruto de un análisis BI sean correctas y beneficiosas, pues de no ser así podría tener un desenlace fatídico para la empresa. Dado que los datos provienen de fuentes muy distintas, tal como se ha comentado anteriormente, se necesita que el sistema de inteligencia de negocio los integre y conecte completamente a través de otro tipo de herramientas y técnicas.

Para ilustrar mejor la arquitectura real de un *Business Intelligence System (BIS)* se representa en la **Figura 20** su arquitectura y funcionamiento, integrando nuevos conceptos como el *Data Warehouse (DW)* o el *Data Mining (DM)* que se van a desarrollar en los siguientes apartados del presente capítulo.

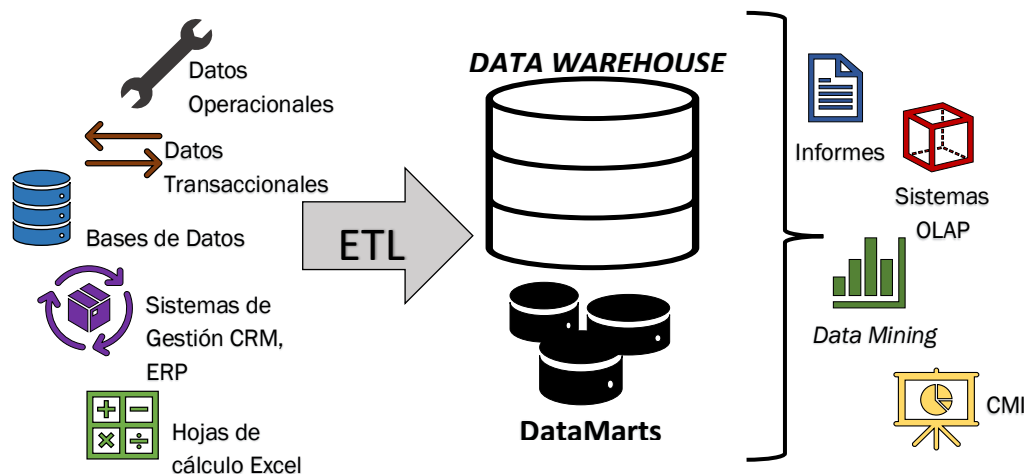


Figura 20. Arquitectura del Business Intelligence.

Tal y como se ha expuesto en el apartado 3.3.1 Origen de Datos., las fuentes de datos de las que se nutre una organización son tan dispares que el desarrollo de un BIS se vuelve una tarea muy compleja. Puesto que los datos pueden tener distintas formas y estructuras, deberán ser depurados y transformados a un mismo formato para poder tratarlos.

### 3.4.1 *Data Warehouse (DW)*.

El concepto de *Data Warehouse (DW)* o “Almacén de Datos” se puede entender como un depósito de datos organizado que recoge los datos derivados de las distintas fuentes que nutren a la empresa. La particularidad de este depósito es que no está pensado para el uso inmediato de sus datos, sino más bien para un uso en el futuro.

Para Alveiro Alonso Rosado y Dewar Rico Bautista el *Data Warehousing* (Rosado Gomez & Rico Bautista, 2010) es el proceso de extraer datos de

distintas fuentes (internas y externas), para que una vez depurados y estructurados se almacenen en un robusto depósito de datos para el análisis del negocio. Normalmente, las empresas lo guardan en un servidor o en la nube facilitando que los gerentes lo utilicen para hacer análisis y tomar decisiones.

La posibilidad de almacenar los datos de una forma ordenada y limpia se debe a la ejecución previa de un proceso ETL. Dicho proceso es de suma importancia para entender la arquitectura interna de un BIS, por lo que será desarrollado en el posterior apartado.

#### 3.4.1.1 Data Mart (DM).

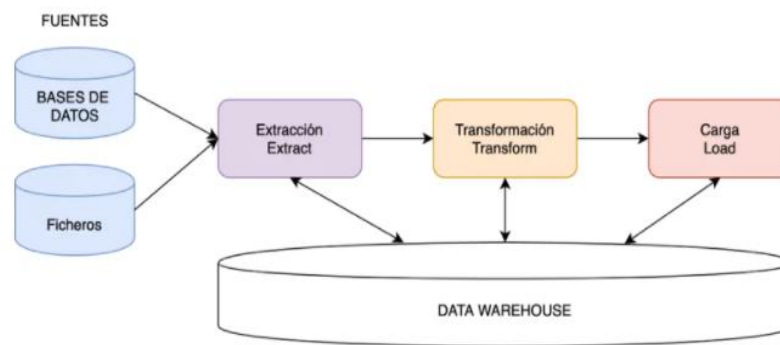
Por otra parte, la magnitud de datos que posee una empresa es determinante a la hora de construir un *Data Warehouse*, pues en ocasiones, si se trata de una empresa muy grande, esta tarea se vuelve costosa y puede durar muchos meses. Para atajar este problema, se ha creado un subtipo de *Data Warehouse* con una capacidad y estructura mucho más simplificada a la que se denomina *Data Mart* (DM).

Un *Data Mart* es una pequeña base de datos que guarda información relativa a un área concreta de la empresa, por lo que está destinado a un uso mucho más específico. En muchas ocasiones, por razones de eficiencia, en lugar de crear un único *Data Warehouse*, las empresas optan por crear distintos *Data Marts* con los datos más relevantes.

#### 3.4.2 Herramientas de ETL.

El proceso básico y necesario para la construcción de una herramienta de inteligencia empresarial es la transformación ETL. De su implementación adecuada dependen la integridad, uniformidad, consistencia y disponibilidad de los datos utilizados posteriormente en el componente de análisis de una solución de BI (Bustamante Martínez, Galvis Lista, & Gómez Flórez, 2013).

Este acrónimo se refiere a los procesos de extracción, transformación y carga (en inglés *Extract, Transform y Load*) de datos para proporcionarles una misma estructura y así, posteriormente poder almacenarlos en el *Data Warehouse* (ver Figura 21).



**Figura 21.** Herramientas ETL. Fuente. (Fernández O. , 2022).

- **Extraer.**

La etapa de extracción de datos consiste en recoger los datos de las distintas fuentes de origen. Al iniciar esta fase se deben planear las tareas a seguir y posteriormente identificar los datos candidatos (Joyanes Aguilar, Camargo Vega, & Giraldo Marín, 2016).

- **Transformar.**

Esta fase busca la transformación de los datos a un formato claro a través de una serie de procesos entre los que podemos destacar:

- Eliminación de datos duplicados, incompletos o erróneos.
- Eliminación de campos de registro innecesarios.
- Validación de datos dentro de un rango admisible de valores.
- Conexión de datos de distintas fuentes.

- **Cargar.**

Por último, tras la ejecución de las dos fases anteriores, los datos son guardados con su debido formato en un almacén de datos para poder cargarlos en el momento en el que se requieran. Esta carga puede ser completa si se mueven todos los datos a la vez o incremental si se mueven en bloques cada cierto tiempo establecido (Fernández O. , 2022).

Dicho lo anterior, hay que aclarar que en una aplicación de BI el proceso ETL se realiza en dos ocasiones. La primera se da al extraer los datos de origen y cargarlos en el *Data Warehouse* y el segundo se da en la extracción de estos datos del DW para su uso en herramientas visuales o informes.

Existen multitud de herramientas de ETL, por lo que escoger la que más se ajuste a las necesidades específicas de la empresa es crucial para asegurar el éxito del proyecto. De hecho, tal y como indican Alberto Rodríguez Rodríguez y Elizabeth Bernal Gamboa (Rodríguez Rodríguez & Bernal Gamboa, 2019), en

ocasiones los procesos ETL se enfrentan a una serie de problemas que pueden llevar al fracaso del sistema, tales como:

- Arquitectura de las bases de datos desconocida.
- Acciones semejantes duplicadas en distintos sistemas.
- Elevada cantidad de sistemas de información.
- Ausencia de codificaciones.
- Bajo uso de estándares institucionales, nacionales e internacionales, entre otros criterios.

Si estos problemas no se analizan y resuelven, el desarrollo del proyecto de inteligencia de negocios puede verse impedido (Rodríguez Rodríguez & Bernal Gamboa, 2019).

### 3.4.3 Sistemas OLAP.

Un Sistema OLAP (*Online Analytical Processing*) es un sistema de procesamiento analítico en línea. Según la definición que da Yolanda López Benítez, se puede definir como una base de datos dimensional que sirve de soporte para el análisis de predicciones de situaciones futuras y tendencias (López Benítez, 2018). Este procesamiento suele implicar la lectura de un volumen muy elevado de datos (*Data Marts*), normalmente correspondiente al registro histórico de un par de años, pero es capaz de proporcionar al usuario un acceso sencillo a la información que busca.

Un sistema de este tipo puede estructurarse mediante un cubo multidimensional cuyas piezas son contenedores móviles de información (ver Figura 22). En función de esta movilidad de piezas se determina la técnica de análisis (López Benítez, 2018):

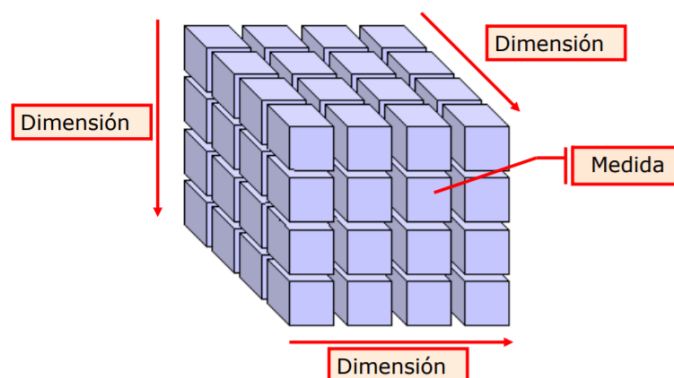


Figura 22. Cubo multidimensional OLAP. Fuente. (León Guzmán, 2019).

- **Análisis Drill Up.**

Permite agrupar los datos con un menor nivel de detalle, es decir, acceder a estos subiendo por los niveles definidos del cubo.



- **Análisis Drill Down**

Es la herramienta más representativa del Sistema OLAP ya que permite al usuario acceder a la información general e ir bajando hasta el detalle más primitivo de la misma.

Por último, atendiendo al modo de procesamiento de los datos, existen tres categorías para los Sistemas OLAP:

- 1. Servidor MOLAP o *Multidimensional Online Analytical Processing*.**

Posee un modo de procesamiento multidimensional que calcula previamente la información para que el usuario acceda rápidamente a ella. Este ínfimo tiempo de respuesta lo convierte en el sistema OLAP por excelencia en las empresas.

- 2. Servidor ROLAP o *Relational Online Analytical Processing*.**

Con un sistema de procesamiento relacional, analiza grandes cantidades de datos y puede proporcionar a los usuarios la información en tiempo real (**López Benítez, 2018**). No requieren cálculos previos como el MOLAP, sino que el sistema genera consultas SQL que proporcionan la información en el momento adecuado.

- 3. Servidor HOLAP o *Hybrid Online Analytical Processing*.**

Posee un sistema de procesamiento híbrido entre los dos anteriores que almacena unos datos como en un sistema MOLAP y otros como en un ROLAP buscando que las consultas se ejecuten y procesen más rápidamente.

### **3.4.4 Data Mining (DM).**

El *Data Mining* (DM) o Minería de Datos es el conjunto de metodologías dedicadas a la búsqueda de modelos, patrones o desviaciones de grandes cantidades de datos con un objetivo predictivo. Por tanto, permite dar respuesta a futuros escenarios, siendo capaz de convertir los datos en información y la información en conocimiento (**López Benítez, 2018**).

A través de la Minería de Datos se puede responder rápidamente a preguntas de negocios que tradicionalmente consumían mucho tiempo (**Carne Presser, 2009**). Trabaja implementando un proceso de modelado, de forma que se construye un modelo de una situación a la que somos capaces de responder y después se aplica a otra situación de la cual se desconoce la respuesta (**Carne Presser, 2009**).

## 3.5 Operational Intelligence (OI).

De forma paralela al *Business Intelligence* (BI) se ha desarrollado el concepto de *Operational Intelligence* (OI) o Inteligencia Operacional. Si bien es cierto que comparten algunas similitudes, este se ha desarrollado hace relativamente muy poco tiempo y su modo de funcionamiento es completamente diferente.

Dicho esto, puede definirse la OI como una técnica que permite proveer al usuario de los datos más inmediatos capturados de sus operaciones y procesos. Esto es, trabaja con los datos operacionales en tiempo real.

Esta herramienta permite detectar tendencias o posibles desviaciones en las operaciones, así como cruzar la información en *real-time* con los datos históricos para generar alertas y ayudar a la toma de decisiones de la organización. Es importante subrayar que esta herramienta funciona gracias al ya mencionado *Internet Industrial of Things* (IIoT) instalado mediante dispositivos inteligentes en la maquinaria de la organización, que permite que estas se comuniquen entre sí y recopilen todos los parámetros para los que han sido programados.

El potencial de una herramienta de inteligencia operacional es enorme ya que proporciona la información que el usuario necesita en el momento exacto en el que la necesita. Las ventajas principales de una herramienta OI se pueden resumir de la siguiente manera:

- **Accesibilidad a la información en cualquier momento.**
- **Monitorización en tiempo real.**
- **Creación de una panorámica completa de la actividad.**

La posibilidad de cruzar los datos ya almacenados anteriormente junto con los datos obtenidos en tiempo real permite crear una imagen de la actividad productiva real.

- **Conexión simultánea de distintos usuarios desde distintos dispositivos.**
- **Incremento de la productividad.**

Una herramienta OI se utiliza, entre otras cosas, para mantener a los operarios informados. El hecho de que estos puedan acceder a la información en cualquier momento les permite actuar consecuentemente en el momento preciso y prever posibles problemas.

- **Mejora de las competencias personales.**

Poder conocer los puntos críticos de un proceso de producción permite que las empresas puedan invertir en formación más específica para sus operarios, facilitando así el desarrollo de nuevas competencias personales.

- **Generación de alertas.**

Una de las características más importantes es la posibilidad de enviar información relevante al usuario de manera automática. Esto es, si se cumplen una serie de condiciones previamente definidas, la herramienta OI puede enviar notificaciones o alertas al usuario permitiéndole estar enterado en cada momento de las situaciones que se dan (Yglesias, 2008).

- **Sustitución del mantenimiento correctivo por el mantenimiento preventivo.**

### 3.5.1 Diferencias entre *Business Intelligence* y *Operational Intelligence*.

A su vez, es necesario aclarar las diferencias existentes entre la inteligencia de negocio y la inteligencia operacional puesto que se tiende a confundir una con otra. Lo cierto es que ambas inteligencias se engloban bajo el concepto de Sistema de Información (SI) y que, además, son utilizadas para el análisis y mejora de los procesos desarrollados en la industria. Sin embargo, su comportamiento y la información aportada por cada una de ellas, es diferente.

Por un lado, el *Business Intelligence* permite generar una imagen de la actividad durante un largo periodo temporal que ya ha pasado. La información aportada se obtiene de informes que se crean posteriores a los hechos, lo que proporciona a la empresa la capacidad de identificar patrones y actuar de manera reactiva. Para ello, se emplean únicamente datos en reposo, es decir, un histórico de datos almacenados.

Por otro lado, el *Operational Intelligence* (OI) es una tecnología orientada mucho más al corto plazo porque se centra en la actividad real de los procesos y no tanto en sus datos específicos. Esta tecnología posee las ventajas de la anterior porque trabaja con datos históricos, pero a su vez, también con datos en movimiento, lo que permite que la información aportada sea continua, inagotable y real. Su comportamiento hace que se puedan tomar decisiones en el momento preciso porque permite conocer tendencias, posibles desviaciones e incluso notificar rápidamente al usuario si se ha producido un evento.

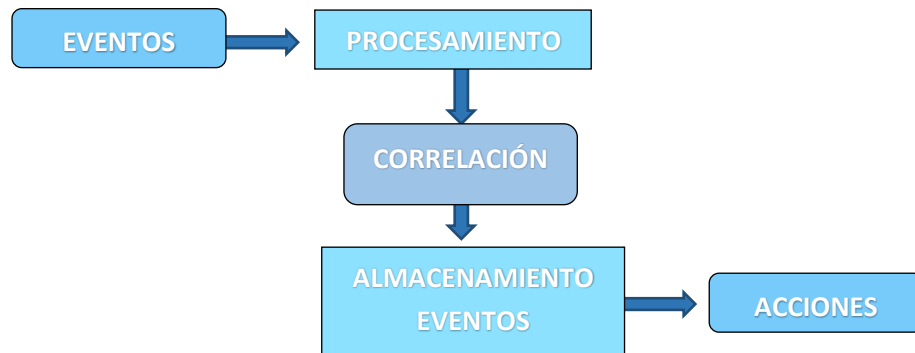
Ambas inteligencias son enormemente útiles y potentes. La elección de usar una respecto a la otra depende únicamente de la intención con la que se pretenda analizar la actividad de la organización.

### 3.5.2 Elementos de la Inteligencia Operacional.

A pesar de que cada herramienta de OI pueda ser diferente, comparten una serie de elementos tecnológicos cuya aportación es fundamental para un funcionamiento óptimo.

### 3.5.2.1 CEP (*Complex Event Processing*).

El Procesamiento de Eventos Complejos o CEP permite analizar eventos continuamente correlacionándolos entre sí con el fin de identificar posibles oportunidades o amenazas. Esta tecnología es en el fondo, un modo de monitoreo de la actividad, que procesa los flujos de información asumiendo que todos los eventos son importantes y por ello deben ser analizados. En la **Figura 23** se representa su funcionamiento:



**Figura 23.** *Funcionamiento de un CEP.*

### 3.5.2.2 BAM (*Business Activity Monitoring*).

El Monitoreo de Actividad de Negocios es una herramienta que controla en tiempo real el desempeño de los procesos y sus operaciones asociadas. Partiendo de una serie de indicadores previamente establecidos, es capaz de identificar la situación en la que se encuentran dichos procesos y la evolución que sufren con respecto a estos indicadores.

La función principal del BAM se puede establecer como predecir, alertar eventos y conocer la evolución de los procesos.

### 3.5.2.3 BPM (*Business Process Management*).

La Gestión por Procesos de Negocio está orientada a la búsqueda de procesos asociados a pérdidas de eficiencia en una empresa, analizando la totalidad de sus procesos, de manera individual y luego de manera conjunta. Es decir, se encarga de organizar aquellos procesos que generan falta de rendimiento.

El proceso BMP se desarrolla en cinco etapas: diseño, modelado, ejecución, monitorización y optimización.

Llegados a este punto y una vez detallados todos los conceptos asociados a la digitalización, se va a comenzar a desarrollar en los capítulos siguientes, la planificación, diseño, elaboración e implantación de la herramienta digital de inteligencia operacional llevada a cabo.

# CAPÍTULO 4. CONTEXTUALIZACIÓN DE LA HERRAMIENTA DE INTELIGENCIA OPERACIONAL.

## 4.1 Introducción.

En el presente capítulo se va a contextualizar el desarrollo de la herramienta de inteligencia operacional llevada a cabo en la factoría industrial de Valladolid. Para ello, en primer lugar, es necesario definir la tecnología software bajo la que se ha desarrollado este y sin la que no hubiera sido posible llevarlo a cabo.

## 4.2 Contextualización del Proyecto.

Tal y como se mencionó en el apartado 1.1 Justificación., el Grupo Michelin ha dotado a la maquinaria del taller de su planta industrial en Valladolid, de una red de dispositivos autómatas que recopilan datos en tiempo real de todos los procesos desarrollados allí. Estos autómatas se comunican con los ordenadores de la planta a través de una red de proceso, enviando todos los parámetros recopilados a una base de datos creada por la empresa.

A través del potente software de inteligencia operacional, OSIsoft, y sus distintas herramientas, Michelin puede acceder, gestionar y exportar en tiempo real los parámetros deseados de esa gran base de datos. Esto me ha permitido el desarrollo de la herramienta de OI que se detallará en el siguiente capítulo.

## 4.3 OSIsoft y PI System.

OSIsoft es una innovadora empresa norteamericana que se fundó por J. Patrick Kennedy en 1980 con el objetivo de capturar datos de las computadoras industriales y así ayudar a la toma de decisiones de las empresas (OSIsoft., 2021). A pesar de la multitud de proveedores de software similares que hay en el mercado, OSIsoft es una de las más reconocidas a nivel mundial, por su potente infraestructura y la tan importante seguridad proferida a los datos.

Todos los productos y herramientas de OSIsoft forman un sistema que se denomina *PI System*. El *PI System* permite recopilar, analizar y visualizar volúmenes inmensurables de puntos de datos en un único servidor al que se denomina *PI Server*.

A fin de esclarecer la compleja arquitectura y funcionamiento del *PI System*, se muestra en la **Figura 24** la ejecución del proceso interno completo desde la recopilación de los datos hasta su visualización.

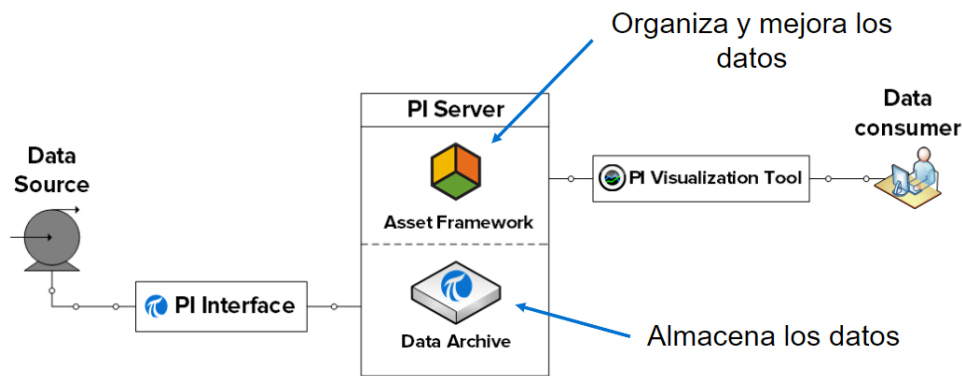


Figura 24. Funcionamiento del PI System. Fuente. (Sánchez Colunga, 2020).

### 4.3.1 PI Server.

El servidor y elemento principal de *PI System* es el *PI Server*, que como puede verse en la **Figura 24** está constituido por dos elementos que son los encargados de recopilar los datos y organizarlos para su posterior visualización: el *Data Archive* y el *Asset Framework*.

Es importante destacar que el *PI System* permite recopilar datos de muchas fuentes diferentes, desde archivos de texto a bases de datos o incluso parámetros introducidos a mano.

- ***Data Archive.***

El *Data Archive* o Archivo de Datos se encarga de recoger y almacenar todos los datos mediante una interfaz de OSIsoft (*PI Interface* en **Figura 24**). Dada la variedad de fuentes de información, es necesario proporcionar a estos parámetros un mismo formato para poder almacenarlos y trabajar con ellos. Para ello, *PI System* se encarga de proporcionar a cada dato recogido un identificador único que se designa con el nombre de *PI Point* y que además siempre tiene asociado una marca temporal, con la fecha y la hora exacta de recogida del dato.

En definitiva, llamamos *PI Point* a cualquier dato recogido y almacenado en el *PI Data Archive*.

- ***Asset Framework (AF).***

El *Asset Framework* o Marco de Referencia de Activos es un elemento indispensable puesto que se encarga de organizar todos los datos en una estructura lógica fácilmente comprensible para el usuario. Este elemento trabaja atribuyendo a cada proceso o parte de la empresa un *asset* (activo) y los organiza posteriormente de forma jerárquica. Así, cualquier usuario es capaz de averiguar donde se encuentran los datos que está buscando, ya sean estos de un proceso, máquina o zona concreta del taller.

### 4.3.2 Herramientas de visualización de PI.

Una vez los datos han sido recogidos y almacenados en el *Data Archive* y organizados mediante el *Asset Framework*, ya están listos para poder ser consultados. Para la consulta de datos, OSIsoft cuenta además con una serie de herramientas de visualización que permiten acceder a ellos:

- PI DataLink
- PI Vision
- PI ProcessBook

En el caso que nos ocupa, vamos a centrarnos en las dos primeras herramientas ya que son las empleadas para el desarrollo de la herramienta que se presenta en este documento.

#### 4.3.2.1 PI DataLink.

La herramienta *PI DataLink* es un complemento para Microsoft Excel que permite acceder de forma sencilla a la información del *PI System* y extraerla en una hoja de cálculo. Es completamente adaptable a las necesidades del usuario pues le permite extraer la información de distintas formas y tratarla a través del resto de opciones y herramientas gráficas que posee Microsoft Excel.

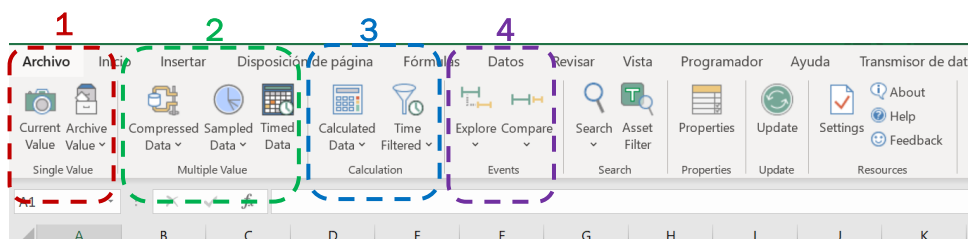


Figura 25. Interfaz de PI DataLink.

Por un lado, se debe destacar que *PI DataLink* funciona a través de *PI System*, es decir, la información no es proporcionada directamente de la base de datos de la empresa, lo que supone que la información de la organización se encuentra siempre a salvo de posibles robos o espionaje industrial.

Por otro lado, esta herramienta trabaja con lo que se denomina “Ruta Raíz” del parámetro, es decir, para poder trabajar con la información es necesario en primera instancia, extraer en una celda la ruta raíz del parámetro que nos interesa, véase el ejemplo del parámetro “Consumo de aire” en **Figura 26**.

A pesar de que cada dato posee un identificador único, el *Asset Framework* los agrupa bajo distintas rutas, esto es, la ruta “Consumo de aire” posee una ingente cantidad de datos únicos de consumo de aire que se van almacenando con su respectivo valor y marca temporal.



	A	B	C	D	E	F
1	\\EQUIPMENT_SITE_ROOT\TERM\BNS01 Consumo de aire					
2						
3						
4						
5						
6						
7						

**Figura 26.** Ejemplo de ruta raíz en PI DataLink.

Para la búsqueda de la ruta se utiliza la herramienta “Search” que permite navegar por la base de datos de la empresa, pudiendo consultar cada máquina del taller clasificadas por zonas. En particular, el usuario siempre podrá acceder a todos los datos registrados, desde el primer punto que se recogió hasta el más actual.

A continuación (**Tabla 1**), se definen brevemente todas las funciones de PI DataLink que pueden verse en la **Figura 25**.

<b>Single Value (1)</b>	Current Value	Último dato recogido.
	Archive Value	Dato recogido en una marca de tiempo concreta que debemos especificar.
<b>Multiple Value (2)</b>	Compressed Data	Todos los datos recogidos para una ruta en un periodo de tiempo que debemos especificar.
	Sampled Data	Datos interpolados según el intervalo temporal especificado.
	Timed Data	
<b>Calculations (3)</b>	Calculated Data	Datos recogidos para un filtro temporal o ecuación especificada.
	Time Filtered	

**Tabla 1.** Funciones de PI DataLink.

Hay que mencionar, además, que *PI System* permite definir una serie de eventos para sus datos, esto es, mediante la definición de una serie de condiciones se establece un evento y en caso de que estas se cumplan, se activa una notificación de evento y se guarda en la base de datos.

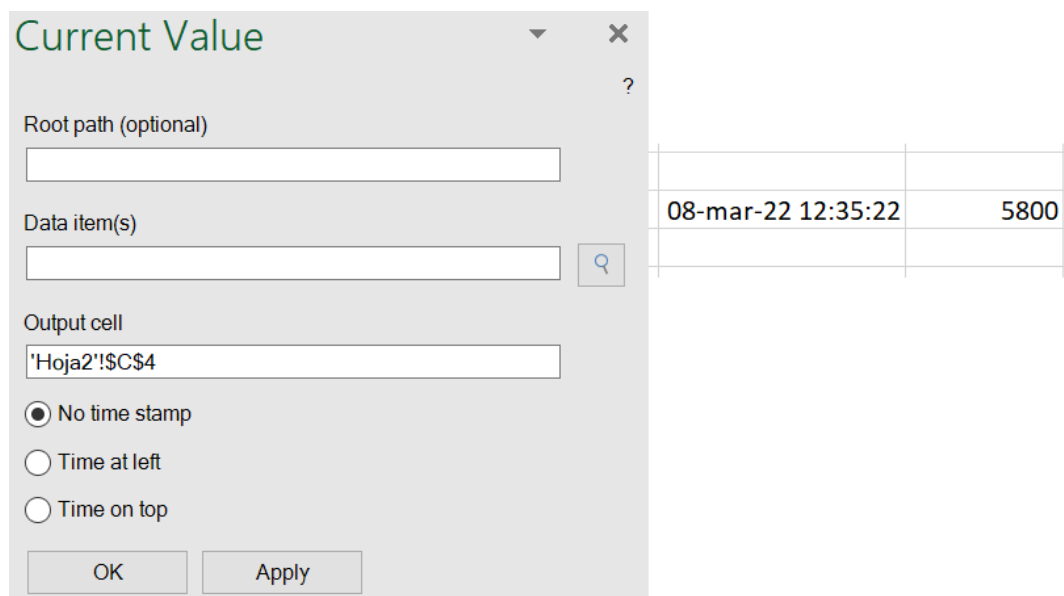
Por lo tanto, no solo podemos tener datos puramente dichos, sino que además podemos definir aquellos sucesos o eventos que nos interesa conocer si se producen y cuando.

*PI DataLink* permite visualizar y comparar todos estos eventos que se han producido en un periodo de tiempo especificado a través de sus funciones “Explore” y “Compare”. Para este elemento el usuario puede ver, entre otros, la hora de inicio y fin del evento, así como la duración de este calculada por *PI System* automáticamente.

#### ▪ Proceso de Extracción de Datos.

Para ilustrar el proceso de extracción de datos, vamos a emplear el parámetro “Consumo de aire” comentado anteriormente.

Una vez extraída la ruta del parámetro a una celda, se elige la función que queremos utilizar. En este caso usaremos la función “*Current Value*” para obtener el último dato recogido. Esta función nos lleva a un formulario (véase **Figura 27**) que solicita la celda donde se encuentra la ruta raíz (“*Data items*”) y la celda donde queremos extraer el dato (“*Output cell*”). Además, podemos seleccionar si deseamos obtener la marca temporal del dato.



**Figura 27.** Proceso de Extracción de Datos con PI DataLink.

Tras pulsar en el botón “OK”, el sistema accede a la base de datos y extrae el dato solicitado. En nuestro caso, el dato se muestra junto con su marca temporal (**Figura 27**), ya que lo habíamos seleccionado previamente en el formulario.

De esta manera tan sencilla e intuitiva se extraen los datos, sobre los que se pueden hacer informes y cálculos posteriormente.

#### 4.3.2.2 PI Vision.

PI Vision es una aplicación basada en navegador web, es decir, se utiliza online y permite al usuario extraer, visualizar y seguir la información deseada a través de pantallas diseñadas. Una de las ventajas de esta herramienta es su compatibilidad con el navegador de prácticamente cualquier dispositivo, lo que facilita su uso e implantación en cualquier empresa.

Este programa posee únicamente dos interfaces, una primera interfaz inicial genérica de acceso a pantallas ya diseñadas y una segunda interfaz de diseño de pantalla.

- **Interfaz Inicial de PI Vision.**

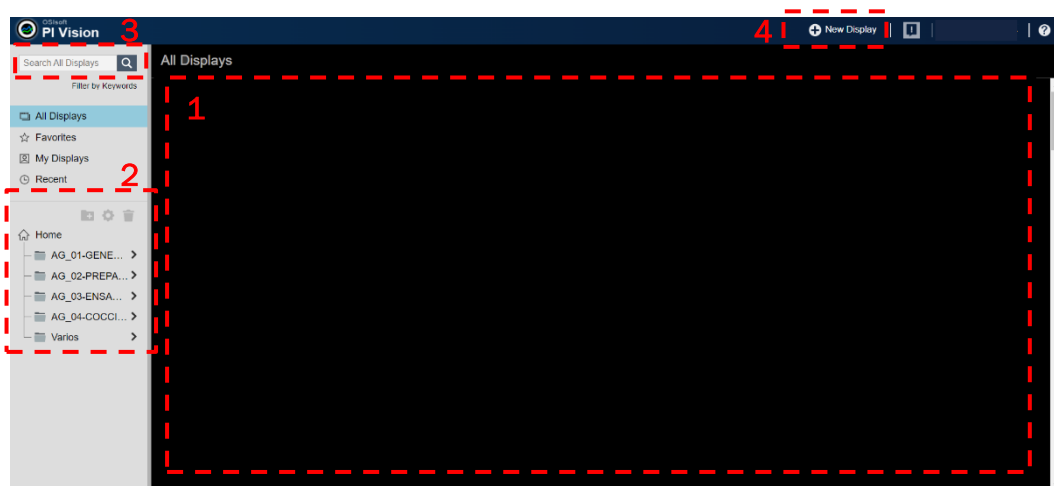


Figura 28. Interfaz Principal PI Vision.

En la **Figura 28** se muestra la interfaz inicial de la aplicación de PI Vision, en la que encontramos los siguientes elementos:

**1) Tablero principal.**

Muestra la miniatura de todas las pantallas que hay disponibles para consultar, incluyendo tanto aquellas creadas por el usuario que accede como aquellas creadas por otros usuarios de la organización y que han sido posteriormente publicadas.

**2) Activos de la Base de Datos.**

Se muestra la base de datos a la que estamos accediendo, es decir, aquella que nos es públicamente accesible y que ya se encuentra claramente ordenada y clasificada en activos gracias al *Asset Framework*. A través de esta interfaz principal el usuario ya puede navegar directamente por la base de datos si lo desea.

**3) Buscador de Palabras Clave.**

Por un lado, esta funcionalidad permite al usuario buscar una pantalla concreta del taller sin necesidad de navegar por el tablero principal en su búsqueda. Por otro lado, el usuario puede introducir una serie de palabras clave para filtrar aquellas pantallas que le interesan. Dichas palabras clave se deben haber definido previamente para cada pantalla diseñada.

#### 4) Creación de Nueva Pantalla.

Por último, se muestra la opción de crear una nueva pantalla. Cabe destacar que, inicialmente, las pantallas se diseñan de manera individual proporcionando al usuario todos los derechos sobre su pantalla, es decir, la pantalla permanece funcionando oculta al resto de usuarios hasta que su diseñador decida publicarla y hacerla accesible para los demás.

##### ▪ Interfaz de Creación de Pantalla Nueva.

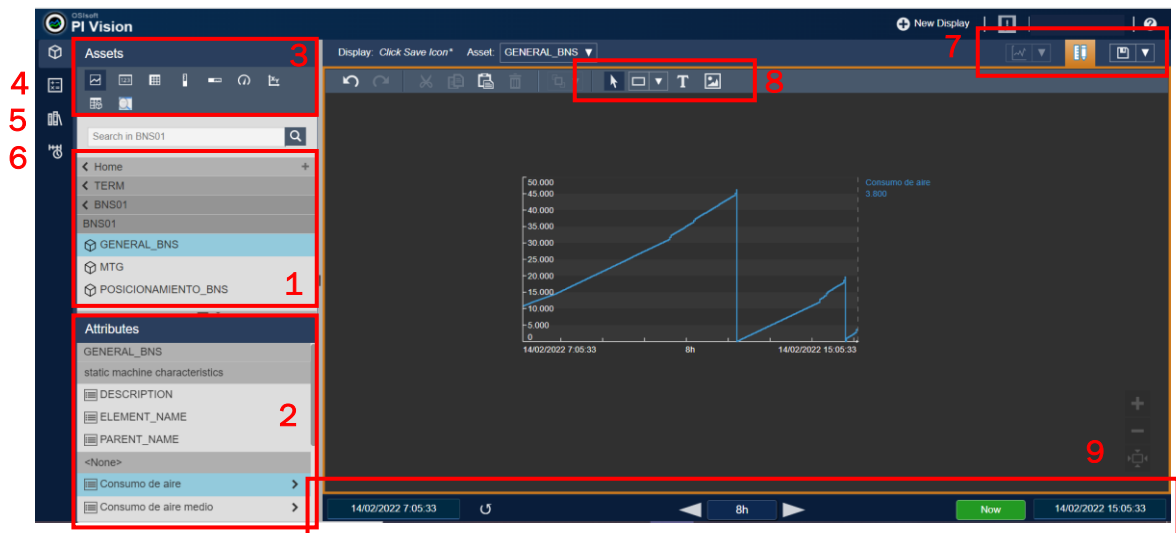


Figura 29. Interfaz de Creación de Pantalla.

En primer lugar, para comenzar a diseñar una pantalla de PI Vision es necesario conocer exactamente qué datos se busca representar, de qué forma y con qué fin. De acuerdo con la **Figura 29**, la interfaz de desarrollo de una nueva pantalla posee los siguientes elementos principales:

##### 1) Activos de la Base de Datos.

En primer lugar, el usuario debe seleccionar en el panel de la izquierda la base de datos que desea emplear para el diseño de su pantalla. Al abrirla aparecen todos los activos que esta posee y que han sido ordenados mediante el *Asset Framework* (AF).

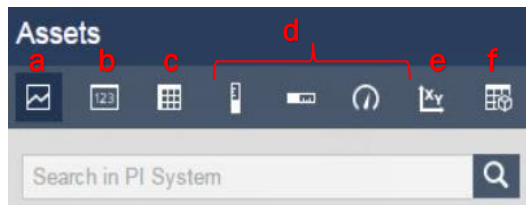
##### 2) Atributos de los Activos.

Los activos de la base de datos tienen a su vez una serie de atributos previamente definidos en la fase de creación de la base de datos. Se debe aclarar que los elementos a los que llamamos atributos son en realidad los parámetros puramente recogidos.

Concretamente, en este caso, el parámetro “Consumo de Aire” que hemos empleado en el apartado anterior, es un atributo de la base de datos, y en particular, del activo “GENERAL\_BNS” (Véase **Figura 29**).

### 3) Galería de Símbolos.

Una vez que el usuario ha localizado el atributo que desea representar, PI Vision le ofrece ocho formas posibles de visualización de esos datos, que en **Figura 30** hemos designado con letras para proceder a su explicación.



**Figura 30.** Símbolos de Visualización.

#### a) Tendencia.

Muestra un gráfico que le permite ver todos los valores que ha ido tomando el atributo a lo largo del tiempo. Además, permite añadir al gráfico tantos atributos como se desee. Esta herramienta puede ser muy útil para analizar y comparar el comportamiento en el tiempo de los distintos parámetros.

#### b) Valor.

Muestra el parámetro como valor, es decir, un dato único.

#### c) Tabla.

Permite visualizar uno o más elementos en formato de tabla. Esta, muestra, además, la tendencia del parámetro y el valor máximo y mínimo que ha tomado.

#### d) Calibre Horizontal, Vertical y Radial.

Proporciona una vista gráfica del valor del atributo en el momento de visualización.

#### e) Gráfica XY.

Permite relacionar fuentes de datos del eje X con fuentes de datos del eje Y para explorar las correlaciones dos a dos de diferentes datos.

#### f) Tabla de Comparación de Activos.

Permite comparar datos de los atributos organizándolos por activos.

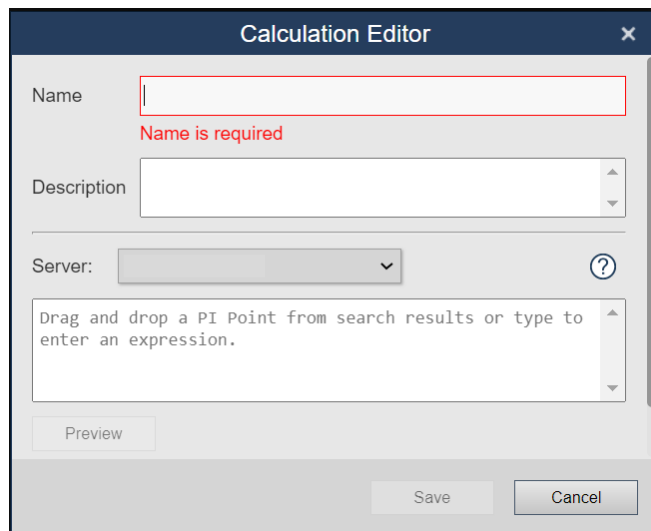
### 4) Editor de Cálculos.

El usuario puede, además, realizar cálculos con uno o varios *PI Point* y definir manualmente complejas expresiones matemáticas y expresiones lógicas que le ayuden a analizar o tratar la información a su gusto.

Las múltiples expresiones reconocidas por PI Vision están recogidas en su librería de funciones que está siempre accesible para su consulta. Entre estas funciones encontramos:

- Funciones Matemáticas.
- Funciones Condicionales.
- Funciones Agregadas.
- Funciones de Recuperación de PI Archive.
- Funciones de Búsqueda de PI Archive.
- Funciones Estadísticas.
- Funciones de Atributo de Punto.
- Funciones de Tiempo.
- Funciones de Respuesta Dinámica.
- Funciones de Estado de Alarma.
- Funciones de Cadena.

Para definir una función el usuario tiene que rellenar un formulario como el que se muestra en la **Figura 31**. Para cada expresión debe definir un nombre que sea único y el servidor donde se encuentran almacenados dichos puntos de datos. Finalmente, puede definir una descripción si lo desea para esclarecer el funcionamiento de la expresión o hacer algún apunte al respecto.

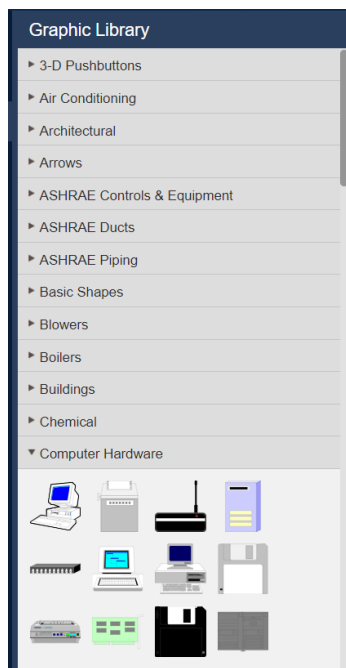


**Figura 31.** Definición de Cálculos en PI Vision.

## 5) Librería de Elementos Gráficos.

PI Vision posee una enorme selección de elementos gráficos (véase **Figura 32**) clasificados por distintas categorías e industrias que pueden añadirse rápidamente a la pantalla. Cada elemento es completamente

personalizable, pudiendo modificar su color, tipo de relleno, sombra u orientación en el espacio.



**Figura 32.** Librería de Gráficos de PI Vision.

Asimismo, permite alterar el estado del símbolo asociándolo a un activo, de manera que este cambie de color o parpadee según el estado del activo que hemos asociado.

#### 6) Buscador de Eventos.

A través de este buscador el usuario puede consultar si se han producido o no los eventos previamente definidos para los distintos parámetros en el periodo temporal que haya sido elegido (ver **Figura 33**).

PI Vision permite construir una tabla con esos eventos que muestra la hora de inicio y finalización del evento, la duración total del mismo, la máquina en la que se ha producido dicho evento, la gravedad de esta y otra serie de características menos relevantes para el caso que nos ocupa.

Edit Search Criteria	
▶ Database	IT Monitoring
▶ Time Range	Timebar Duration
▶ Event Severity	
▶ Event Name	
▶ Event Type and Attribute Value	
▶ Asset Name	Assets on Display
▶ Asset Type	
▶ Event State	
▶ Event Category	
▶ Event Acknowledgment	
▶ Event Comments	
▶ Event Duration	
▶ Number of Results	
▶ Search Mode	Events Active in Time Range

Figura 33. Tabla de Eventos.

### 7) Botones de Guardado.

La pantalla siempre puede ser guardada, sobrescrita o exportada si el usuario lo desea a través de los iconos de la **Figura 34**.



Figura 34. Botones de Guardado.

### 8) Herramientas de Edición.

La pantalla admite también la agregación de cuadros de texto, imágenes de múltiples formatos y formas estáticas como polígonos regulares o líneas. Además, se pueden organizar los elementos por capas, enviándolos hacia delante, hacia atrás o alineándolos entre sí.

### 9) Control Temporal.

Por último, una de las funcionalidades más importantes que ofrece esta aplicación es el control temporal.

PI Vision es una herramienta de inteligencia operacional porque en su estado “natural” siempre muestra todos los datos en tiempo real. No obstante, es posible navegar en el tiempo y consultar todos los datos y eventos que se han ido registrando a lo largo del tiempo.



Figura 35. Panel de Control Temporal.

Mediante una serie de controles situados en la parte inferior de la pantalla, se puede establecer el periodo temporal exacto que se desea analizar, introduciendo la fecha y hora de este (“a” en **Figura 35**). Además, siempre



se va a poder viajar hacia atrás en el tiempo a través de un botón central (“b” en **Figura 35**) que permite al usuario introducir el tiempo exacto que le interesa. Este botón ofrece por defecto (**Figura 35**) la opción de navegar una hora, ocho horas, un día, una semana o un mes hacia atrás, pero se puede introducir cualquier unidad de tiempo (**Figura 36**).



**Figura 36.** Botón de Navegación Temporal.

En última instancia, el usuario siempre puede actualizar la pantalla de nuevo al tiempo real a través del botón “Now”.

En definitiva, PI Vision es una herramienta muy potente y con muchísimas posibilidades, que permite el tratamiento y análisis de la información de manera eficaz y segura, adaptándose siempre a las necesidades específicas de la organización y del usuario y permitiendo navegar en el tiempo para conocer las tendencias y desviaciones de la actividad de la empresa.

Para la herramienta que se pretende exponer en el presente documento se han empleado ambas aplicaciones. La herramienta en cuestión está realizada en su totalidad en la plataforma de PI Vision, pero su desarrollo no hubiera sido posible sin la ayuda de PI Datalink. La planificación, desarrollo y detalle de esta se ilustrará en el siguiente capítulo.

# CAPÍTULO 5. PLANIFICACIÓN DEL PROYECTO DIGITAL.

## 5.1 Introducción.

Para poder desarrollar e implantar de manera exitosa un proyecto de inteligencia operacional es necesario realizar previamente un plan cuya estructura debe estar desagregada en fases que a su vez estarán desagregadas en una serie de objetivos a cumplir. Sobre todo, tiene que estar orientado a cumplir con los requerimientos específicos del cliente.

Para el caso que se expone en este Trabajo Fin de Grado, el desarrollo de la herramienta de inteligencia operacional ha seguido cinco etapas:

- Etapa 1: Justificación del Proyecto Digital.
- Etapa 2: Identificación de Requerimientos.
- Etapa 3: Definición del Almacén de Datos.
- Etapa 4: Desarrollo de la Herramienta.
- Etapa 5: Implementación de la Herramienta.

En lo que se refiere a este capítulo, se van a desarrollar la primera, segunda y tercera etapa. A lo largo de las dos primeras se determina la razón de ser del proyecto, así como las personas implicadas en él, sus objetivos y sus requerimientos.

Por otra parte, para la tercera etapa se detallará la definición del almacén de datos (en adelante, *Data Warehouse*) implementado para elaborar la herramienta.

## 5.2 Justificación del Proyecto.

La primera fase para establecer el horizonte hacia el que se debe orientar la creación de la herramienta de OI debe ser identificar a los interesados (en adelante, *stakeholders*) de esta, así como los requerimientos que desean satisfacer con su implementación.

Tal y como se ha puntualizado en ocasiones anteriores, el cliente para el que se desarrolla dicha herramienta es la factoría de Michelin en Valladolid (en adelante, el cliente). Su propósito final es la elaboración de un útil de visualización que muestre en tiempo real toda la información asociada a la actividad industrial llevada a cabo en el taller de ensamblado agrícola.

Tras varias reuniones con el cliente se pudo identificar claramente a todas las personas solicitantes de la elaboración del proyecto y los objetivos que buscaban alcanzar con él.

### 5.2.1 Identificación de *Stakeholders*.

Aun siendo Michelin el cliente principal, es posible desagregarlo a su vez en múltiples *stakeholders* específicos, cuyos objetivos y requerimientos en ocasiones coinciden.

Es de suma importancia que las necesidades a cumplir estén alineadas con la estrategia de la empresa puesto que, en definitiva, la razón de ser de cualquier proyecto es aportar valor a la organización (**González Rosas, 2012**).

En la **Tabla 3** y **Tabla 3** se definen, por un lado, a todos los *stakeholders* directos o indirectos del proyecto y, por otro lado, sus objetivos.

STAKEHOLDERS	OBJETIVOS PRINCIPALES
Departamento de Organización de Agrícola	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Medir tiempos de ciclo y de producción rápidamente.</li> <li>▪ Identificar tendencias y conocer los puntos críticos del proceso de ensamblado.</li> <li>▪ Optimizar los recursos materiales implicados en el proceso productivo.</li> <li>▪ Conocer en tiempo real la actividad llevada a cabo en el taller sin necesidad de desplazarse hasta él.</li> </ul>
Jefes del Taller de Ensamblado Agrícola	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Poseer una imagen general de la actividad de todo el taller en tiempo real.</li> <li>▪ Identificar posibles cuellos de botella.</li> <li>▪ Identificar tiempos muertos de producción.</li> <li>▪ Identificar paradas innecesarias de las máquinas.</li> <li>▪ Conocer el momento exacto en el que se ha producido un problema.</li> </ul>
Operarios Implicados en la Producción de Ensamblado Agrícola	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Conocer posibles puntos críticos del proceso productivo para poder actuar en consecuencia y corregirlos.</li> </ul>
Proveedor de Software de Inteligencia Operacional	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Proveer a la empresa Michelin un software potente y eficaz y beneficiarse económicamente de ello.</li> </ul>

Tabla 2. Identificación de *Stakeholders* y sus Objetivos.

<p><b>Taller de Control y Verificación del Neumático Agrícola</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Reducir el número de neumáticos que requieren de pequeños procesos de retoque.</li> <li>▪ Minimizar el número de neumáticos desechados.</li> </ul>
<p><b>Fábrica Michelin de Valladolid como Entidad</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Optimizar su producción.</li> <li>▪ Mejorar la calidad de sus productos.</li> <li>▪ Beneficiarse económicamente de la implantación de la herramienta.</li> </ul>

**Tabla 3.** Identificación de Stakeholders y sus Objetivos (continuación).

Ahora bien, sucede en ocasiones que, a lo largo del desarrollo de un proyecto, los objetivos establecidos inicialmente por los *stakeholders* varían, puesto que surgen nuevos objetivos, se identifican problemas y desviaciones que antes no había o simplemente no es posible su cumplimiento a través del proyecto en cuestión.

Lo principal es que la implementación final del proyecto cumpla el máximo número de requerimientos y necesidades posibles. Por lo que al finalizar dicho proyecto es importante hacer una evaluación de cumplimiento de objetivos.

## 5.3 Definición de Requerimientos.

Identificadas las necesidades y carencias de cada una de las partes interesadas, se han agrupado aquellas coincidentes en requerimientos específicos, con objetivos muy concretos a cumplir. Así, se han definido diez requerimientos específicos que se van a desarrollar a continuación.

### ▪ REQUERIMIENTO 1: ESTADO DE LAS MÁQUINAS.

Se solicita conocer en tiempo real el estado de todas las máquinas que participan en el desarrollo de la actividad de ensamblado agrícola.

Dado que el objetivo principal es que las máquinas implicadas estén trabajando el máximo tiempo posible, el cliente desea poder conocer en tiempo real el momento en el que estas están paradas, así como la duración de dichas paradas (ver **Tabla 4**).

REQUERIMIENTO	OBJETIVOS
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Identificar paradas de las máquinas en el momento exacto en el que se producen.</li> </ul>

<b>Requerimiento 1</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Identificar tendencias de paradas o máquinas concretas problemáticas.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Conocer la duración exacta de los distintos estados de cada máquina.</li> </ul>

**Tabla 4.** *Objetivos del Requerimiento 1.*

▪ **REQUERIMIENTO 2: PRODUCCIÓN DEL DÍA ANTERIOR.**

Para el control de la producción (**Tabla 5**), el cliente solicita conocer la producción total realizada el día anterior en cada una de las máquinas, así como visualizarla desagregada por turnos de trabajo.

En este caso, los datos a los que se accede son datos históricos porque pertenecen al día anterior al día en curso y por tanto son datos ya registrados y con un valor fijo.

REQUERIMIENTO	OBJETIVOS
<b>Requerimiento 2</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Conocer el número de unidades producidas cada día.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Saber si se ha cumplido o no con el plan de producción diario.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Identificar las tendencias de fabricación de cada máquina.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Conocer el ritmo de fabricación de cada máquina.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Identificar cuellos de botella pasados.</li> </ul>

**Tabla 5.** *Objetivos del Requerimiento 2.*

▪ **REQUERIMIENTO 3: PRODUCCIÓN DEL DÍA EN CURSO.**

El cliente desea conocer en tiempo real la producción de cada máquina del taller de ensamblado, así como visualizarla separada por equipos de trabajo. En este caso, se desea información relativa al día en curso, esto es, datos que se actualizan en el momento exacto en el que se fabrica una nueva unidad de producto (**Tabla 6**).

Dichos valores diarios de producción pasarán a ser los valores de producción del día anterior una vez termine el horario de trabajo.

El horario de trabajo considerado en Michelin se divide en tres turnos:

- Turno A. De 7:00 a 15:00.

- Turno B. De 15:00 a 23:00.
- Turno C. De 23:00 a 7:00.

REQUERIMIENTO	OBJETIVOS
Requerimiento 3	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Llevar un control en tiempo real del nivel de producción del día en curso.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prever si se va a alcanzar el objetivo de producción diario establecido.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificar en tiempo real problemas de stock.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reconocer cuellos de botella en tiempo real.</li> </ul>

Tabla 6. Objetivos del Requerimiento 3.

▪ **REQUERIMIENTO 4: DESARROLLO DEL DIÁMETRO.**

Se solicita establecer un sistema de análisis y monitorización del desarrollo del diámetro del neumático en curso (ver **Tabla 7**).

Cada modelo de neumático posee un diámetro teórico que debe alcanzar mediante el hinchado de la membrana de la máquina BNS. No obstante, dicho valor puede oscilar dentro de una tolerancia específica, por lo que el cliente desea conocer el momento en el que el desarrollo del diámetro de un neumático se sale de tolerancias.

REQUERIMIENTO	OBJETIVOS
Requerimiento 4	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conocer si se produce un mal desarrollo de un neumático en el momento exacto.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificar máquinas tendentes a incumplir la tolerancia de desarrollo.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Asociar futuros problemas de calidad a malos desarrollos del diámetro.</li> </ul>

Tabla 7. Objetivos del Requerimiento 4.

▪ **REQUERIMIENTO 5: SEGUIMIENTO DEL STOCK DE NEUMÁTICOS.**

Se desea llevar un control del estado del stock disponible en cada máquina en tiempo real, esto es, tal y como se detalló en 2.3.1 Confección del Neumático., la máquina BNS requiere del producto final fabricado en la máquina PAP. Es por ello que el cliente solicita conocer en cada momento

el estado del stock para poder ajustar su fabricación y ritmo en función de este (Tabla 8).

REQUERIMIENTO	OBJETIVOS
Requerimiento 5	<ul style="list-style-type: none"> <li>Conocer si se produce falta o exceso de stock.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Adecuar los objetivos diarios de producción al nivel de stock inicial.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Optimizar la distribución de operarios en el taller en función del nivel de stock de cada máquina.</li> </ul>

Tabla 8. Objetivos del Requerimiento 5.

▪ **REQUERIMIENTO 6: ABASTECIMIENTO DE MESA.**

El cliente solicita conocer el momento en el que se aprovisiona la mesa de materiales de la máquina. Esto es, el momento en el que el operario se desplaza para reponer los elementos que necesita y la duración de esta acción (Tabla 9).

REQUERIMIENTO	OBJETIVOS
Requerimiento 6	<ul style="list-style-type: none"> <li>Conocer el momento exacto de aprovisionamiento de la mesa.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Identificar materiales más propensos a terminarse.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Conocer el tiempo empleado en realizar dicha tarea.</li> </ul>

Tabla 9. Objetivos del Requerimiento 6.

▪ **REQUERIMIENTO 7: ESTADO DEL CICLO.**

El cliente desea conocer en tiempo real parámetros relevantes del ciclo de fabricación en curso en cada máquina (Tabla 10, Tabla 11.)

REQUERIMIENTO	OBJETIVOS
Requerimiento 7	<ul style="list-style-type: none"> <li>Conocer siempre el nivel de ocupación y carga de trabajo de cada máquina.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Identificar máquinas cuyo ritmo de trabajo es inadecuado.</li> </ul>

Tabla 10. Objetivos del Requerimiento 7.



	<ul style="list-style-type: none"> <li>Conocer las características principales de cada ciclo de fabricación.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Saber si se va a evacuar un nuevo neumático próximamente.</li> </ul>

Tabla 11. Objetivos del Requerimiento 7 (continuación).

▪ **REQUERIMIENTO 8: SEGUIMIENTO DE LA PRODUCCIÓN TOTAL.**

A pesar de lo que pueda parecer, este requerimiento está relacionado con los requerimientos 2 y 3 pero no es el mismo. Es decir, el cliente solicita por un lado un informe de producción desagregado por máquina y turno de trabajo, que se corresponde con los requerimientos 2 y 3.

Por otro lado, solicita visualizar la producción total del taller en el tiempo (Tabla 12).

REQUERIMIENTO	OBJETIVOS
Requerimiento 8	<ul style="list-style-type: none"> <li>Conocer la tendencia de producción durante el periodo de tiempo deseado.</li> </ul>

Tabla 12. Objetivos del Requerimiento 8.

▪ **REQUERIMIENTO 9: TIEMPOS DE CICLO.**

Se desea evaluar los tiempos de ciclo de cada uno de los neumáticos fabricados en cada máquina. Es decir, el tiempo que pasa desde que se empieza a producir un nuevo neumático hasta que se termina (Tabla 13).

REQUERIMIENTO	OBJETIVOS
Requerimiento 9	<ul style="list-style-type: none"> <li>Conocer el tiempo exacto de fabricación de cada modelo de neumático.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Identificar duraciones extrañas y asociarlas a operaciones concretas del ciclo.</li> </ul>

Tabla 13. Objetivos del Requerimiento 9.

▪ **REQUERIMIENTO 10: ENVÍO AUTOMÁTICO DE ALERTAS.**

En último lugar, el cliente requiere recibir notificaciones automáticas por vía telemática con alertas asociadas a situaciones de ciclo irregulares que se repiten en el tiempo. Para ello, se hace necesario definir previamente cuáles son aquellas situaciones que se consideran extrañas (Tabla 14).

REQUERIMIENTO	OBJETIVOS
Requerimiento 10	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Ser alertado de situaciones irregulares y repetitivas del ciclo.</li></ul>

Tabla 14. Objetivos del Requerimiento 10.

El hecho de registrar y cuantificar los objetivos de cada requerimiento facilita la posterior evaluación del éxito del desarrollo de la herramienta de inteligencia operacional.

Llegados a este punto y una vez que las necesidades del cliente con respecto al proyecto están claramente recogidas y definidas, el siguiente paso será la planificación del mismo, que pasa por la creación de nuestro almacén de datos.

## 5.4 Definición del *Data Warehouse*.

Conocidos los requerimientos del cliente y puesto que se trata de una herramienta basada en datos, el siguiente paso para llevar a cabo la herramienta digital fue definir claramente los bloques de datos necesarios para el cumplimiento de cada requerimiento. Esto es, como parte del proceso ETL anteriormente mencionado, debemos comenzar a crear nuestro *Data Warehouse* definiendo todos los elementos de información necesarios para su posterior extracción y carga.

No obstante, previamente a comenzar con el diseño del almacén de datos, se realizaron dos etapas intermedias formativas:

### 1. Etapa de Análisis de la Actividad Industrial Desarrollada en el Taller de Ensamblado.

Durante un periodo de dos semanas se llevó a cabo una tarea de comprensión íntegra del funcionamiento de las máquinas implicadas en la fabricación del ensamblado.

Para ello, por un lado, se recorrió el taller analizando y estudiando exhaustivamente la estructura de los puesto y las máquinas. Por otro lado, se acompañó a los distintos operarios durante la fabricación de neumáticos para poder conocer a fondo las distintas etapas de fabricación y su método operatorio.

Esta etapa intermedia facilitó enormemente la posterior planificación del modelo de datos necesario para desarrollar la herramienta de inteligencia operacional.

## 2. Etapa de Formación Sobre el Software Empleado y la Estructura de Datos de la Empresa.

En segundo lugar, se convocó una formación impartida por el personal de automatismos de la factoría, orientada a conocer el funcionamiento del nuevo software de trabajo, OSIssoft, así como los pasos para su instalación y acceso.

Una vez finalizadas estas etapas, comenzó la creación de nuestro *Data Warehouse*. Para ello, en primer lugar, se definieron con exactitud los distintos parámetros de los que se necesitaba disponer. Muchos de estos, ya eran recogidos por los autómatas instalados en el taller, sin embargo, fue necesario realizar una serie de solicitudes de reprogramación de estos para recoger nuevos parámetros e incluirlos a nuestro almacén de datos.

Seguidamente, en (Tabla 15, Tabla 16, Tabla 17, Tabla 18, Tabla 19 y Tabla 21) se van a desarrollar los bloques de datos y parámetros genéricos programados en los autómatas del taller que constituyen nuestro *Data Warehouse* para el cumplimiento de cada requerimiento:

REQUERIMIENTO	PARÁMETRO	RUTA RAÍZ
Requerimiento 1, 7 y 9	Etapa de Fabricación BNS	EUR.ES.VLD.TERM.BNSx.BNSx.GENERAL_BNS.00.Etapa de fabricación
	Etapa de Fabricación PAP	EUR.ES.VLD.CONF.PAPx.PAPx.GENERAL_PAP.00.Etapa de fabricación

Tabla 15. Bloque de Datos de los Requerimientos 1, 7 y 9.

REQUERIMIENTO	PARÁMETRO	RUTA RAÍZ
Requerimiento 2	Producción del Día Anterior del Equipo A en la BNS	EUR.ES.VLD.TERM.BNSx.BNSx.MTG.00.Fab_EqA_y
	Producción del Día Anterior del Equipo B en la BNS	EUR.ES.VLD.TERM.BNSx.BNSx.MTG.00.Fab_EqB_y
	Producción del Día Anterior del Equipo C en la BNS	EUR.ES.VLD.TERM.BNSx.BNSx.MTG.00.Fab_EqC_y
	Producción del Día Anterior del Equipo A en la PAP	EUR.ES.VLD.CONF.PAPx.PAPx.GENERAL_PAP.00.Fab_EqA_y
	Producción del Día Anterior del Equipo B en la PAP	EUR.ES.VLD.CONF.PAPx.PAPx.GENERAL_PAP.00.Fab_EqB_y
	Producción del Día Anterior del Equipo C en la PAP	EUR.ES.VLD.CONF.PAPx.PAPx.GENERAL_PAP.00.Fab_EqC_y

Tabla 16. Bloque de Datos del Requerimiento 2.

REQUERIMIENTO	PARÁMETRO	RUTA RAÍZ
Requerimiento 3 y 5	Producción del Equipo A en la BNS	EUR.ES.VLD.TERM.BNSx.BNSx.MTG.00.Fab_EqA
	Producción del Equipo B en la BNS	EUR.ES.VLD.TERM.BNSx.BNSx.MTG.00.Fab_EqB
	Producción del Equipo C en la BNS	EUR.ES.VLD.TERM.BNSx.BNSx.MTG.00.Fab_EqC
	Producción del Equipo A en la PAP	EUR.ES.VLD.CONF.PAPx.PAPx.GENERAL_PAP.00.Fab_EqA
	Producción del Equipo B en la PAP	EUR.ES.VLD.CONF.PAPx.PAPx.GENERAL_PAP.00.Fab_EqB
	Producción del Equipo C en la PAP	EUR.ES.VLD.CONF.PAPx.PAPx.GENERAL_PAP.00.Fab_EqC

Tabla 17. Bloque de Datos de los Requerimientos 3 y 5.

REQUERIMIENTO	PARÁMETRO	RUTA RAÍZ
Requerimiento 4	Desarrollo Teórico en la BNS	EUR.ES.VLD.TERM.BNSx.BNSx.MTG.00.Desarrollo carcasa teórico
	Desarrollo Real en la BNS	EUR.ES.VLD.TERM.BNSx.BNSx.MTG.00.Desarrollo carcasa real

Tabla 18. Bloque de Datos del Requerimiento 4.

REQUERIMIENTO	PARÁMETRO	RUTA RAÍZ
Requerimiento 6	Grafcet de Aprovisión	EUR.ES.VLD.TERM.BNSx.BNSx.POSICIONAMIENTO_BNS.00.Grafcet aprovisionamiento
	Posición Mesa de Aprovisión	EUR.ES.VLD.TERM.BNSx.BNSx.POSICIONAMIENTO_BNS.00.Posición mesa

Tabla 19. Bloque de Datos del Requerimiento 6.

REQUERIMIENTO	PARÁMETRO	RUTA RAÍZ
Requerimiento 8	Producción del Día Anterior del Equipo A en la BNS	EUR.ES.VLD.TERM.BNSx.BNSx.MTG.00.Fab_EqA_y
	Producción del Día Anterior del Equipo B en la BNS	EUR.ES.VLD.TERM.BNSx.BNSx.MTG.00.Fab_EqB_y
	Producción del Día Anterior del Equipo C en la BNS	EUR.ES.VLD.TERM.BNSx.BNSx.MTG.00.Fab_EqC_y
	Producción del Día Anterior del Equipo A en la PAP	EUR.ES.VLD.CONF.PAPx.PAPx.GENERAL_PAP.00.Fab_EqA_y
	Producción del Día Anterior del Equipo B en la PAP	EUR.ES.VLD.CONF.PAPx.PAPx.GENERAL_PAP.00.Fab_EqB_y

Tabla 20. Bloque de Datos del Requerimiento 8.

	Producción del Día Anterior del Equipo C en la PAP	EUR.ES.VLD.CONF.PAPx.PAPx.GENERAL_PAP.00.Fab_EqC_y
	Producción del Equipo A en la BNS	EUR.ES.VLD.TERM.BNSx.BNSx.MTG.00.Fab_EqA
	Producción del Equipo B en la BNS	EUR.ES.VLD.TERM.BNSx.BNSx.MTG.00.Fab_EqB
	Producción del Equipo C en la BNS	EUR.ES.VLD.TERM.BNSx.BNSx.MTG.00.Fab_EqC
	Producción del Equipo A en la PAP	EUR.ES.VLD.CONF.PAPx.PAPx.GENERAL_PAP.00.Fab_EqA
	Producción del Equipo A en la PAP	EUR.ES.VLD.CONF.PAPx.PAPx.GENERAL_PAP.00.Fab_EqB
	Producción del Equipo A en la PAP	EUR.ES.VLD.CONF.PAPx.PAPx.GENERAL_PAP.00.Fab_EqC

**Tabla 21.** Bloque de Datos del Requerimiento 8 (continuación).

Cabe aclarar que nuestro almacén de datos se compone de una ruta raíz para cada máquina BNS y cada PAP, no obstante, en las tablas anteriores se ha incluido una ruta raíz genérica para cada parámetro, tal como, “EUR.ES.VLD.TERM.BNSx.BNSx.POSICIONAMIENTO\_BNS.00”, donde “x” es en realidad el número exacto asociado a cada máquina.

Para finalizar, una vez han sido definidos los bloques de datos contenidos en nuestro *Data Warehouse*, el siguiente paso es proceder a la construcción y elaboración de la herramienta digital. De este modo, en el próximo capítulo, se va a detallar el formato y estructura de la herramienta, así como todos los elementos que presenta y el proceso de programación seguido para su obtención.

# **CAPÍTULO 6. PROGRAMACIÓN Y DESARROLLO DE LA HERRAMIENTA DE INTELIGENCIA OPERACIONAL.**

## 6.1 Introducción.

A lo largo de este capítulo se va a detallar paso a paso la construcción de la herramienta de visualización a través de la aplicación PI Vision del software OSIsoft. Siguiendo con el proceso ETL mencionado anteriormente, se va a definir, la extracción y la carga de todos los datos en el tablero de PI Vision.

Con el objeto de esclarecer la explicación de la herramienta desarrollada, esta se va a estructurar en pantallas y subpantallas de la siguiente manera:

- a. Pantalla General de Usuario.
  - a) Pantalla General de Confección.
    - I. Pantalla de PAP.
  - b) Pantalla General de Terminación.
    - I. Pantalla de BNS.
  - c) Pantalla de Producción de PAP y BNS.
- b. Pantalla de Aprovisionamiento.
- c. Pantalla de Parámetros de Ciclo de Máquina.

Es necesario subrayar que el diseño de dicha herramienta se ha realizado con dos objetivos claros:

- 1- Cumplir con el máximo número posible de requerimientos del cliente Michelin.
- 2- Implementar un diseño fácilmente comprensible para cualquier usuario, de manera que, incluso siendo ajeno al taller de ensamblado, se pueda comprender el conjunto de maquinaria, su estado y la información que se muestra.

A continuación, se va a desglosar cada una de estas pantallas, detallando todos los elementos gráficos que contienen, cómo han sido programados y cuál es su función específica.

## 6.2 Pantalla General de Usuario.

Como se mostró en [4.3.2.2 PI Vision.](#), la interfaz inicial de una pantalla de PI Vision es un tablero negro completamente vacío (ver **Figura 29**) donde se extraen y cargan los datos del *Data Warehouse* en forma de elementos gráficos a voluntad del diseñador.

## Implementación de una Herramienta de Inteligencia Operacional Para Monitorizar en Tiempo Real la Actividad Industrial.

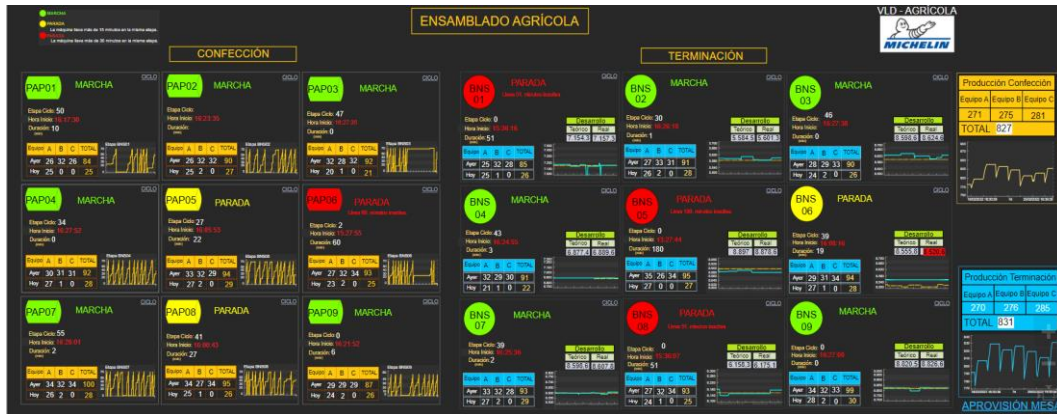


Figura 37. Interfaz Principal de Herramienta de OI.

En la **Figura 37** se muestra la interfaz inicial de la herramienta de inteligencia operacional. En ella se encuentra contenida toda la maquinaria implicada en el proceso de ensamblado del taller agrícola.

Pese a parecer una herramienta demasiado extensa, se visualiza a la perfección en cualquier monitor. Además, posee unos controles que permiten navegar rápidamente por ella, ampliando, alejando o centrando la imagen.

En el encabezado de la misma, encontramos a la derecha el logotipo de la empresa Michelin, que se incluyó mediante la pestaña “imagen” y encima de este, un cuadro de texto indicando el departamento al que pertenece dicha pantalla, esto es “VLD-AGRÍCOLA” (ver **Figura 38**).



Figura 38. Logotipo Michelin en PI Vision.

Se localizan también tres títulos en amarillo cuya misión es subdividir claramente cada zona del taller. Son elementos de funcionalidad informativa, introducidos mediante un cuadro de texto.

Dada la dimensión de la pantalla general, y a fin de visualizarla de manera clara, se van a desarrollar a continuación el resto de las pantallas en las que se divide esta.



## 6.3 Pantalla General de Confección.



Figura 39. Zona de Confección PI Vision.

Como puede observarse en **Figura 1** **Figura 39**, se encuentra situada a la izquierda la pantalla general de la zona de confección del taller. Con respecto a dicha zona, puede verse con un solo vistazo que este cuenta con nueve máquinas PAP para desarrollar su actividad y, que, en el momento de tomar la instantánea, cada una de ellas presentaba un estado diferente.

Las máquinas PAP se han enumerado desde PAP01 hasta PAP09 con el fin de facilitar la comprensión y monitorización del cliente.

Cada conjunto de elementos asociados a una PAP está agrupado mediante un fino marco cuadrado que se ha añadido a través de la lista de formas geométricas que dibuja PI Vision. Tras añadirlo a la pantalla, hemos eliminado el fondo a través de "Format Shape" y cambiado el color del borde ("Border"). En la **Figura 40** se muestra el proceso seguido.

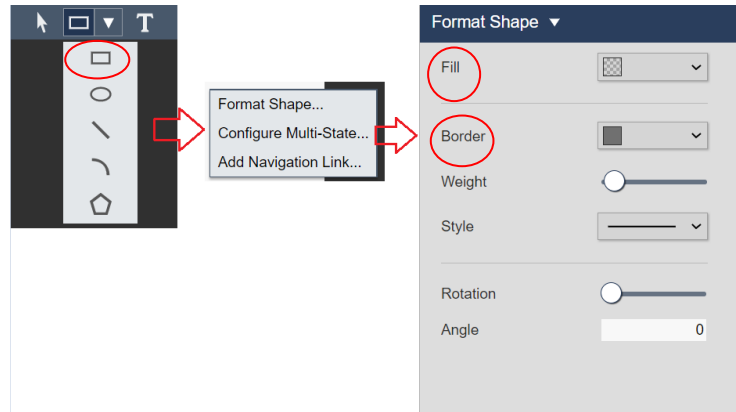


Figura 40. Proceso de Inserción Marco.

A cada conjunto de máquina PAP es lo que hemos denominado como “Pantalla de PAP”, y se va a detallar claramente en el siguiente apartado.

### 6.3.1 Pantalla de PAP.

Cada máquina de confección ha sido programada de la misma manera, por tanto, se va a tomar como ejemplo la máquina PAP03 que se muestra en la Figura 41.

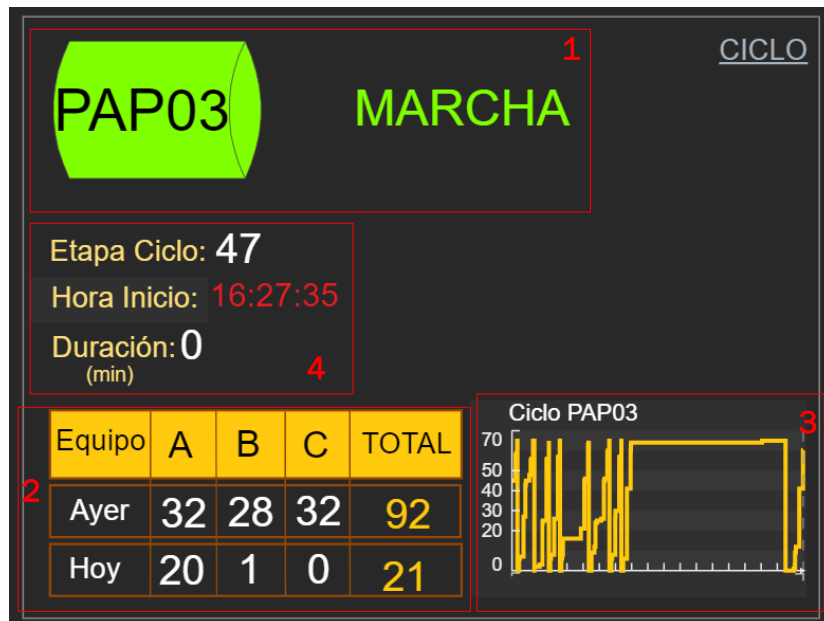


Figura 41. Pantalla de PAP03.

En primer lugar, para el icono de la máquina se empleó la librería de gráficos de PI Vision. Dicha forma geométrica se extrajo de “Basic Shapes” (Véase Figura 42) y sobre esta se añadió un cuadro de texto con el nombre de la máquina PAP correspondiente. Para agregarla, basta con seleccionar la figura deseada y arrastrarla hasta la pantalla vacía.

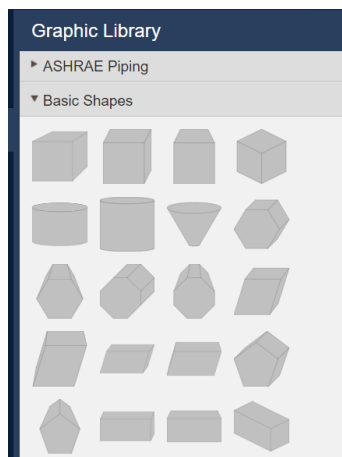


Figura 42. Librería de Elementos Gráficos.

Todas las figuras de la librería carecen de color, sin embargo, es posible modificarlo fácilmente mediante la opción de “*Format Shape*”. En nuestro caso, el color del icono tiene una razón de ser que se va a explicar a continuación.

### 6.3.1.1 Elemento 1. Estado de la Máquina.

#### 6.3.1.1.1 Definición.

Tras conocer las necesidades de nuestro cliente, se decidió definir tres estados de funcionamiento para cada máquina:

##### 1. Estado de MARCHA.

Este estado tiene asociado el color verde. El cliente considera que una máquina se encuentra trabajando con normalidad si desde que inició la última etapa del proceso de fabricación han transcurrido menos de 15 minutos.

Si se da este caso, el icono de la PAP se ilumina en color verde y aparece a su derecha un mensaje en verde que muestra “MARCHA”.

##### 2. Estado de PARADA I.

Si han transcurrido entre 15 y 30 minutos desde que se inició la última etapa, el icono se ilumina en color amarillo y aparece el mensaje “PARADA” en amarillo.

##### 3. Estado de PARADA II.

Si han transcurrido más de 30 minutos desde que se inició la última etapa, el icono se ilumina en color rojo, aparece el mensaje “PARADA” en rojo y se muestra un mensaje que indica el tiempo que lleva la máquina inactiva. Pese a no poder visualizarse en las imágenes, en este caso, estos tres elementos parpadean, con el fin de alertar al usuario rápidamente de la inactividad de la máquina.

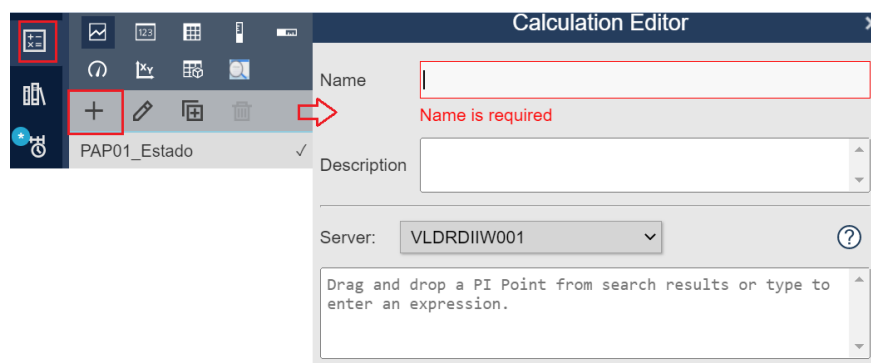
### 6.3.1.1.2 Programación.

La programación del estado de funcionamiento pasaba por la creación de tres variables, PAP\_Estado, PAP\_Contador y PAP\_Inactividad. Tal y como se detalló en [4.3.2.2 PI Vision.](#), esto se realiza a través del editor de cálculos.

#### a. Variable PAP\_Estado.

Encargada de mostrar el mensaje “MARCHA” o “PARADA” si el tiempo transcurrido desde el inicio de la etapa es superior o no a 15 minutos. Su programación se ha realizado siguiendo el proceso mostrado en la **Figura 43**.

Para añadir una nueva variable aparece una ventana donde deberá definirse su nombre (en este caso, PAP\_Estado), el servidor donde se ubica nuestro *Data Warehouse* y, por último, el cálculo en cuestión.



**Figura 43.** Proceso de Programación de Nueva Variable.

Para programar el estado de la máquina se ha empleado la función PrevEvent, considerada como una función de recuperación de *PI Archive*. Dicha función necesita como argumento la ruta raíz del dato que queremos emplear y una marca de tiempo.

En este caso, el parámetro que necesitamos es la etapa de fabricación donde se registra la hora de inicio de cada etapa. Como marca temporal utilizamos el símbolo ‘\*’, que en PI Vision representa la hora real en cualquier momento.

A través de PrevEvent extraemos la marca de tiempo del último valor registrado previamente a la hora actual, por tanto, en nuestro caso, muestra siempre la última etapa registrada.

Para determinar el estado de la máquina se debe cumplir una condición de tiempo, por lo que, además se ha empleado una función condicional, tal y como se muestra en la siguiente imagen (**Figura 44**):

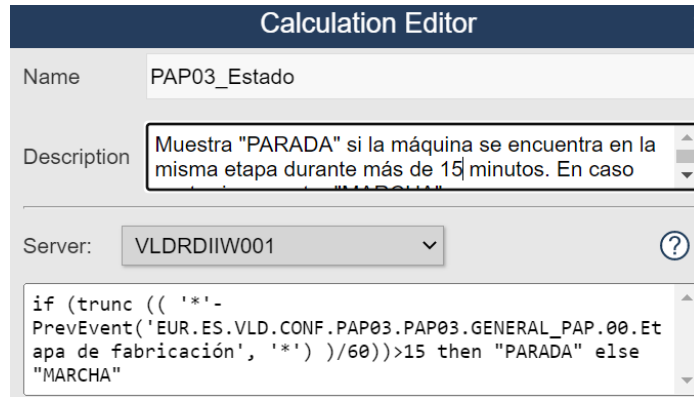


Figura 44. Programación del Estado de la Máquina.

Dicho código de programación puede transcribirse como: “Si la hora actual menos la hora de inicio de la última etapa de fabricación, es superior a 15 minutos, muestra el mensaje “PARADA”, si no muestra “MARCHA”.

Por último, se ha añadido una pequeña descripción de la variable para que cualquier persona ajena pueda entender su función.

#### b. Variable PAP\_Contador.

Encargada de contar los minutos transcurridos desde el inicio de la última etapa hasta la hora actual. Su proceso de programación es como la variable anterior sin la función condicional (Figura 45). Por lo tanto, el resultado es un número concreto de minutos que se actualiza en tiempo real.

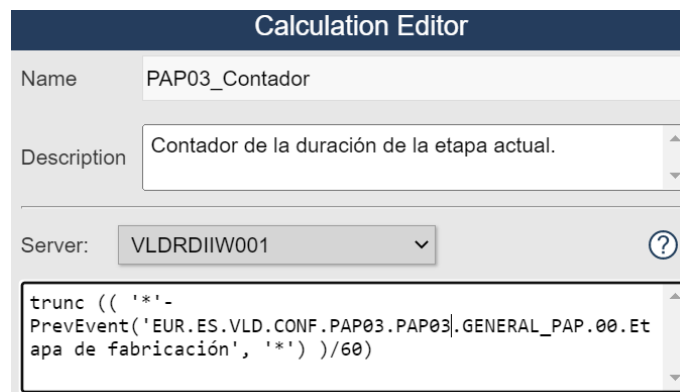


Figura 45. Programación Variable Contador.

#### c. Variable PAP\_Inactividad.

Esta variable es combinación de las anteriores y se encarga de mostrar un mensaje de alerta si la máquina lleva más de 30 minutos en la misma etapa de fabricación. El mensaje se ilumina en rojo, parpadea y muestra “La máquina lleva X minutos inactiva” (donde X es el número de minutos).

Para su programación se ha usado una función condicional, PrevEvent y Concat, una función de concatenación de texto:

```
“ if (trunc (( '*' -  
PrevEvent('EUR.ES.VLD.CONF.PAP03.PAP03.GENERAL_PAP.00.Etapa de  
fabricación', '*') )/60) )>30 then Concat("Lleva", " ", trunc (( '*' -  
PrevEvent('EUR.ES.VLD.CONF.PAP03.PAP03.GENERAL_PAP.00.Etapa de  
fabricación', '*') )/60), " ", "minutos inactiva." ) else " " ”
```

Hasta aquí se ha desarrollado la programación de las variables implicadas, por lo que, ahora, se va a detallar como se han empleado.

Por un lado, PAP\_estado y PAP\_inactividad se han cargado en la pantalla arrastrándolas directamente, y , por otro lado, la variable PAP\_contador se ha utilizado para la definición de un multiestado.

Para definir un multiestado en PI Vision, basta con pulsar el botón derecho sobre la figura que nos interesa y seleccionar “Configure Multi-State”. A continuación, se debe arrastrar a la ventana que aparece la variable que nos interesa asociar a dicho estado.

Es importante destacar que los multiestados solo pueden definirse con parámetros numéricos, es por esta razón por lo que se ha utilizado la variable PAP03\_contador.

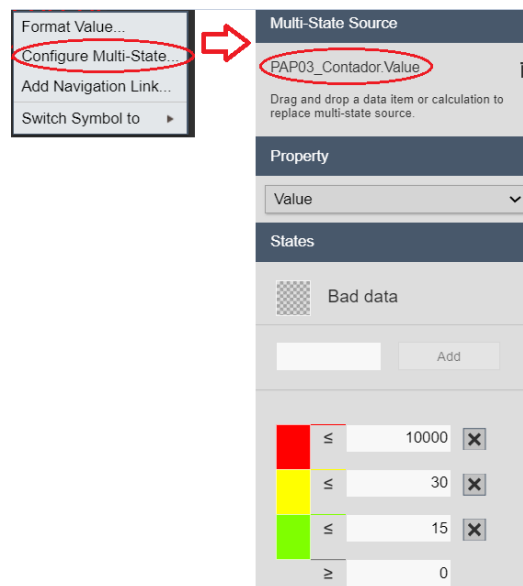


Figura 46. Proceso de Programación de Multi Estado.

Una vez inscrita una variable a un multiestado, se debe indicar el rango de valores asociado a cada color. En la Figura 46 se visualiza dicho procedimiento, así como el rango de valores programado para denotar el estado de la máquina y el mensaje MARCHA/PARADA.

Baste como muestra del resto de situaciones la **Figura 47** en la que visualizamos las otras dos formas de parada programadas.



**Figura 47.** Estados de Parada en PAP.

### 6.3.1.1.3 Función.

El estado de funcionamiento de la máquina es uno de los elementos más importantes en materia de información. Es por ello por lo que se ha pretendido dar tanto énfasis a este elemento a través de colores llamativos y fácilmente asociables.

Dada la importancia para cualquier empresa de producir el máximo número de horas optimizando el uso de sus recursos, poder conocer en tiempo real el grado de funcionamiento de cada máquina es de suma importancia.

Al haber definido distintos estados para esta y, además, mostrar el tiempo exacto de duración de cada uno, el usuario es capaz de determinar el grado de importancia de cada parada y además identificar en función de esta, la posible razón por la que se ha producido.

### 6.3.1.2 Elemento 2. Tabla de Producción.

#### 6.3.1.2.1 Definición.

En la esquina inferior izquierda, se sitúa una tabla que indica:

1. Producción del día anterior de la máquina desagregada por equipos de trabajo (Equipo A, B y C).
2. Producción del día en curso de la máquina desagregada por equipos de trabajo (Equipo A, B y C).
3. Producción total del día anterior y del día en curso.

Tal y como se explicó anteriormente, la producción del día anterior es un dato histórico que se mantiene fijo durante 24 horas, sin embargo, la producción del día en curso es un dato en tiempo real que se actualiza a medida que se va fabricando.

### 6.3.1.2.2 Programación.

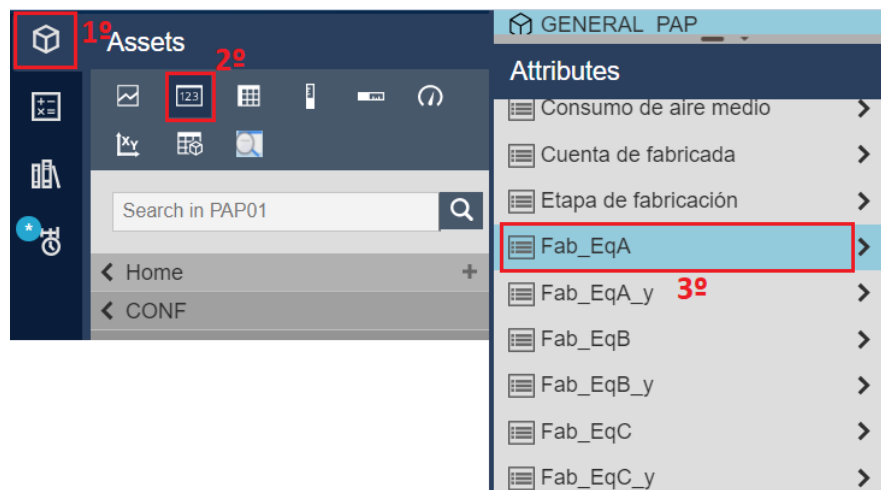
En primer lugar, para el diseño de la tabla se han empleado figuras cuadradas de color amarillo. Después, se ha insertado la producción por equipos y, por último, se han creado dos nuevas variables: PAPA3\_Producción\_Ayer y PAPA3\_Producción\_Hoy.

#### a. Producción por Equipos.

Para la extracción y carga de los valores de producción se debe navegar por la base de datos hasta encontrar el activo y atributo que se desea representar. En nuestro caso, se busca representar las producciones por equipos, que en nuestro *Data Warehouse* se denominan “Fab\_Eq\_y” y “Fab\_Eq”.

Una vez ubicados estos atributos, se selecciona el modo de extracción deseado que, en nuestro caso, es valor numérico y se arrastra hasta la pantalla vacía.

Se puede observar en la **Figura 48** el proceso seguido para la representación de estos atributos.



**Figura 48.** Extracción de Producción a Pantalla.

En PI Vision es posible arrastrar y mover cualquier valor por él. Por tanto, los parámetros de producción se han colocado dentro de la tabla arrastrándolos con el ratón.

#### b. Producción Total.

Para la producción total se han programado dos variables, una para cada producción, siguiendo un proceso similar al mostrado en la **Figura 43**. No obstante, en este caso las variables son simplemente una suma de parámetros, esto es, la producción total del día anterior será la suma de las producciones de cada equipo (ver **Figura 49**).



Variable	Name	Description	Server	Query
Yer	PAP03_Producción_Ayer	Fabricación total ayer en la PAP03	VLDRDIW001	'EUR.ES.VLD.CONF.PAP03.PAP03.GENERAL_PAP.00.Fab_EqA_y'+ EUR.ES.VLD.CONF.PAP03.PAP03.GENERAL_PAP.00.Fab_EqB_y'+ EUR.ES.VLD.CONF.PAP03.PAP03.GENERAL_PAP.00.Fab_EqC_y'
Hoy	PAP03_Producción_Hoy	Fabricación total hoy en la PAP03	VLDRDIW001	'EUR.ES.VLD.CONF.PAP03.PAP03.GENERAL_PAP.00.Fab_EqA'+ R.ES.VLD.CONF.PAP03.PAP03.GENERAL_PAP.00.Fab_EqB'+ S.VLD.CONF.PAP03.PAP03.GENERAL_PAP.00.Fab_EqC'

Figura 49. Variables de Producción de PAP.

### 6.3.1.2.3 Función.

La información proporcionada por este elemento es muy valiosa, dado que, por un lado, permite al usuario conocer rápidamente el nivel de producción del día anterior, sin necesidad de consultar ningún otro documento y valorar si se ajusta o no a los objetivos de producción.

Por otro lado, a lo largo del día en curso el usuario puede estar al tanto del nivel de trabajo de cada máquina, evaluando si alguna no cumple con sus metas diarias o si se va a producir un problema de estocaje.

## 6.3.1.3 Elemento 3. Gráfico de Ciclo de Producción.

### 6.3.1.3.1 Definición.

Situado en la esquina inferior derecha se encuentra una gráfica que representa el transcurso de los ciclos de fabricación de la máquina. Lo que se visualiza en dicha gráfica es el parámetro “Etapa de Fabricación”, de modo que el periodo transcurrido entre cada etapa 0, es una nueva unidad fabricada.

### 6.3.1.3.2 Programación.

Para su programación basta con seguir el proceso mostrado a continuación en la **Figura 50**, escogiendo el dato “Etapa de fabricación” y seleccionando la opción de gráfica.

Respecto a la modificación del formato, grosor y color de la línea se debe pulsar el botón derecho, seleccionar “Configure Trend” y modificarlo de la manera deseada.

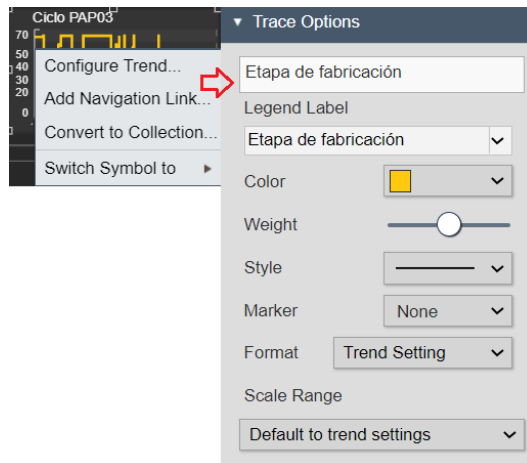


Figura 50. Formato de Gráfica en PI Vision.

### 6.3.1.3.3 Función.

La visualización en tiempo real de cada uno de los ciclos de producción es otro de los elementos más importantes respecto a la información que proporcionan (Figura 51).

Para ilustrar mejor dicha funcionalidad, se muestra la siguiente imagen, en la que puede distinguirse a la derecha (1) el comportamiento habitual de un ciclo, que se inicia en la etapa 0 y transcurridas el resto, vuelve a la etapa 0.

No obstante, a la izquierda (2) podemos visualizar un ciclo irregular, esto es, un ciclo en el que una etapa concreta del mismo ha durado más de lo habitual.

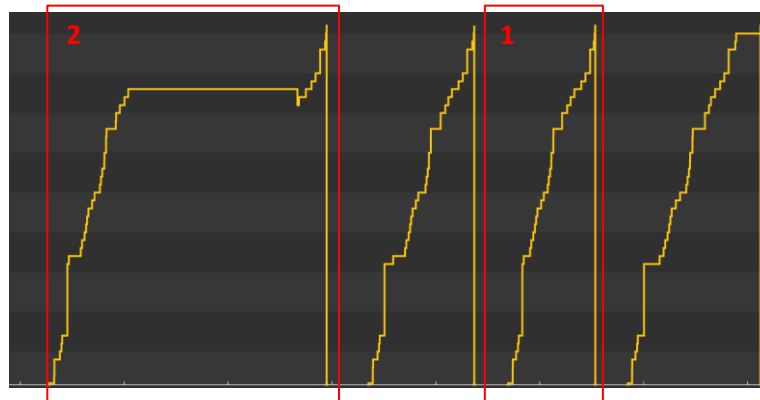


Figura 51. Comportamiento Ciclos en PI Vision.

Así, es muy sencillo monitorizar ciclos de fabricación e identificar en aquellos que pueden ser irregulares donde y cuando se producen esas irregularidades.

### 6.3.1.4 Elemento 4. Información Relativa a la Etapa.

#### 6.3.1.4.1 Definición.

Por último, se muestran tres parámetros informativos con respecto al estado de la etapa de fabricación en curso:

- 1- Etapa concreta de fabricación.
- 2- Hora de comienzo de esta.
- 3- Duración exacta de esa etapa.

### 6.3.1.4.2 Programación.

Para su programación se añadieron tres cuadros de texto nombrando cada parámetro, se arrastró el parámetro “Etapa de Fabricación” para las dos primeras y la variable PAP\_Contador para la última. Todas ellas se seleccionaron en formato numérico.

### 6.3.1.4.3 Función.

La función de este elemento es proporcionar al usuario un seguimiento por el transcurso del ciclo de la máquina, permitiéndole conocer la duración específica de cada operación y estimar la hora de fabricación de una nueva unidad.

## 6.4 Pantalla General de Terminación.

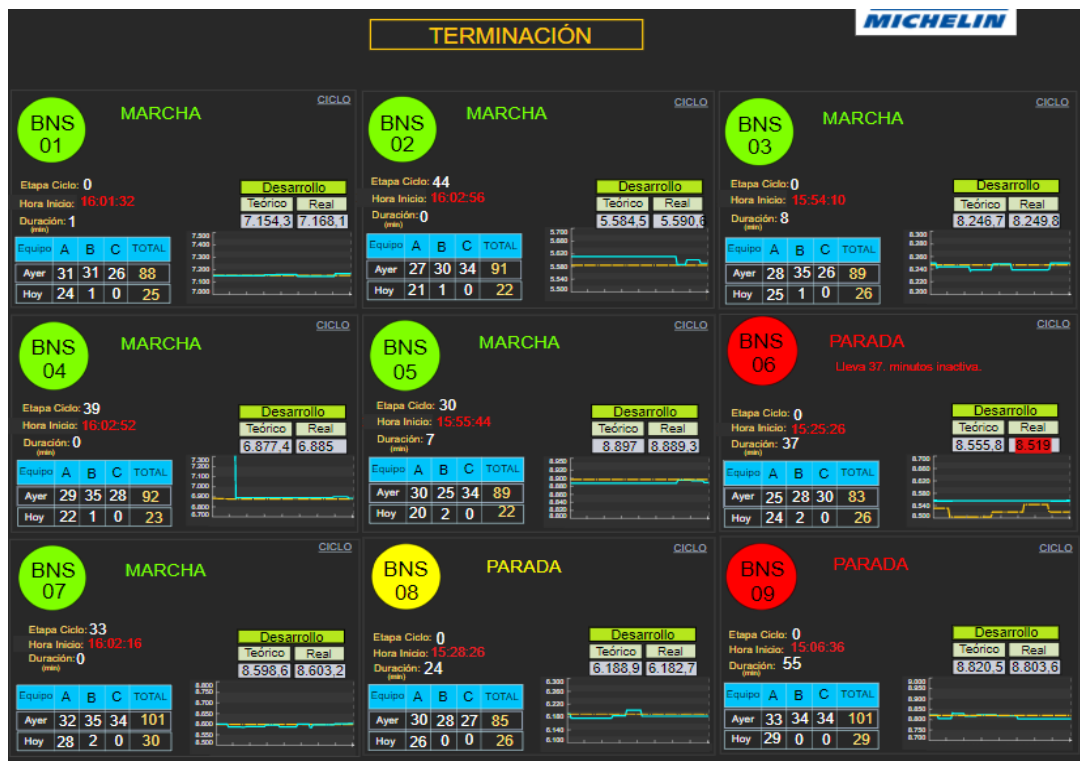


Figura 52. Pantalla General de Terminación.

La pantalla general del taller de terminación se ha diseñado siguiendo el mismo formato que la de confección con el fin de facilitar la comprensión de la misma y unificar las funcionalidades (Figura 52).

Para distinguirlas de alguna manera, se ha cambiado tanto el color de las tablas de producción como el icono de la máquina, que en este caso es una circunferencia.

De manera análoga a la anterior, esta pantalla permite conocer rápidamente el número de máquinas que trabajan en dicho taller, que como se ve son nueve y también se han enumerado mediante un cuadro de texto.

### 6.4.1 Pantalla de BNS.

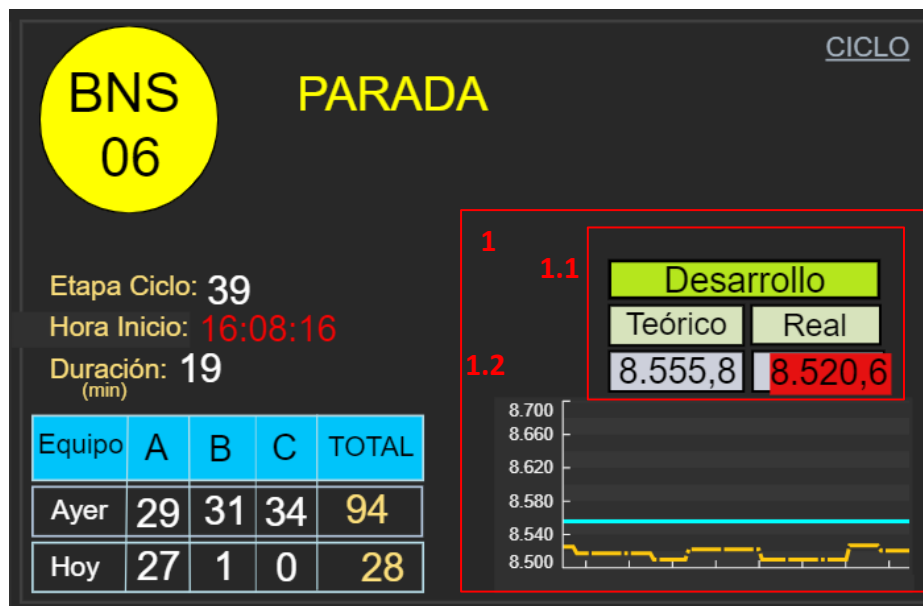


Figura 53. Pantalla de BNS.

Respecto al funcionamiento y codificación de los elementos de cada máquina, se va a tomar de ejemplo la máquina número 6, que, en el momento de la instantánea, se encontraba en estado de parada I dado que la duración de la última etapa era 19 minutos (véase **Figura 53**).

Los elementos representados en ella son en su mayoría los mismos que los de **6.3.1 Pantalla de PAP.**, pero adaptados a los parámetros de las BNS. Por lo tanto, vamos a centrarnos en definir aquellos que son distintos, detallando su programación y funcionamiento.

#### 6.4.1.1 Elemento 1. Desarrollo del Diámetro.

La información relativa al desarrollo del diámetro del neumático se puede considerar como un bloque formado por dos más pequeños a su vez. Estos están programados con los mismos parámetros, pero poseen funciones diferentes. Es por esto por lo que se van a detallar por separado.

##### 6.4.1.1.1 Elemento 1.1. Tabla de Desarrollo del Diámetro.

La función de dicha tabla pasa por alertar al usuario de un desarrollo anómalo del diámetro del neumático que está en curso de fabricación. Esto es posible

gracias a dos parámetros constituyentes de nuestro *Data Warehouse* (almacén de datos): el desarrollo teórico del diámetro y el desarrollo real.

Para medir su irregularidad se ha definido una cota de tolerancia superior e inferior de un 0,4% sobre el desarrollo teórico.

Dicho esto, se ha programado una variable booleana llamada BNS06\_Fuera\_Desarrollo para el análisis del comportamiento del desarrollo. Esto es, una variable 0-1 que muestra si se cumple o no la tolerancia (**Figura 54**).

Name	BNS06_Fuera_Desarrollo
Description	Muestra 1 si el desarrollo real es superior o inferior al 0,4% del teórico. En caso contrario, muestra 0

**Figura 54.** Programación Variable Bool del Desarrollo.

Dado que no es posible visualizar al completo su código de programación, se muestra a continuación:

```
" if (('EUR.ES.VLD.TERM.BNS06.BNS06.Hinchado.00.Desarrollo  
real')>(('EUR.ES.VLD.TERM.BNS06.BNS06.Hinchado.00.Desarrollo teórico')*1.004)  
) then 1 else if (('EUR.ES.VLD.TERM.BNS06.BNS06.Hinchado.00.Desarrollo  
real')<(('EUR.ES.VLD.TERM.BNS06.BNS06.Hinchado.00.Desarrollo teórico')*0.996)  
) then 1 else 0 "
```

Este puede transcribirse como: "Si el desarrollo real de la carcasa está por encima del 100,4% del desarrollo teórico o por debajo de su 99.6%, muestra el valor 1, si no muestra 0".

Codificada la variable, se ha programado un multiestado para alertar al usuario de un desarrollo extraño, iluminando el valor en rojo y parpadeando si se sale de la tolerancia. (obsérvese **Figura 55**).

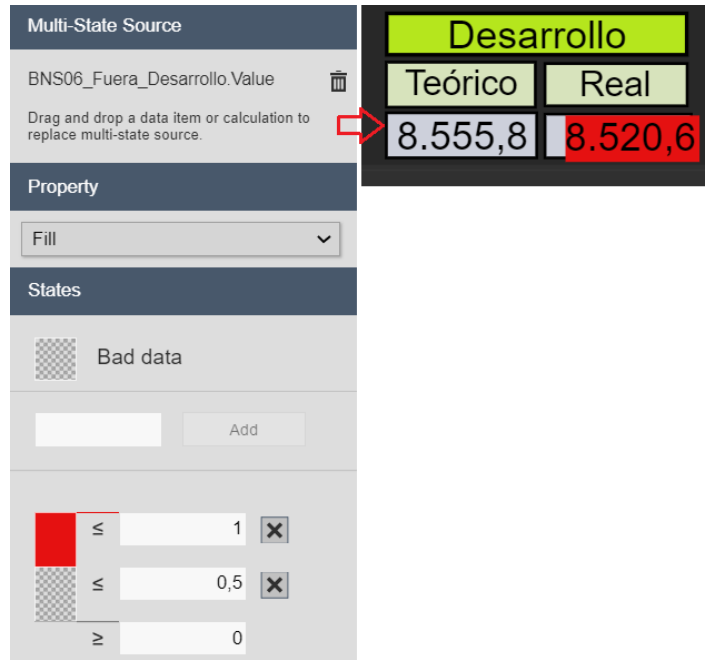


Figura 55. Alerta de Desarrollo.

#### 6.4.1.1.2 Elemento 1.2. Gráfica del Desarrollo del Diámetro.

En segundo lugar, el usuario puede visualizar en una gráfica el comportamiento y la tendencia del desarrollo a lo largo del tiempo (Figura 56).

En ella la línea de color amarillo se corresponde con el desarrollo teórico, pues como vemos, es un valor fijo y la línea azul es la representante del desarrollo real y por tanto oscila.

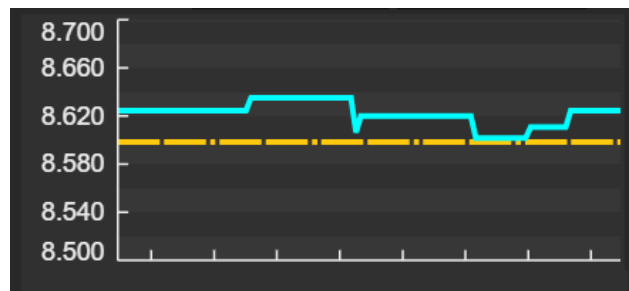
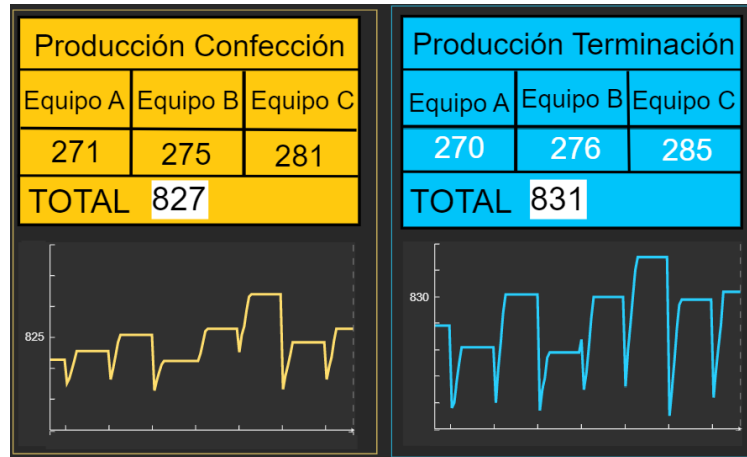


Figura 56. Gráfica de Desarrollo.

La misión principal de este elemento pasa por proporcionar al usuario la información necesaria para identificar y monitorizar tendencias de desarrollo, así como asegurar el cumplimiento de este parámetro tan importante en la producción.

## 6.5 Pantalla de Producción de PAP y BNS.

El informe de producción total de cada parte del taller se sitúa a la derecha de la interfaz general de usuario (**Figura 57**). Para facilitar la lectura de la interfaz se han coloreado sus elementos del mismo color que las tablas de cada taller.



**Figura 57.** Pantalla de Producción de PAP y BNS.

Cada uno de estos informes se compone de dos elementos, una tabla de producción total del taller y una gráfica que muestra la evolución en el tiempo de dicho parámetro de producción.

Tomando como ejemplo el informe de confección, se va a detallar la codificación de sus variables y su funcionamiento.

### a. Tabla de Producción.

En primera instancia, para la creación de la tabla el proceso seguido es exactamente el mismo al detallado en 6.3.1.2.2 Programación. Cosa distinta es la definición de las variables.

En dicha tabla se representan cuatro variables de producción, una para cada equipo de trabajo y la última siendo el total de las anteriores. Dichas variables se han denominado como: Prod\_A\_PAP, Prod\_B\_PAP, Prod\_C\_PAP y Prod\_total\_PAP.

Las tres primeras se calculan como la suma de cada una de las producciones del equipo en cuestión en cada máquina y la última se calcula como la suma de las tres variables anteriores (véase **Figura 58**).

Name	Description	Server	Data Sources
Prod_A_PAP	Producción total del Equipo A ayer	VLDRDIW001	('EUR.ES.VLD.CONF.PAP01.PAP01.GENERAL_PAP.00.Fab_EqA_y'+ 'EUR.ES.VLD.CONF.PAP02.PAP02.GENERAL_PAP.00.Fab_EqA_y'+ EUR.ES.VLD.CONF.PAP03.PAP03.GENERAL_PAP.00.Fab_EqA_y'+ EUR.ES.VLD.CONF.PAP04.PAP04.GENERAL_PAP.00.Fab_EqA_y'+EU
Prod_total_PAP	Producción total de todo el taller de confección ayer	VLDRDIW001	('EUR.ES.VLD.CONF.PAP01.PAP01.GENERAL_PAP.00.Fab_EqA_y'+ 'EUR.ES.VLD.CONF.PAP02.PAP02.GENERAL_PAP.00.Fab_EqA_y'+ EUR.ES.VLD.CONF.PAP03.PAP03.GENERAL_PAP.00.Fab_EqA_y'+ EUR.ES.VLD.CONF.PAP04.PAP04.GENERAL_PAP.00.Fab_EqA_y'+EU

Figura 58. Variables de Producción Total de PAP.

### b. Gráfica de producción.

Este elemento representa la variable Prod\_total\_PAP con el fin de poder conocer la tendencia de producción a lo largo del tiempo y analizar así, si el taller mantiene un buen ritmo de trabajo o no.

Dado que PI Vision permite acceder a los datos del pasado, el usuario puede contar con la información relativa al nivel productivo de muchos meses atrás.

## 6.6 Pantalla de Aprovisionamiento.

Hasta aquí se han desarrollado todos los elementos constituyentes de la pantalla principal. Ahora bien, existen en ella, además, dos enlaces de acceso a otras pantallas que también han sido creadas. En este apartado, nos centraremos en una de ellas.

En este caso, si el usuario pincha sobre la palabra escrita en color azul “APROVISIÓN” se le redirige a otra nueva interfaz a la que hemos denominado como “Pantalla de Aprovisionamiento”.

El proceso para enlazar una pantalla a un cuadro de texto es el siguiente:

- 1º Añadir el cuadro de texto deseado.
- 2º Encima de él, pulsar el botón derecho del ratón.
- 3º Seleccionar “Add Navigation Link” e insertar la dirección URL de la nueva pantalla.

Vemos mostrado en la **Figura 59** la interfaz general de esta nueva pantalla, en la que se puede distinguir claramente cada una de las máquinas.



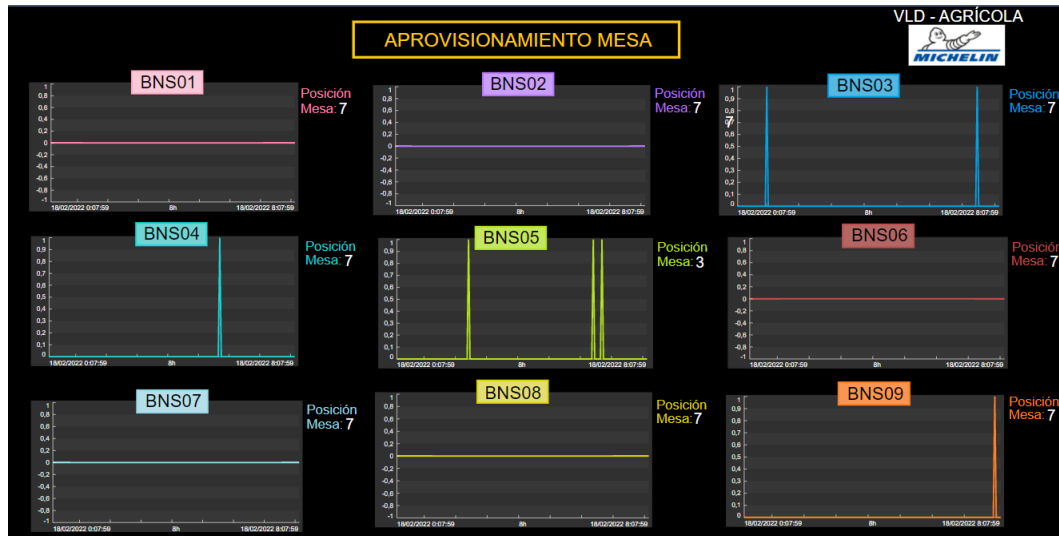


Figura 59. Pantalla de Aprovisionamiento.

Como se precisó en el apartado 2.3.2.2 Proceso de Fabricación en la BNS., la mesa de materiales implicada en el funcionamiento de la máquina necesita ser abastecida cuando se terminan sus constituyentes. Esta operación la realiza la persona que se encuentra trabajando en ese momento en dicha máquina mediante un pulsador.

En este sentido, se han en nuestro almacén de datos dos parámetros asociados a esa tarea:

**a. Estado de Aprovisión.**

Se activa en el momento en el que el operario pulsa el botón de rellenar la mesa, esto es, una variable *bool* de valor 0 si está desactivado o 1 en caso contrario.

**b. Posición de Mesa.**

En el momento en el que la mesa cambia de posición, se recoge dicho valor.

Con miras a cruzar ambas informaciones, se ha empleado una gráfica que representa la variable booleana de aprovisión, de modo que cuando un trabajador activa el pulsador y comienza a rellenar la mesa, se origina un pico en la gráfica.

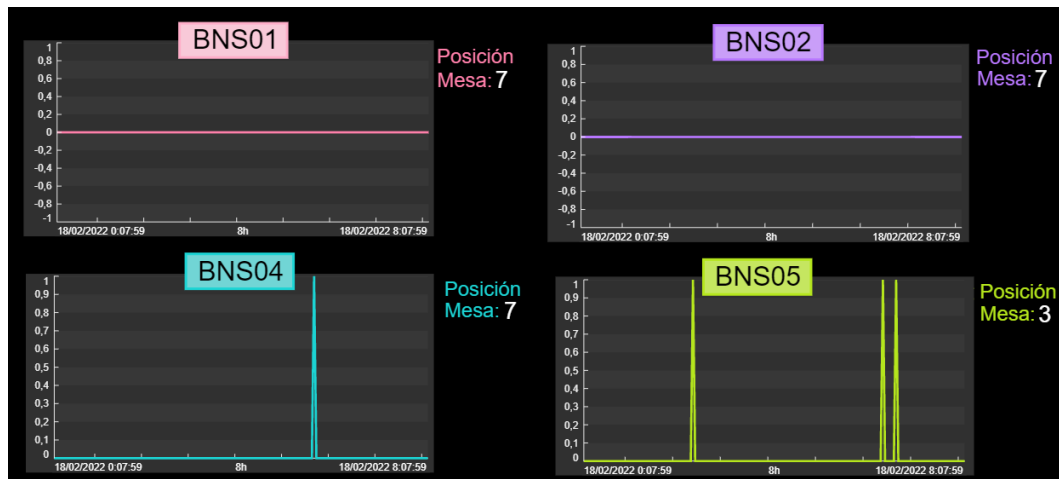


Figura 60. Escenarios de Aprovisionamiento.

Para ilustrar los posibles escenarios, se va a tomar como ejemplo la **Figura 60** puesto que en ella resulta evidente la situación de cada una de las máquinas. Podemos distinguir lo siguiente:

- 1- En las máquinas 1 y 2 no se ha producido falta de material en las últimas ocho horas dado que no existe ningún pico en la gráfica que así lo determine.
- 2- En la máquina 4 se ha producido un abastecimiento puesto que se visualiza un pico.
- 3- En la máquina 5 se han dado tres necesidades de suministro de la mesa en las últimas horas.

De esta manera, el usuario es capaz de identificar de un modo muy sencillo aquellas máquinas propensas a tener falta de productos y evaluar si se debe a un mal aprovechamiento de los mismos o está relacionado con otro tipo de desviaciones.

## 6.7 Pantalla de Parámetros de Ciclo de Máquina.

En última instancia y para terminar con el desarrollo de la herramienta, se va a detallar la última interfaz llevada a cabo en PI Vision.

Cada una de las máquinas que forman la pantalla general del taller, posee escrita en la esquina superior derecha la palabra “CICLO” (Baste como muestra la **Figura 53**). Este cuadro de texto se encuentra asociado a un enlace que redirige al usuario a otra pantalla diferente a la que hemos llamado “Pantalla de Parámetros de Ciclo de Máquina“. En ella se muestran una serie de datos complementarios relativos a los ciclos que pueden ser importantes para el apoyo a la toma de decisiones del usuario.

De esto se puede inferir que existen dieciocho pantallas más, una para cada máquina.

Así, por ejemplo, tomando como muestra la máquina BNS 08, el usuario ha de pulsar sobre el texto “CICLO” e inmediatamente después se le redirige a una nueva interfaz en la que encontrará los siguientes elementos principales:

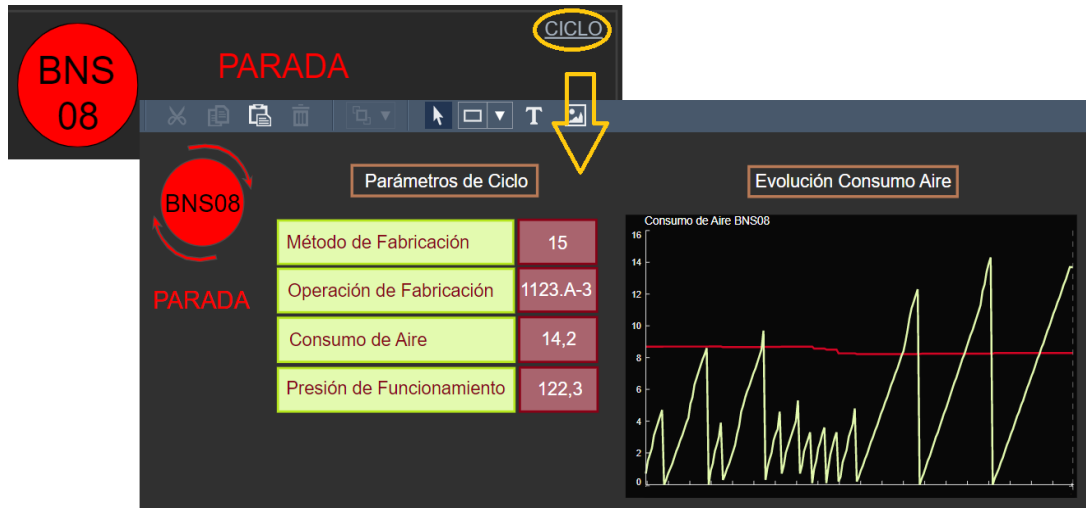


Figura 61. Pantalla de Parámetros de Ciclo.

**a. Estado de la Máquina.**

Dicho elemento se ha programado exactamente igual que en la pantalla general de usuario y posee la misma funcionalidad. Se ha añadido a esta nueva interfaz dado que el cliente lo considera un parámetro muy importante del ciclo que debe estar en todo momento presente.

**b. Tabla con Parámetros de Ciclo Relevantes.**

Se ha diseñado, además, una tabla de cuatro filas que muestra las variables más significativas para el cliente respecto al ciclo de producción.

Estos datos se incluyeron en nuestro *Data Warehouse* en el momento de su creación por petición del cliente, y, por lo tanto, en este caso, basta con buscarlos en la base de datos, seleccionarlos y arrastrarlos sobre el tablero de PI Vision.

**c. Gráfica de Consumo Real de Aire y Consumo Medio.**

Por último, se presenta una gráfica que muestra la evolución del consumo real de aire en la máquina y lo compara con el consumo de aire medio.

En la **Figura 61**, la línea de color verde representa el consumo de aire y la línea de color rojo, el consumo medio.

La finalidad de esta pantalla es proporcionar información complementaria que puede ser relevante para el cliente en su análisis y monitorización de la actividad. Así, este puede adquirir una idea general de cuales son aquellas máquinas que consumen más aire, en qué momento lo hacen y si esto está relacionado con el método de fabricación en curso o con alguna operación específica.

# CAPÍTULO 7. IMPLANTACIÓN DE LA HERRAMIENTA Y ANÁLISIS DEL CUMPLIMIENTO DE REQUERIMIENTOS.

## 7.1 Introducción.

Llegados a este punto, se han detallado todas las fases del camino seguido para la obtención final de la herramienta de inteligencia operacional. No obstante, posteriormente a su desarrollo, esta debe de ser implantada e instalada en aquellos dispositivos y zonas que requieran de su uso.

Su instalación es conveniente, de hecho, porque nos permite evaluar el nivel de cumplimiento de los requerimientos y objetivos de cada una de las personas interesadas en este proyecto.

En el presente capítulo se va a detallar el proceso seguido para su implantación y se presentará una evaluación del cumplimiento de las necesidades definidas previamente.

## 7.2 Presentación de la Herramienta.

Como se anotó en [4.3.2.2 PI Vision.](#), las pantallas que se diseñan en PI Vision se mantienen ocultas al resto de usuarios hasta que su desarrollador decida compartirlas. Esto es, existen una serie de permisos definidos y asociados a la cuenta de la persona que ha elaborado la pantalla en cuestión, pero estos se pueden modificar, otorgando al resto de usuarios la posibilidad de visualizar, utilizar y navegar por dicha herramienta digital en cualquier momento.

En el caso que nos ocupa, la herramienta en cuestión se mantuvo oculta durante todo su periodo de desarrollo. Una vez se obtuvo el resultado final deseado, se modificaron sus permisos para hacerla pública a todos los usuarios interesados.

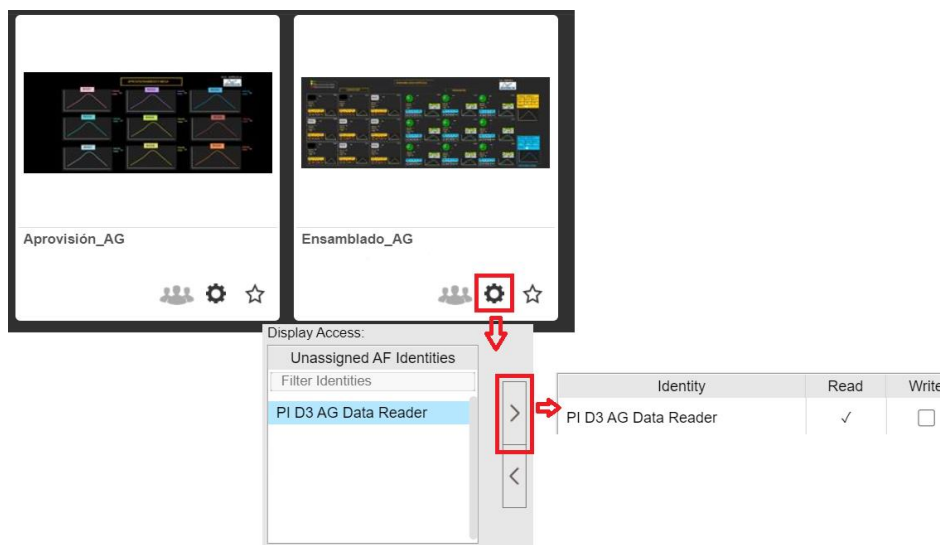


Figura 62. Proceso de Publicación de una Pantalla en PI Vision.

En la **Figura 62** se muestra el proceso seguido para la publicación de una pantalla en PI Vision. Cabe destacar que además de hacerla pública para su lectura, es posible otorgar al usuario la posibilidad de escritura y edición.

En nuestro caso, todas las pantallas diseñadas se han publicado exclusivamente en modo de lectura, a fin de evitar modificaciones o cambios indeseados.

### 7.2.1 Implantación de la Herramienta.

Con el objeto de conocer el nivel de satisfacción del cliente con el resultado final, así como recoger posibles requerimientos y propuestas nuevas, se organizó una reunión con el cliente. En ella se presentaron y detallaron minuciosamente cada uno de los elementos de la herramienta digital, así como su funcionamiento y las posibilidades ofrecidas por esta.

Una vez obtenido el visto bueno por parte del cliente, se procedió a la implantación de la herramienta de inteligencia operacional en aquellas zonas solicitadas por este. En este caso, el cliente solicitó implantar dicha pantalla en un gran monitor situado en una de las salas del taller, permitiéndole monitorizar en todo momento toda la actividad industrial para así poder actuar en caso de necesidad con la máxima antelación posible.

## 7.3 Análisis de Cumplimiento de Requerimientos.

Para dar por concluido todo el proceso asociado a la planificación, desarrollo e implantación de la herramienta de inteligencia operacional, se va a realizar un análisis que determinará el nivel de cumplimiento de los requerimientos del cliente.

En otras palabras, se va a evaluar si se ha conseguido cumplir o no en primer lugar, con los requerimientos definidos en 5.3 Definición de Requerimientos.

### 7.3.1 Análisis de Requerimientos.

En la **Tabla 22** se indica la evaluación genérica del nivel de cumplimiento de los requisitos impuestos por el cliente. Esta se ha realizado basándose en el resultado final de la herramienta digital, así como en la opinión del cliente.

		¿Cumple?	
		Sí	No
	Estado de las Máquinas		
	Producción del Día Anterior		

Requerimiento	Producción del Día en Curso	■	■
	Desarrollo del Diámetro	■	■
	Seguimiento del Stock de Neumáticos.	■	■
	Abastecimiento de Mesa	■	■
	Estado del Ciclo.	■	■
	Seguimiento de la Producción Total.	■	■
	Tiempos de Ciclo.	■	■
	Envío Automático de Alertas.	■	■

**Tabla 22.** Evaluación de Requerimientos.

Por un lado, puede observarse que, de los diez requerimientos establecidos al inicio del desarrollo de este proyecto, ocho de ellos se han cumplido totalmente, lo que supone que el 80% de las necesidades se han cubierto. Por otro lado, los dos requerimientos incumplidos tienen una justificación inequívoca que se va a detallar a continuación.

- **Seguimiento del Stock de Neumáticos.**

Para poder realizar un cálculo exhaustivo de stock en una máquina se requiere conocer una serie de parámetros que hasta el momento no ha sido posible recoger mediante la red de proceso instalada en la fábrica. Estos parámetros son, por un lado, el stock de seguridad y, por otro lado, el stock inicial diario en cada máquina.

Es decir, se puede conocer exactamente la fabricación unitaria en las máquinas en tiempo real, pero no conocemos el stock inicial con el que empiezan a trabajar cada día en el taller. Es por esto que, a pesar de que se puede obtener un resultado estimado muy similar a la realidad, es preferible que toda la información mostrada en una herramienta de esta índole e importancia sea inequívoca.

- **Envío Automático de Alertas.**

En efecto, el software OSIssoft incluye una función que permite enviar alertas por correo electrónico al cliente si se dan una serie de circunstancias y situaciones previamente definidas en su actividad industrial.

De esta manera, el cliente solicitó ser informado de aquellas situaciones del ciclo de fabricación irregulares y además repetitivas en el tiempo. Sin embargo, para que PI Vision pueda considerar una situación como irregular debe de compararla con algo.

Así, por ejemplo, para considerar que una operación concreta tiene una duración muy elevada debe de compararla con el resto de las operaciones



iguales y realizadas en el pasado. El problema es que PI Vision al ser una herramienta de inteligencia operacional, registra miles de datos al día, que a pesar de que son datos históricos a los que se puede acceder en cualquier momento, es bastante complejo acceder a ellos del modo requerido por el cliente.

Deseo subrayar que ambos requerimientos no son imposibles de cumplir, pero el primero de ellos requiere de la recogida de una serie de parámetros aún no posibles de captar y el segundo, requiere de una tarea muy compleja de comparación entre datos históricos y datos en tiempo real que no ha sido posible llevar a cabo en este proyecto.

# CAPÍTULO 8. ESTIMACIÓN DEL COSTE ECONÓMICO DE LA HERRAMIENTA.

## 8.1 Introducción.

Dado que la herramienta de inteligencia operacional ha sido desarrollada exclusivamente para la factoría de Michelin en Valladolid y se ha implantado en ella, se va a realizar como instancia final, un estudio económico aproximado que estime y cuantifique el coste monetario que ha supuesto para la empresa la elaboración e implantación de dicha herramienta digital.

## 8.2 Estimación de Costes Totales.

En la elaboración de este proyecto se han llevado a cabo multitud de tareas y actividades diferentes sin las cuales su desarrollo no habría sido posible.

Así, para poder cuantificar de manera precisa el coste total asociado al proyecto digital, se va a calcular por un lado el coste de dichas actividades y, por otro lado, el coste asociado a la amortización de los activos empleados.

### 8.2.1 Estimación de Coste de Actividades.

La estimación de costes por actividades se ha realizado evaluando estas mediante tres parámetros:

1. N.º personas implicadas en la actividad (P).
2. Horas dedicadas a la actividad (H).
3. Coste de la hora de la persona implicada en la actividad (CH).

Por lo tanto, la fórmula para el cálculo de costes de actividad que se propone es la siguiente:

$$\text{Coste Actividad} = P \cdot H \cdot CH$$

En la tabla siguiente (**Tabla 23**) se muestra la estimación del coste de la hora trabajada de las distintas personas que de un modo u otro han participado en el desarrollo de la herramienta digital:

Persona Implicada	Coste Hora (€)
Becario de Ingeniero de Organización Industrial	3,62
Ingeniero de Automatización	25,00
Ingeniero de Organización Industrial	12,50
Ingeniero de Calidad	15,63
Operarios	11,25
Tutor de Prácticas	25,00
Jefe de Taller de Ensamblado	21,875

**Tabla 23.** Coste Horario de las Personas Implicadas.

- **Becario de Ingeniero de Organización Industrial (Bec):** Siendo este mi caso en particular, con una jornada laboral completa de 8 horas al día.

- **Ingeniero de Automatización (Ing. Aut.):** Siendo la persona encargada de impartir la formación de OSIssoft en dos sesiones, así como la realización de otras tareas asociadas al proyecto y su planificación.
- **Ingeniero de Organización Industrial (Ing. Org.):** Siendo estos mis compañeros del departamento de organización agrícola, con una jornada laboral completa.
- **Ingeniero de Calidad (Ing. Cal.):** Implicada como parte representante del departamento de calidad en la recogida de sus requerimientos.
- **Operarios (Op.):** Implicados como parte de mi formación sobre el ciclo de fabricación del ensamblado agrícola.
- **Tutor de Prácticas Asignado (Tut.):** Siendo la persona encargada de tutorizarme en el transcurso del proyecto con una media jornada laboral de 6 horas al día.
- **Jefe del Taller de Ensamblado (Jefe Ensam.) :** Implicada como parte representante del departamento de fabricación del taller de ensamblado agrícola en la recogida de sus requerimientos.

Para simplificar la visualización de las tablas de costes se muestra entre paréntesis la abreviatura que hemos proporcionado a cada una de las personas implicadas.

Dicho esto, la clasificación por paquetes de actividades y la estimación aproximada de su coste se muestra en las siguientes tablas (**Tabla 24, Tabla 25, Tabla 26, Tabla 27, Tabla 28 y Tabla 29**):

Implementación de una Herramienta de Inteligencia Operacional Para Monitorizar en Tiempo Real la Actividad Industrial.

Código	Paquete	Código	Actividad	Fecha Inicio	Fecha Fin	Duración (h)	Persona Implicada	N.º Personas	€/h	Coste (€)
1	Formación Industrial	1.1	Leer Documentos Descriptivos de la Actividad	25/10/2021	25/10/2021	5	Bec.	1	3,62	18,1
		1.2	Leer Métodos Operatorios	26/10/2021	26/10/2021	3	Bec.	1	3,62	10,86
		1.3	Leer Sismogramas	27/10/2021	27/10/2021	3	Bec.	1	3,62	10,86
		1.4	Realizar Visita Guiada al Taller Agrícola	27/10/2021	27/10/2021	1	Ing. Org.	2	12,5	25
				Bec.	1	3,62	3,62			
		1.5	Visualizar Ciclos de Producción en el Taller	08/11/2021	19/11/2021	10	Op.	4	11,25	450
							Bec.	1	3,62	36,2
		1.6	Realizar Visita Guiada al Taller Turismo	18/11/2021	18/11/2021	2	Ing. Org.	4	12,5	100
Bec.	1						3,62	7,24		
1.7	Acudir al Taller para Consulta de Dudas	22/11/2021	06/04/2022	2	Op.	2	11,25	45		
					Bec.	1	3,62	7,24		
<b>TOTAL</b>						<b>26</b>	<b>TOTAL</b>		<b>714,12</b>	

Tabla 24. Coste de Actividad 1.

Código	Paquete	Código	Actividad	Fecha Inicio	Fecha Fin	Duración (h)	Persona Implicada	N.º Personas	€/h	Coste (€)
2	Formación Digital	2.1	Llamar Servicio de Informática para pedir Licencias	29/10/2021	29/10/2021	0,5	Bec.	1	3,62	1,81
		2.2	Instalar PI Datalink y PI Vision en mi Ordenador.	29/10/2021	29/10/2021	2	Bec.	1	3,62	7,24
		2.3	Recibir Primera Formación de OSIssoft.	02/11/2021	02/11/2021	2,5	Ing. Aut.	1	25	62,5
							Bec.	1	3,62	9,05
		2.4	Recibir Segunda Formación de PI Vision.	04/11/2021	04/11/2021	2,5	Ing. Aut.	1	25	62,5
							Bec.	1	3,62	9,05
		2.5	Realizar Tareas y Solicitud de Reprogramación de Variables.	08/11/2021	06/04/2022	3	Ing. Aut.	1	25	75
Bec.	1						3,62	10,86		
<b>TOTAL</b>						<b>10,5</b>	<b>TOTAL</b>		<b>238,01</b>	

Tabla 25. Coste de Actividad 2.

Código	Paquete	Código	Actividad	Fecha Inicio	Fecha Fin	Duración (h)	Persona Implicada	N.º Personas	€/h	Coste (€)	
3	Recogida de Requerimientos	3.1	Convocar y Preparar Reuniones	29/10/2021	29/10/2021	0,5	Bec.	1	3,62	1,81	
		3.2	Realizar Reunión con Departamento de Organización	03/11/2021	03/11/2021	1	Ing. Org.	2	12,5	25	
							Bec.	1	3,62	3,62	
		3.3	Realizar Reunión con Departamento de Fabricación de Ensamblado	12/11/2021	12/11/2021	1,5	Ing. Org.	2	12,5	37,5	
							Bec.	1	3,62	5,43	
							Jefe Ensam.	2	21,875	65,625	
3.4	Realizar Reunión con Departamento de Calidad	17/11/2021	17/11/2021	1	Ing. Org.	2	12,5	25			
					Bec.	1	3,62	3,62			
					Ing. Cal.	1	15,63	15,63			
3.5	Recoger Requerimientos para Desarrollo de Herramienta	04/11/2021	19/11/2021	3	Bec.	1	3,62	10,86			
<b>TOTAL</b>						<b>7</b>				<b>TOTAL</b>	<b>194,095</b>

Tabla 26. Coste de Actividad 3.

Código	Paquete	Código	Actividad	Fecha Inicio	Fecha Fin	Duración (h)	Persona Implicada	N.º Personas	€/h	Coste (€)	
4	Desarrollo de Herramienta Digital	4.1	Leer Documentación de OSIssoft	08/11/2021	10/11/2021	3	Bec.	1	3,62	10,86	
		4.2	Trabajar con PI Datalink	17/11/2021	26/11/2021	20	Bec.	1	3,62	72,4	
		4.3	Desarrollar la Herramienta Digital en PI Vision	29/11/2021	14/03/2022	350	Bec.	1	3,62	1267	
<b>TOTAL</b>						<b>373</b>				<b>TOTAL</b>	<b>1350,26</b>

Tabla 27. Coste de Actividad 4.

Implementación de una Herramienta de Inteligencia Operacional Para Monitorizar en Tiempo Real la Actividad Industrial.

Código	Paquete	Código	Actividad	Fecha Inicio	Fecha Fin	Duración (h)	Persona Implicada	N.º Personas	€/h	Coste (€)	
5	Implantación de la Herramienta Digital	5.1	Convocar y Preparar Primera Presentación de Proyecto	14/01/2022	14/01/2022	0,25	Bec.	1	3,62	0,905	
		5.2	Presentar Primer Prototipo de Herramienta	20/01/2022	20/01/2022	2	Bec.	1	3,62	7,24	
							Ing. Org.	2	12,5	50	
							Jefe Ensam.	2	21,875	87,5	
		5.3	Convocar y Preparar Segunda Presentación de Proyecto	17/02/2022	17/02/2022	0,25	Bec.	1	3,62	0,905	
		5.4	Presentar Segundo Prototipo de Herramienta	24/02/2022	24/02/2022	2	Bec.	1	3,62	7,24	
							Ing. Org.	2	12,5	50	
							Jefe Ensam.	6	21,875	262,5	
		5.5	Implantar Herramienta Final en Taller Agrícola.	15/03/2022	15/03/2022	0,5	Bec.	1	3,62	1,81	
							Jefe. Ensam.	1	21,875	10,94	
<b>TOTAL</b>						<b>5</b>				<b>TOTAL</b>	<b>479,04</b>

Tabla 28. Coste de Actividad 5.

Código	Paquete	Código	Actividad	Fecha Inicio	Fecha Fin	Duración (h)	Persona Implicada	N.º Personas	€/h	Coste (€)	
6	Seguimiento de Trabajo	6.1	Realizar Reuniones con Tutor de Prácticas	08/11/2021	06/04/2022	2	Bec.	1	3,62	7,24	
							Tut.	1	25	50	
		6.2	Realizar Reunión Semanal con Departamento de Organización	19/11/2021	18/03/2022	15	Bec.	1	12,5	187,5	
							Ing. Org.	1	3,62	54,3	
<b>TOTAL</b>						<b>17</b>				<b>TOTAL</b>	<b>299,04</b>

Tabla 29. Coste de Actividad 6.

Ahora, agrupando cada paquete de trabajo se obtiene el coste total asociado a todas las actividades que se han llevado a cabo para la obtención del proyecto (ver **Tabla 30**).

Código	Paquete	Coste (€)
1	Formación Industrial	714,12
2	Formación Digital	238,01
3	Recogida de Requerimientos	194,095
4	Desarrollo de Herramienta Digital	1350,26
5	Implantación de la Herramienta Digital	479,04
6	Seguimiento de Trabajo	299,04
<b>TOTAL (€)</b>		<b>3274,565</b>

**Tabla 30.** Coste Total de Actividades.

## 8.2.2 Estimación de Coste de Amortización.

Así mismo, asociados al desempeño diario de la herramienta y a su sistema operativo, debe tenerse en cuenta el proceso de amortización que sufren los elementos de hardware y software que han sido empleados en él.

Teniendo en cuenta que la depreciación es la pérdida de valor que sufre un activo con el paso del tiempo (**Vázquez Burguillo, 2016**), su cálculo se realiza mediante las siguientes fórmulas:

Valor Residual= Valor Inicial/Vida útil en Años

Depreciación= (Valor Inicial-Valor Residual) / Vida útil en Años

Dichas fórmulas proporcionan la depreciación correspondiente a un año completo, no obstante, en este caso, la duración del desempeño en la organización ha sido de 5,5 meses. Por lo tanto, se va a calcular el valor de la depreciación anual y se imputará a 5,5 meses, considerando que esta depreciación se produce de forma constante y lineal en el tiempo, con una vida útil estimada de 5 años (ver **Tabla 31**).

Concepto	Valor Inicial (€)	Vida Útil	Valor Residual (€)	Depreciación Anual (€)	Depreciación Imputada (€)
Equipos para Procesos de Información	199	5	39,8	191,04	87,8784
Aplicaciones Informáticas (OSIsoft)	35000	5	7000	33600	15456
Mobiliario	30	5	6	28,8	13,248
<b>TOTAL</b>				<b>15557,13</b>	

**Tabla 31.** Costes Asociados a Amortización de Materiales.



Por lo tanto, se estima (**Tabla 32**) que el coste total asociado al diseño, desarrollo e implantación de la herramienta de inteligencia operacional es de DIECIOCHO MIL OCHOCIENTOS TREINTA Y UNO EUROS Y SEISCIENTOS NOVENTA Y CINCO CÉNTIMOS.

Concepto	Coste (€)
Coste Asociado a Actividades	3274,565
Coste Asociado a Materiales	15557,13
<b>TOTAL (€)</b>	<b>18831,695</b>

**Tabla 32.** Costes Totales Asociados al Proyecto.

# CAPÍTULO 9. CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS.

## 9.1 Introducción.

Para finalizar con el desarrollo del presente Trabajo de Fin de Grado se van a detallar, por un lado, las conclusiones obtenidas tras la realización del mismo y, por otro lado, una serie de líneas futuras de mejora que pueden resultar muy beneficiosas para la herramienta digital y, por tanto, para la propia empresa.

## 9.2 Conclusiones.

Al inicio del proyecto digital la factoría de Michelin en Valladolid se encontraba con una problemática asociada al desconocimiento de información relativa a sus procesos diarios.

Por un lado, para poder conocer el estado de funcionamiento de sus máquinas, así como la calidad de su fabricación y otros parámetros, las personas encargadas debían desplazarse constantemente hasta la zona o máquina del taller.

Por otro lado, no era posible recoger y analizar toda la información relativa a las desviaciones del proceso productivo teórico de sus neumáticos, esto es, las pequeñas paradas o averías de las máquinas, la hora exacta de inicio y fin de estas o los desarrollos de diámetro fuera de las tolerancias, entre otras.

El desconocimiento de las situaciones anómalas incapacitaba a la empresa para actuar a tiempo ante ellas y prevenirlas o solventarlas de un modo eficaz.

Hoy, la herramienta digital de visualización plasmada en este Trabajo de Fin de Grado y desempeñada en la factoría de Michelin en Valladolid se encuentra implantada en el taller de ensamblado agrícola.

Dicha herramienta está operando todo el día y permite monitorizar y mostrar a sus usuarios en tiempo real el estado de su actividad industrial en cada zona y máquina del taller. Además, a través de su formato y colores fácilmente asociables, los usuarios son capaces de interpretar rápidamente todas las situaciones dadas en el taller.

El hecho de haber trabajado hacia el cumplimiento de las necesidades solicitadas por distintos grupos de la empresa ha permitido crear una herramienta de trabajo que aporta valor a distintos departamentos de la organización.

Tan es así, que se ha generado un nuevo modelo de gestión en cada departamento del siguiente modo:

- **Departamento de organización industrial.**  
Ahora es capaz de medir y cronometrar rápidamente multitud de tiempos de fabricación sin necesidad de esperar físicamente mientras se desempeñan los ciclos completos. Además, pueden acceder al

registro histórico de todos los parámetros almacenados para realizar análisis de los mismo si así se requiere.

Esto supone el ahorro de una ingente cantidad de tiempo a diario, así como un conocimiento mucho más preciso de los procesos del taller.

- **Departamento de jefes de la actividad de ensamblado agrícola.**

Ahora es capaz de conocer desde un monitor todas las situaciones dadas en su taller para así actuar a tiempo sobre aquellas que son anómalas y lanzar las medidas oportunas para volver a la norma.

Esto ha permitido una mejor organización de sus recursos, organizando los equipos y las capacidades productivas en función del estado de cada máquina del taller. Asimismo, ha permitido predecir y actuar a tiempo solventando aquellos problemas que de no haberse resuelto en ese momento podrían haber supuesto un problema mucho mayor.

- **Departamento de calidad.**

Ahora puede acceder al registro histórico de los parámetros asociados a la calidad de cada neumático fabricado, de modo que se puede identificar la razón y momento exacto de los pequeños fallos de calidad de estos.

El ahorro de tiempo de los distintos departamentos, el conocimiento más preciso y real de la actividad junto con la posibilidad de identificar patrones y actuar de un modo reactivo se traduce en un incremento notable de la calidad y la productividad de la organización.

Dicho esto, por tanto, concluyo que se ha alcanzado exitosamente el objetivo principal buscado con este proyecto, habiendo obtenido a título personal un resultado muy satisfactorio.

## 9.3 Líneas Futuras de Mejora.

Si bien es cierto que el proyecto desarrollado ha alcanzado su objetivo principal y, además, ha cumplido con casi la totalidad de los requerimientos solicitados por el cliente, se van a desarrollar una serie de líneas que pueden suponer una mejora en su uso y funcionamiento:

1. **Activo de Estocaje de Neumáticos.**

Programar un nuevo activo en la base de datos que recoja la información relativa al stock de neumáticos que posee la empresa diariamente al comienzo de la actividad en ensamblado. Para su desempeño sería necesario un trabajo por parte del departamento de planificación proporcionando dicha información.

A través de PI Vision sería sencillo programar una variable que opere con el stock inicial y la producción diaria para calcular el stock que queda al final del día.

## **2. Métodos Operatorios Calculados.**

Introducir los métodos operatorios calculados para cada modelo de neumático a la base de datos. De esta manera, se podría programar en PI Vision una gráfica que compare en tiempo real los valores de tiempo definidos para cada ciclo y los reales.

Esto permitiría al usuario identificar rápidamente aquellas operaciones que tienen una duración mucho mayor o menor y con qué frecuencia se dan estas irregularidades.

## **3. Registro de Paradas.**

Incluir en la base de datos el registro de paradas y problemas que los operarios declaran en sus máquinas. De esta manera, PI Vision podría asociar y mostrar por pantalla el motivo exacto por el que una máquina está parada o qué problema se ha producido en ella.

## **4. Falta de Material.**

Programar un parámetro complementario de aprovisionamiento en el que el operario pueda indicar el material exacto que ha necesitado abastecer.

Es importante subrayar que estos registros existen, pero se mueven a día de hoy por otras vías ajenas al base de datos.

## **5. Aplicación Digital en el Móvil.**

Implantar la herramienta digital en los dispositivos móviles de sus usuarios, de modo que ya no necesiten desplazarse hasta el taller o acceder a un ordenador para visualizar el estado de la actividad industrial. Así, podrían conocer desde cualquier lugar y en cualquier momento toda la actividad desarrollada, los posibles problemas o paradas existentes y decidir si se requiere o no de su intervención en ese momento.

En definitiva, si se implantaran estas propuestas, la herramienta digital desarrollada podría ser más potente y útil, dado que agruparía en un único medio mucha más cantidad de información, permitiendo a PI Vision realizar análisis más profundos que podrían servir para muchos otros departamentos de la actividad agrícola.

# BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS.

- Azure. (2019). *¿Qué es PaaS?*. Recuperado el 21 de 02 de 2022, de <https://azure.microsoft.com/es-es/overview/what-is-paas/>
- Berganzo, J. (2021). *Captura de Datos en Planta*. Recuperado el 10 de 02 de 2022, de Sistemas OEE.: <https://www.sistemasoe.com/captura-de-datos-en-planta/>
- Bustamante Martínez, A., Galvis Lista, E., & Gómez Flórez, L. C. (2013). *Técnicas de Modelado de Procesos de ETL: Una Revisión de Alternativas y su Aplicación en un Proyecto de Desarrollo de una Solución BI. *Scientia Et Technica**.
- C.R. (2018). *Michelin Investit dans de Nouvelles Machines qui Facilitent le Travail des Ouvriers. *Le Journal de Saône et Loire**.
- Cabrera, H. R., Rodríguez Pérez, B., León González, J. L., & Medina León, A. (2020). *Ideas y Conceptos Básicos para la Comprensión de las Industrias 4.0. *Revista Universidad y Sociedad**.
- Carne Presser, C. (2009). *Data Mining*. El Cid Editor.
- Cobarsí-Morales, J. (2011). *Sistemas de Información en la Empresa*. Editorial UOC.
- Conesa Caralt, J., & Curto Díaz, J. (2011). *Introducción al Business Intelligence*. Editorial UOC.
- Data.europa.eu. (2021). *Open Data in Europe 2021*. Obtenido de [data.europa.eu](https://data.europa.eu/en): <https://data.europa.eu/en>
- Ekon. (2020). *Almacenamiento Cloud: Tipos, Servicios y Ventajas*. Recuperado el 21 de 02 de 2022, de <https://www.ekon.es/blog/almacenamiento-cloud/>
- Fernández, M. A., & Pajares, R. (2017). *La Digitalización del Mundo Industrial. *Economía Industrial**.
- Fernández, O. (2022). *Comparativa Herramientas ETL más Usadas en la Empresa*. Recuperado el 20 de 02 de 2022, de Aprender BIG DATA.: <https://aprenderbigdata.com/herramientas-etl/>
- García, M. (2019). *IoT - Internet Of Things*. Recuperado el 12 de 02 de 2022, de [Deloitte.:](https://www2.deloitte.com/es/es/pages/technology/articles/iot-internet-of-things.html) <https://www2.deloitte.com/es/es/pages/technology/articles/iot-internet-of-things.html>
- González Rosas, L. (2012). *Inteligencia de Negocios. Business Intelligence (BI)*. UPAEP.
- Guiu Garrell, A., & Guilera Agüera, L. (2019). *La Industria 4.0 en la Sociedad Digital*. Marge Books.

- Hueso Ibáñez, L. (2014). *Bases de Datos*. RA-MA, S.A.
- Huidobro, J. M. (2014). *Telecomunicaciones. Tecnologías, Redes y Servicios*. RA-MA S.A.
- Ibáñez, A. (2019). Industria 4.0: el Cambio en Forma de Nueva Revolución Industrial. *Ferrovial Blog*. Obtenido de Ferrovial Blog.
- Ibarra Sixto, J. (2013). *Aplicaciones Informáticas de Bases de Datos Relacionales*. EDITORIAL CEP, S.L.
- Joyanes Aguilar, L., Camargo Vega, J. J., & Giraldo Marín, L. M. (2016). La Inteligencia de Negocios Como una Herramienta en la Gestión Académica. *Revista Científica*.
- León Guzmán, E. (2019). *Minería de Datos*. Universidad Nacional de Colombia.
- López Benítez, Y. (2018). *Business Intelligence ADGG102PO*. IC Editorial.
- López, J. (2020). ¿Qué es la Industria 4.0? *Factoría del Futuro*. Recuperado el 06 de 02 de 2022, de <https://www.factoriadelfuturo.com/que-es-la-industria-4-0/#>
- Luhn, H. P. (1958). A Business Intelligence System. *IBM Journal*.
- Madakam, S., Ramaswamy, R., & Tripathi, S. (2015). Internet of Things (IoT): A Literature Review. *Journal of Computer and Communications*.
- Michelin. (2021). *Informe Anual 2020 Michelin España Portugal*.
- Michelin. (2021). Histoire de Michelin. Recuperado el 21 de 01 de 2022, de <https://www.michelin.com/le-groupe-michelin/nous-connaitre/notre-histoire/>
- Miteris. (2020). *Bases de Datos: Definición, Elementos y Tipos*. Recuperado el 20 de 02 de 2022, de <https://www.miteris.com/blog/bases-de-datos-definicion-elementos-tipos/>
- Motor.es. (2017). Así se Fabrica un Neumático Michelin. Recuperado el 06 de 02 de 2022, de <https://www.youtube.com/watch?v=n1X6bWAtFrM>
- OSIsoft. (2021). *Les Pionniers des Données au Service d'une Mission : L'histoire d'OSIsoft*. Recuperado el 03 de 03 de 2022, de <https://www.osisoft.fr/company/our-story>
- Pulido Romero, E., Escobar Domínguez, O., & Núñez Pérez, J. A. (2019). *Base de Datos*. Patria Editorial.
- Rodríguez Rodríguez, A., & Bernal Gamboa, E. (2019). *Gestión de la Información Cuantitativa en las Universidades*. Imagen Editorial.
- Rosado Gomez, A. A., & Rico Bautista, D. W. (2010). Inteligencia de Negocios: Estado del Arte. *Scientia et Technica*.



Ruiz Martinez, J. C. (2021). *Tecnologías de Almacenamiento NAS, DAS y SAN, ¿Qué son y en que se Diferencian?* Recuperado el 10 de 02 de 2022, de YMANT.: <https://www.ymant.com/blog/tecnologias-de-almacenamiento-nas-das-y-san-que-son-y-en-que-se-diferencian/>

Sánchez Colunga, J. (2020). *Cómo crear activos y análisis de PISystem con AF. OSIssoft.*

Vázquez Burguillo, R. (2016). Depreciación. *Economipedia.*

von See, A. (2021). Amount of Data Created, Consumed, and Stored 2010-2025. *Statista.*

Yglesias, R. (2008). *Inteligencia de Negocios Operacional.* Recuperado el 28 de 02 de 2022, de Oracle.: <https://www.oracle.com/technetwork/es/documentation/317539-esa.pdf>