



GENERALITAT  
VALENCIANA

TOTS  
A UNA  
veu

**IVACE**  
INSTITUT VALENCIÀ DE  
COMPETITIVITAT EMPRESARIAL

UNIÓN EUROPEA  
Fondo Europeo de  
Desarrollo Regional  
Una manera de hacer Europa

"Proyecto cofinanciado por los Fondos FEDER,  
dentro del Programa Operativo FEDER  
de la Comunidad Valenciana 2014 - 2020"

# SAIN4

**Sistemas Avanzados de eficiencia productiva para la Industria 4.0**

**PROGRAMA:** PROYECTOS DE I+D EN COLABORACIÓN

**ACTUACIÓN:** IMDECA-Proyectos de I+D en colaboración

Entregable 4.1 (E4.1- Publico)

Informe de Resultados del desarrollo del  
Sistema de Gestión Avanzada

Pertenciente al paquete de trabajo: PT4

Participante responsable: ITI

Mes estimado de entrega: Mes 30

---

## RESUMEN

SAIN4 es un proyecto financiado con el Instituto Valenciano de Competitividad Empresarial (IVACE) y la Unión Europea a través del Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER).

El presente documento tiene el objetivo detallar las tareas de diseño y construcción del Sistema de Gestión Avanza (SGA) que permita a las que permita a las empresas Valencianas de los sectores Madera-Mueble y Metalmecánico visualizar e interpretar los datos relativos al funcionamiento de los sistemas de producción en la Industria 4.0, así como el resultado de las predicción del motor de prognosis y los indicadores OEE.

## ABSTRACT

SAIN4 is a project funded by the Valencian Institute for Business Competitiveness (IVACE) and the European Union through the European Regional Development Fund (FEDER).

This document aims detail the tasks of design and construction of the Advanced Management System (AMS) that allows the companies that allow the Valencian companies of the wood-furniture and metal-mechanical sectors to visualize and interpret the data related to the operation of the production systems in Industry 4.0, as well as the result of prediction engine prognosis and OEE indicators.

## Tabla de Contenidos

<b>1</b>	<b>Introducción .....</b>	<b>4</b>
1.1	<i>Objetivos del Paquete de Trabajo 4 .....</i>	4
1.2	<i>Objetivo del Presente Documento.....</i>	4
<b>2</b>	<b>Análisis de requisitos .....</b>	<b>5</b>
2.1	<i>Requerimientos no funcionales.....</i>	5
2.2	<i>Requerimientos funcionales.....</i>	5
2.2.1	ROYO GROUP .....	5
2.2.2	SATIS COATING.....	6
<b>3</b>	<b>Especificaciones para la construcción del SGA .....</b>	<b>8</b>
3.1	<i>Diseño de indicadores OEE.....</i>	8
3.2.1	Indicadores de ROYO GROUP .....	9
3.2.2	Indicadores de SATIS COATING .....	11
3.2	<i>Arquitectura general.....</i>	12
3.2.1	Integración y despliegue de componentes .....	13
3.2.2	Procesos en el motor de prognosis .....	15
3.3	<i>Diseño de la solución.....</i>	15
3.3.1	Caracterización de los usuarios.....	15
3.3.2	Casos de uso.....	16
3.3.3	Mapa web .....	18
3.3.4	Mockups.....	19
3.3.5	Imagen corporativa .....	26
3.3.6	Modelo de datos .....	26
<b>4</b>	<b>Resultados de la construcción del SGA .....</b>	<b>28</b>
4.1	<i>Backend.....</i>	28
4.2	<i>Frontend.....</i>	29
<b>5</b>	<b>Validación del SGA.....</b>	<b>33</b>
5.1	<i>Especificación del plan de pruebas del SGA .....</i>	33
5.2	<i>Resultados de la validación.....</i>	34

---

## 1 Introducción

### 1.1 Objetivos del Paquete de Trabajo 4

El presente paquete de trabajo se centra en el **diseño, desarrollo y validación de un Sistema de Gestión Avanzada (SGA)** que permita al usuario visualizar e interpretar los datos relativos al funcionamiento de los sistemas de producción en la Industria 4.0, así como el resultado de las predicciones del motor de prognosis y los indicadores OEE.

Para ello, se implementarán **técnicas de visualización de datos** que permitan interpretar grandes volúmenes de datos para la toma de decisiones relativas a la mejora de la eficiencia productiva a través de la calibración, acciones preventivas y correctivas, etc. Como, por ejemplo, visualización de datos a través de *dashboards* de indicadores, mapas de calor, gráficos de control, árboles de decisión, gráficos de comparación, histogramas, etc.

El objetivo final se centra facilitar la comprensión y predecir el futuro comportamiento de nuestro sistema productivo para mejorar los resultados de los indicadores OEE.

### 1.2 Objetivo del Presente Documento

El objetivo del entregable E4.1 es detallar las tareas de diseño y construcción del *Sistema de Gestión Avanzada (SGA)* para el apoyo en la toma de decisiones a las empresas Valencianas de los sectores Madera-Mueble y Metalmecánico para la optimización de tres factores con repercusión en el OEE del proceso, es decir la Eficiencia en los equipos industriales, su Disponibilidad gracias a los procesos de mantenimiento y la estimación de la Calidad en la producción.

En concreto, recoge las actividades realizadas durante la ejecución del paquete de trabajo y que incluye:

- **Especificaciones para la construcción del SGA:** incluyendo la descripción de las tecnologías seleccionadas, diseño de casos de uso, diagramas de secuencia, arquitectura, mock-ups y un plan de validación y testeo.
- **Construcción del SGA e integración de componentes:** permite conocer la descripción del entorno de desarrollo y evidenciar cada uno de los resultados obtenidos durante las tareas mediante capturas de pantalla.
- **Validación del SGA:** recoge los resultados de la evaluación del SGA en el entorno controlado del laboratorio del Instituto Tecnológico de Informática entorno controlado, así como indicadores de las acciones correctivas realizadas para solucionar problemas de funcionamiento.
- **Prueba de concepto del SGA en las empresas cooperantes:** recoge evidencias y análisis de los resultados obtenidos durante el despliegue y uso del SGA en las instalaciones de las empresas cooperantes ROYO GROUP y SATIS COATING.

---

## 2 Análisis de requisitos

### 2.1 Requerimientos no funcionales

Para poder realizar la construcción del Sistema de Gestión Avanzado (SGA) hace falta realizar un estudio de los requisitos desde el punto de vista no funcional para la definición de la arquitectura software que permitan establecer qué tecnologías y herramientas van a utilizarse.

A continuación, se muestran los requisitos identificados a lo largo de este proceso de análisis:

1. Un *Data Cluster* que almacene los datos para su posterior procesado y almacene los valores calculados para los indicadores OEE.
2. Un modelo matemático que detecte anomalías en los datos analizados.
3. Un modelo matemático que calcule los indicadores OEE cada hora, turno, día, semana y mes.
4. Un proceso ETL que extraiga los datos, los transforme y los inyecte en los modelos matemáticos.
5. Una base de datos donde almacenar las anomalías detectadas.
6. Una aplicación web que muestre estas anomalías y permita realizar acciones sobre ellas.
7. Una aplicación *backend* que se encargue de recibir las anomalías y almacenarlas en la base de datos además de proporcionar la información de estas a la aplicación web.
8. Identificar los roles de los usuarios que acceden al sistema y que responsabilidades tienen.

En base a estos requisitos se debe analizar una arquitectura que cumpla con los requisitos y que permita desarrollar una aplicación software compuesta por un conjunto de herramientas específicas para cada uno de ellos.

### 2.2 Requerimientos funcionales

Los requerimientos funcionales hacen alusión a las necesidades que tienen los usuarios desde un punto de vista de casos de uso, por lo que en este caso se hizo un análisis desde el punto de vista de cada uno de las empresas cooperantes para analizar cuáles son sus procesos y cómo pueden verse cubiertos por el SGA.

#### 2.2.1 ROYO GROUP

En general, los procesos de acabado en el Sector del Mueble son los que presentan un mayor índice de problemas de calidad, bastante más que los procesos de mecanizado o montaje. En el caso de ROYO el porcentaje de rechazos en la línea de acabado, según datos de la propia empresa, es de un 6% en promedio. Estos rechazos tienen su origen en causas muy diversas y no siempre asignables, ya que hay numerosas variables que pueden influir en el resultado del proceso y hasta la fecha no se ha realizado un análisis riguroso que pueda explicar esta variabilidad.

Por otra parte, la medición de la productividad o de la eficacia del proceso de acabado no se ha abordado hasta la fecha ya que la toma de los datos requeridos es laboriosa y presenta muchas inexactitudes cuando se realiza manualmente. Esta dificultad tiene su origen en diversas causas: series de fabricación de pocas o muy pocas piezas, con tiempos de cambio y

preparación que no terminan de definirse correctamente, falta de funcionalidad del SAP para la adquisición de determinados datos en tiempo real, registros manuales inexactos, etc.

La participación de ROYO GROUP como empresa piloto de este proyecto persigue realizar una primera aproximación para resolver ambas carencias de la forma más eficaz posible. Para ello en junio de 2017 se plantea una reunión entre el personal responsable del proyecto por parte de ROYO y de los IT participantes, durante la cual se expuso un planteamiento de cómo podría estructurarse el sistema de gestión avanzada de forma que fuese útil, pero al mismo tiempo sencillo de manejar, al menos a ciertos niveles. El modo de uso de la aplicación de gestión debe considerar el rol de cada usuario, aunque en general se considera que el personal de planta debe poder visualizar resultados o previsiones, pero sin que tenga obligación ni necesidad de realizar ningún tipo de gestión de la información. El primer nivel con acceso a la carga de información debe situarse a partir de jefe de línea o responsable de mejora continua, o responsable de calidad. Seguidamente se resumen los diferentes roles.

Desde el punto de vista organizativo, tal y como está estructurada la empresa, se considera que la información más operativa debe poderse visualizar por los operarios de planta, ya que son éstos quienes están más cerca de los problemas reales diarios. El responsable de línea o de sección, además de acceder a la información operativa, debe poder ver información resumida en forma de indicadores de rendimiento o de incidencias ocurridas en su línea o sección, y debe poder sugerir acciones correctoras o medidas de mejora. El responsable de producción, además de poder acceder a la información anterior en toda la planta, debe gestionar los permisos de la aplicación. Por último, el Director General podrá ver cualquier información que desee, aunque en primer plano debe aparecer el resumen de los indicadores de planta y por líneas o secciones.

En cuanto a los datos o información que se debe presentar en el Sistema de Gestión Avanzada, se plantea la siguiente:

1. Mediciones recogidas por cada sensor individualmente, presentadas de forma gráfica.
2. Evolución de los indicadores de calidad, rendimiento y disponibilidad al menos, así como de otros indicadores que se defina para medir productividad, costes, consumos, etc.
3. Cálculo y evolución del OEE
4. Objetivos y desviaciones respecto a los objetivos que se defina en cada indicador
5. Incidencias que aparecen en un periodo temporal determinado (típicamente una semana)
6. Predicciones que realiza la herramienta, en cuanto a evolución de los indicadores seleccionados
7. Recomendaciones de acción en caso de que aparezcan incidencias, o que las predicciones realizadas queden por debajo de los objetivos.

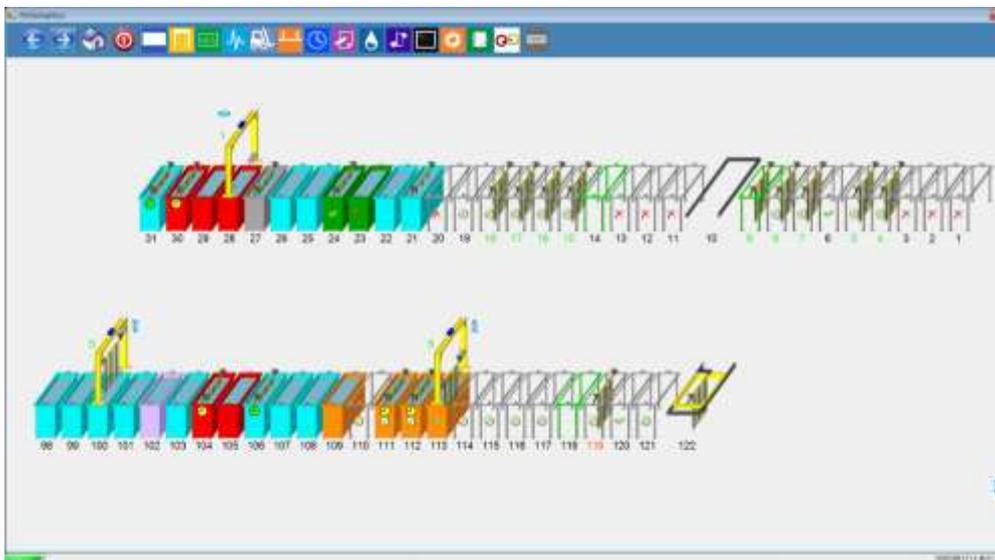
En cualquier caso, se es consciente de que esta información se plantea a priori y sin experiencia previa en la utilización de herramientas de este tipo.

## 2.2.2 SATIS COATING

El proceso de SATIS COATING tiene por objeto en el proyecto es el de cromado de piezas plásticas, que se realiza en una instalación en continuo con diferentes estaciones de trabajo.

El proceso comienza con el posicionado manual de las piezas en bastidores que entra de forma individual en una línea de baños formada por 130 cubetas. Hasta un total de 100 bastidores son programados en hasta 77 recetas diferentes en las que se indica cuánto tiempo deben sumergirse en una cubeta determinada. Cada cubeta dispondrá de una configuración determinada por proceso de cromado (capa níquel, cama cromo, enjuagues, etc), por lo que es necesaria la implementación de una estrategia de recetas para paralelizar el número máximo de bastidores.

El aspecto más importante del proceso se centra en el control de calidad, ya que la disposición de las piezas en el bastidor parece influir en esta debido a cambios de temperatura, amperaje o pH en la cubeta. Estas variables son medidas y recogidas por un sistema MES que dispone la empresa llamado Gate, disponiendo de estos datos en una base de datos SQL Server con una duración máxima de 3 meses de histórico. Esos datos son eliminados para evitar problemas de funcionamiento de la aplicación.



Como puede verse en la imagen, la aplicación permite conocer en tiempo real el estado de cada cubeta y las recetas que están programadas en ese momento, realizando control univariante de cada señal mediante umbrales estáticos configurados previamente.



productividad de la planta.

El OEE está compuesto por tres parámetros que miden la disponibilidad (fracción de tiempo en la que el proceso está realmente disponible para producir), la calidad (fracción de piezas aceptables respecto al total) y el rendimiento (tasa de producción real frente a la que se podría alcanzar). Se expresa como producto de estos tres parámetros y refleja el porcentaje de eficiencia global del proceso o máquina.

$$OEE = \text{Disponibilidad} \times \text{Rendimiento} \times \text{Calidad}$$

De forma gráfica, el OEE se puede representar como sigue:



Con esta representación, el cálculo del OEE se realiza del modo siguiente:

$$\begin{aligned}
 \text{Disponibilidad} &= \frac{\text{Tiempo operativo}}{\text{Tiempo disponible}} \\
 \text{Rendimiento} &= \frac{\text{Tiempo operativo neto}}{\text{Tiempo operativo}} \\
 \text{Calidad} &= \frac{\text{Tiempo productivo real}}{\text{Tiempo operativo neto}}
 \end{aligned}
 \left. \vphantom{\begin{aligned} \text{Disponibilidad} \\ \text{Rendimiento} \\ \text{Calidad} \end{aligned}} \right\}
 \begin{aligned}
 OEE &= D \times R \times C \\
 OEE &= \frac{\text{Tiempo productivo real}}{\text{Tiempo disponible}}
 \end{aligned}$$

Como puede observarse, para el cálculo de los componentes del OEE se necesita conocer la distribución de tiempos detallada. En ocasiones este dato se puede extraer con facilidad, pero en otros casos puede resultar complejo

De una forma más práctica, se puede representar de esta otra forma:



Si se considera esta segunda opción el cálculo es más intuitivo y la información que se necesita es más sencilla de obtener, ya que para calcular el rendimiento y la calidad no se requiere medir los tiempos sino las piezas fabricadas y las rechazadas. Obviamente, requiere que se conozca el tiempo de fabricación predeterminado para cada pieza, lo cual puede ser un inconveniente en determinadas empresas.

$$\begin{aligned}
 \text{Disponibilidad} &= \frac{\text{Tiempo operativo}}{\text{Tiempo disponible}} \\
 \text{Rendimiento} &= \frac{\text{Piezas fabricadas}}{\text{Producción teórica}} \\
 \text{Calidad} &= \frac{\text{Piezas conformes}}{\text{Piezas fabricadas}}
 \end{aligned}
 \left. \vphantom{\begin{aligned} \text{Disponibilidad} \\ \text{Rendimiento} \\ \text{Calidad} \end{aligned}} \right\}
 \begin{aligned}
 \text{OEE} &= D \times R \times C \\
 \text{OEE} &= \frac{\text{Piezas conformes} \times \text{Tiempo de ciclo}}{\text{Tiempo disponible}}
 \end{aligned}$$

### 3.2 Indicadores de ROYO GROUP

En el caso del piloto de ROYO, se consideró adecuado definir los componentes del OEE del modo siguiente.

<b>RENDIMIENTO</b>	Tasa de piezas fabricadas respecto a uso efectivo de la línea (m2/hora) <b>Tasa de piezas fabricadas (m2/turno)</b>
<b>DISPONIBILIDAD</b>	<b>Tiempo de uso efectivo de la línea</b> Tiempo de línea operativa
<b>CALIDAD</b>	<b>% de piezas fabricadas OK</b>

El **rendimiento** se obtiene a partir de la superficie barnizada en lugar del número de piezas acabadas. Esta apreciación tiene sentido ya que las dimensiones de las piezas son muy diversas y no supone el mismo tiempo acabar piezas pequeñas que piezas grandes considerando que la velocidad de la línea es prácticamente constante. Además, se tiene en cuenta que el dispositivo cuenta piezas que se desarrolla permite tanto contar unidades como calcular la superficie de cada unidad. Como superficie de referencia se toma toda la superficie del tapete, es decir que se supone que la máxima eficacia se obtiene cuando todas las piezas se pueden colocar de forma que no queda ningún hueco entre ellas. Obviamente esto es una situación imposible, pero permite tener una referencia objetiva, constante y muy sencilla de calcular, y se asume que el rendimiento siempre dará un número bajo.

La **disponibilidad** se obtendrá a partir del tiempo en el que la línea esté en funcionamiento efectivo, es decir el tiempo durante el cual están saliendo piezas. Si la línea está funcionando pero no hay producción, cabe pensar que se están realizando tareas de preparación, mantenimiento o similares, y por tanto no es tiempo operativo.

La **calidad** se calcula directamente a partir de las piezas rechazadas, independiente de si después se pueden aprovechar o se eliminan.

### 1.1.1 Indicadores de SATIS COATING

En el caso específicos de SATIS COATING y las dificultades encontradas en la adquisición de los datos a través de su sistema MES, nos obligaron a definir un conjunto de indicadores que permitieran ser calculados y pronosticados.

<b>RENDIMIENTO</b>	Tasa de bastidores producidos frente a los previstos <b>Tasa de recetas terminadas</b>
<b>DISPONIBILIDAD</b>	Tiempo de espera de un bastidor para usar una cubeta Tiempo de uso de una cubeta por parte de un bastidor <b>Tasa de cubetas utilizadas</b>
<b>CALIDAD</b>	<b>% de piezas OK en el bastidor</b>

En concreto, el **rendimiento** está relacionado con la tasa de recetas terminadas en un turno y permite establecer qué política de paralelismo de cubetas para la misma receta arroja una mejor tasa de recetas. El modelo predictivo de este indicador aprenderá de los patrones del número de cubetas utilizado podrá servir para simular nuestros escenarios de eficiencia productiva.

En el caso de la **disponibilidad** se decidió centrar el objetivo en conocer la tasa de cubetas utilizadas por turno, ya que la estrategia de SATIS consiste en maximizar el número máximo de cubetas de la línea, paralelizando en algunos casos y teniendo cubetas de reserva para paradas no planificadas.

Por último, el indicador de **calidad** no fue calculado porque no disponen en la actualidad de un mecanismo digital de captura de la información de las piezas OK en un bastidor. Siguen utilizando hojas de papel.

### 3.3 Arquitectura general

Como se ha indicado en el apartado anterior, se debe definir una arquitectura que sea capaz de cumplir con los requisitos analizados. Estos requisitos son solucionados por un conjunto de herramientas que se integran entre sí para construir el motor de prognosis.

La **figura 1** muestra esta arquitectura. En ella se identifican distintas cajas que representan contenedores *Docker*. Cada contenedor contiene una herramienta que cumple con un requisito del conjunto de requisitos analizados anteriormente. A continuación, se describen estas herramientas y cuáles de los requisitos satisfacen:

- *Data Cluster*: No pertenece al sistema, pero contiene los datos necesarios para realizar los cálculos en el modelo matemático. Almacena los datos y asegura máxima disponibilidad para el motor de prognosis. Cuenta con una base de datos *Cassandra* para almacenar estos datos.
- *Data Processing*: Se encarga de extraer los datos del *Data Cluster* y los procesa para detectar las anomalías y calcular los indicadores OEE. Cuenta con un contenedor *Docker* que contiene el proceso ETL desarrollado mediante *Spark* y los modelos matemáticos desarrollados en *TensorFlow*.
- *Data Warehouse*: Se encarga de almacenar las anomalías detectadas por el *Data Processing*. Cuenta con un contenedor *Docker* que contiene una base de datos *Mysql*.
- *BackEnd*: Se encarga de recibir las anomalías, almacenarlas en el *Data Warehouse* además de proporcionar la información de estas a la aplicación web. Cuenta con un contenedor *Docker* con una aplicación desarrollada con el *framework Loopback*.
- *FrontEnd*: Permite al usuario visualizar anomalías y proporciona funcionalidad para que estas anomalías puedan ser gestionadas. Cuenta con un contenedor *Docker* con una aplicación desarrollada mediante el *framework AngularJs*.

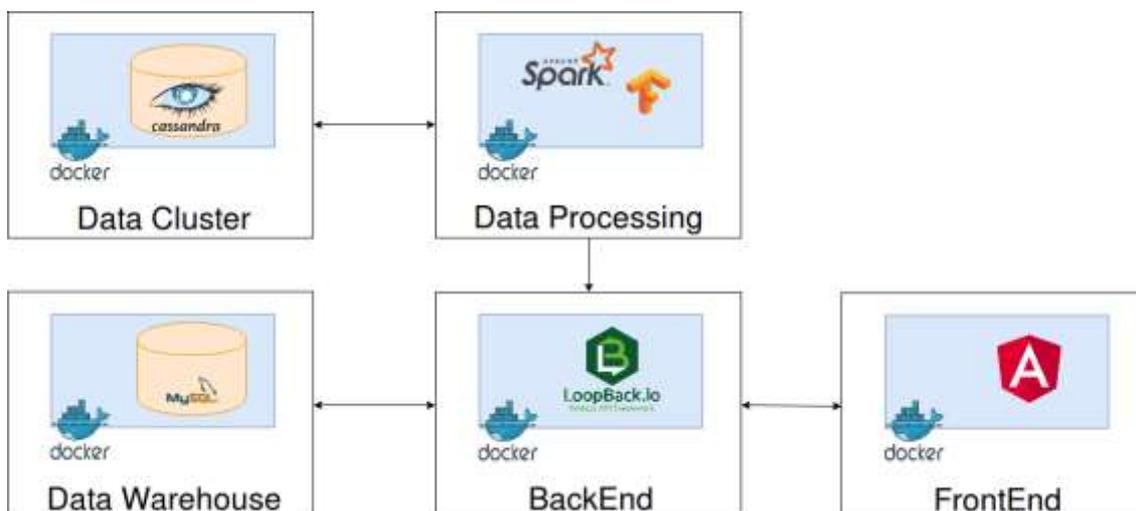


Figura 1: Arquitectura del motor de pronóstico

### 3.3.1 Integración y despliegue de componentes

El despliegue de una aplicación siempre es un punto delicado. Cada ordenador o sistema informático donde se despliega una aplicación es único. Esto implica que la máquina donde se ha desarrollado una aplicación y la máquina donde va a ser desplegada, con total seguridad, van a ser distintas.

Por todo esto se ha optado en realizar el desarrollo y el despliegue bajo contenedores *Docker*. *Docker* es un gestor de contenedores que permite desplegar y ejecutar aplicaciones de forma aislada. Para ello, utiliza imágenes, las cuales son cargadas en memoria con toda la configuración necesaria para que la aplicación funcione.

Los contenedores ejecutan aplicaciones de manera nativa en el *kernel* del host. Estos tienen mejores características de rendimiento que las máquinas virtuales que solo tienen acceso a los recursos del host a través del *hipervisor*. Los contenedores pueden obtener acceso nativo, cada uno ejecutándose en un proceso, sin utilizar más memoria que cualquier otro ejecutable.

El beneficio de utilizar los contenedores consiste en aislar las características particulares de cada máquina, ya sea de desarrollo o de despliegue, mediante la inclusión de una plataforma que proporciona un *kernel* común. Además, *Docker* proporciona mecanismos para generar *clusters* y realizar el escalado como *Docker Swarm*.



**Figura 2:** Diagrama de una máquina virtual



**Figura 3:** Diagrama de un contenedor

La integración de estas herramientas se realiza mediante el protocolo HTTP a través de una arquitectura REST. Los principales principios de esta arquitectura son:

- **Cliente-servidor:** Esta define que deben de estar separados el cliente del servidor a través de interfaces uniformes, es decir el cliente no sabe nada de cómo se almacena la información, ni como se está obteniendo. Por otro lado, los servidores no saben la manera en la que se está presentado la información.
- **No manejan estado:** El servidor no debe de contener ningún contexto sobre el cliente que está haciendo la solicitud. La solicitud del cliente debe tener toda la información necesaria para poder procesar la solicitud en el servidor, esto permite crear aplicaciones más escalables sin que tener preocupación sobre cómo debe de responder el servidor a la pérdida de la sesión del cliente por pérdida de conectividad.
- **Capaces de almacenarse en caché:** En el WWW los clientes no tienen un mecanismo de almacenar las respuestas en caché. Las respuestas deben de estar implícitas o en su defecto explícitamente deben definirse a sí mismas como almacenables en caché o no, para evitar que los clientes hagan uso inapropiado de información regresada por una solicitud.
- **Sistemas en capas:** El cliente no debe de saber si está conectado directamente a un servidor final o a un intermediario. un servidor intermediario te puede ayudar a balancear las cargas y la escalabilidad de la aplicación.
- **Código bajo demanda:** Los servidores pueden ser capaces de extender la funcionalidad de un cliente transfiriéndole lógica que puedan ejecutar, por ejemplo, *Java Applets* o *JavaScript*.
- **Interface Uniforme:** Son recursos individuales que deben de estar incluidos dentro de la solicitud.

Cabe destacar que existe una comunicación que no se realiza mediante esta arquitectura, que es la que se encarga de comunicar el *backenk* con el *data warehouse*. Esta comunicación se realiza mediante un conector específico para la base de datos utilizada.

### 3.3.2 Procesos en el motor de prognosis

Hasta este punto se ha explicado cual ha sido la infraestructura necesaria para desarrollar el motor de prognosis. En este punto se va a cuáles son los procesos que se realizan en él.

- **Cálculo de las anomalías:** El motor de prognosis permite detectar cuales son las anomalías que se han producido en el sistema. A través de una tarea programada que se ejecuta cada treinta minutos, el módulo *data processing* extrae los datos del *Data Cluster* desde el momento actual hasta treinta minutos antes. Estos datos son procesados por un modelo que detecta si en ese rango temporal se ha producido alguna anomalía. En caso de producirse alguna anomalía, los datos de esta son enviados al *backend* para su almacenamiento. Si la anomalía es nueva, esta es insertada en la base de datos. En caso de que ya exista la anomalía se actualiza con los datos obtenidos en el actual cálculo. El usuario podrá comprobar estas anomalías a través del *frontend* del sistema.
- **Cálculo de los indicadores OEE:** El motor de prognosis también calculara los indicadores OEE para cada turno en función de las recetas introducidas en el turno anterior. Al igual que pasa en el cálculo de las anomalías, mediante una tarea programada que se ejecuta al inicio de cada turno, el *data processing* extrae los datos del *Data Cluster* y son procesados por un modelo realizado en *Tensorflow*. Una vez los indicadores son calculados, se almacenan en el *Data Cluster* para su futura consulta.

## 3.4 Diseño de la solución

### 3.4.1 Caracterización de los usuarios

En este punto se van a describir los distintos roles dentro de los usuarios que participan en el proceso de producción. Estos usuarios tendrán una serie de responsabilidades dentro de este proceso y en base a eso, podrán acceder a distintas secciones de la herramienta. Los roles identificados son:

- **Operario:** Es la persona encargada de estar en la línea de producción y de gestionar la maquinaria. Necesita tener conocimiento del estado de la máquina y de sus anomalías, así como de las predicciones de disponibilidad de esta. Necesita tener acceso a los siguientes apartados de la herramienta:
  - **Dashboard:** Permitirá al operario tener una visión general del estado de la línea de producción.
  - **Medidas:** Permitirá al operario tener una visión del estado de la máquina y de los sensores que miden este estado.
  - **Anomalías:** Permitirá al operario tener una visión de las anomalías que se producen en la máquina para poder corregirlas. También podrá ver un histórico de las anomalías que se han ido produciendo.
  - **Predicciones:** Permitirá al operario poder ver las predicciones de disponibilidad de la máquina.
- **Ingeniero de planta:** Los ingenieros en Producción Industrial son ingenieros de integración de recurso humano, materiales, equipos, recursos financieros, información

y tecnología para operar y controlar sistemas de producción de bienes y servicios. Así mismo, los profesionales en esta disciplina están capacitados para manejar cambios rápidos de tecnología y altos niveles de innovación, observando el sistema como un todo y buscando la mejor combinación de estos recursos, mediante la aplicación de las herramientas y metodologías propias de la Ingeniería en Producción Industrial. Podrá acceder a las mismas herramientas que un operario, además de las siguientes:

- **Recomendaciones:** Permitirá ver las indicaciones para mejorar los procesos de producción o para predecir errores futuros en ella.
- **Inspector de calidad:** Los inspectores de control de calidad supervisan que los productos cumplan con las normas de calidad y seguridad. Entre sus funciones concretas están la elaboración de un plan de control, comprobar las muestras y examinar los productos, registrar los controles realizados y elaborar informes. Podrá acceder a las mismas herramientas que un ingeniero de planta.
- **Jefe de producción:** El jefe de producción se responsabiliza de todas las actividades relacionadas con el proceso productivo (fabricación, calidad, mantenimiento, logística, compras...), de acuerdo con las directrices generales marcadas por gerencia. Dirige, controla y apoya a la estructura humana y técnica implicada en el proceso de fabricación. Además, dirige y controla las mejoras de organización de los procesos productivos según las normativas de calidad, medio ambiente y prevención de riesgos laborales. Podrá acceder a las mismas herramientas que un ingeniero de planta, además de las siguientes:
  - **Indicadores:** Permitirá consultar el porcentaje cumplido de los indicadores de Rendimiento, Calidad y Disponibilidad.
  - **Gestión de usuario:** Permitirá dar de alta usuarios en el sistema y concederles permisos para que puedan acceder a las distintas secciones de la herramienta.
- **Gerente:** El gerente es el director y coordinador de una empresa o de parte de ella. Se encarga de coordinar los recursos de una empresa y de establecer unos objetivos a cumplimentar. Debe tener acceso a todas las secciones de la herramienta.
- **Administrador:** El administrador del sistema es el encargado de gestionar la herramienta y de conceder autorizaciones y permisos en ella. No solo debe tener acceso a todas las funcionalidades de la herramienta sino también a la infraestructura que se ha generado para desplegarla.
- **Sistema experto:** Este rol o usuario es el encargado de insertar las anomalías en el sistema. Este usuario se conectará a la plataforma desde el módulo de *data processing* y enviará anomalías al *backend*.

### 3.4.2 Casos de uso

Los casos de uso descritos a continuación van a describir un conjunto de funcionalidades que deben ser implementadas en la herramienta a desarrollar. En ellos se va a describir el alcance que debe tener y como deben comportar. Se han identificado los siguientes casos de uso:

- **Acceder a la herramienta:** Se debe incluir un acceso a la herramienta. Este acceso se realizará mediante un usuario y una contraseña. En caso de que el usuario y la

contraseña sean correctos, el usuario podrá acceder a la herramienta. En caso contrario, el usuario no podrá acceder.

- **Dashboard:** Muestra una visión general del estado de la planta. En él se puede observar el estado de los indicadores OEE del turno actual y las alertas del turno actual. A nivel de indicador OEE se puede observar una predicción de cual será y cuál era el estado a lo largo del turno.
- **Medidas:** El usuario podrá visualizar mediante una gráfica las medidas de los distintos sensores del sistema. Esta gráfica se podrá personalizar mediante las siguientes opciones:
  - Sensor: El usuario podrá seleccionar sobre que sensor desea mostrar las medidas.
  - Rango de fecha: El usuario podrá seleccionar un rango de fechas para mostrar el rango de las medidas.
  - Rango temporal: El usuario podrá seleccionar el rango temporal del sensor entre los siguientes:
    - Media hora
    - Una hora
    - Un turno
    - Un día
- **Predicciones:** El usuario podrá visualizar una gráfica donde se muestre el estado actual y el futuro de los indicadores. Este gráfico podrá modificarse con los siguientes parámetros:
  - Indicador: El usuario podrá seleccionar sobre que indicador quiere mostrar las predicciones.
  - Rango temporal: El usuario podrá seleccionar el rango temporal del sensor entre los siguientes:
    - Turno
    - Día
    - Semana
    - Mes
  - Para cada indicador se mostrará cual ha sido su estado el turno, el día y la semana anterior y cual se predice que será el turno, día y semana siguiente.
- **Listado de alertas:** El usuario podrá consultar un listado de alertas que afectan o puedan afectar al sistema. Mediante estas alertas, el usuario podrá visualizar los problemas actuales o los que se pueden producir. En este listado se mostrarán los siguientes elementos:
  - Nº Alerta: Identifica la alerta.
  - Estado: El estado de la alerta. Puede ser Nueva, Planificada o Finalizada.
  - Fecha: La fecha y hora en la que se ha producido la alerta.
  - Riesgo: El riesgo de la alerta. Puede ser Alto, Medio o Bajo.
  - Máquina: A que máquina afecta la alerta.
  - Descripción: Breve descripción de la alerta.

El listado de alertas debe poder filtrarse por todos los elementos anteriormente descritos.

- **Detalle de alerta:** El usuario debe poder seleccionar una alerta y poder consultar el detalle de esta. En el detalle se debe mostrar la información anteriormente descrita además de un gráfico que muestre un histórico de los datos capturados del sensor antes, durante y después de producirse la alerta. También se incluirá un histórico de esta alerta para poder observar porque estados ha pasado.
- **Planificación de las alertas:** El usuario debe ser capaz de planificar una acción e indicar en que rango temporal se debe planificar. Las posibles acciones son: Descartar, Finalizar y Planificar. Por otro lado, el rango temporal se puede indicar mediante un número de horas hasta una fecha determinada.
- **Recomendaciones:** El usuario podrá consultar un listado de recomendaciones que afectarán a los distintos indicadores que le permitirán tomar decisiones. Este listado no muestra problemas, si no indicaciones para que se mejore la producción. Este listado contará con los siguientes elementos:
  - Tipo: A que indicador afecta la recomendación.
  - Nivel: Qué importancia tiene la recomendación. Puede ser de tres tipos, Alto, Medio o Bajo.
  - Descripción: Breve descripción sobre la recomendación.
  - Objetivo: Objetivo a cumplir por el indicador.
  - Valor: Valor actual del indicador.
- **Detalle de recomendaciones:** El usuario podrá visualizar con más detalle una recomendación haciendo *click* sobre esta en el listado de recomendaciones. Esta recomendación indicará al usuario la recomendación más apropiadas para mejorar la producción, así como un listado de posibles alternativas para poder comparar cual es mejor.
- **Indicadores:** El usuario podrá comprobar si se han cumplido los objetivos establecidos para los indicadores OEE tanto a nivel global como a nivel particular de cada una de las operaciones que pertenecen a los indicadores.

### 3.4.3 Mapa web

El mapa web de una aplicación muestra cómo se van a estructurar el conjunto de funcionalidades indicadas anteriormente y como se puede acceder a cada una de ellas. En los casos de uso anteriores, se han identificado seis funciones principales y a través de cada una de ellas se puede navegar a casos de uso más específicos.

Las seis funciones principales o casos de uso son *Dashboard*, *Medidas*, *Predicciones*, *Anomalías* e *Indicadores*.

En la **figura 4** se puede observar el mapa web y como se estructuran todas las navegaciones dentro de la aplicación:

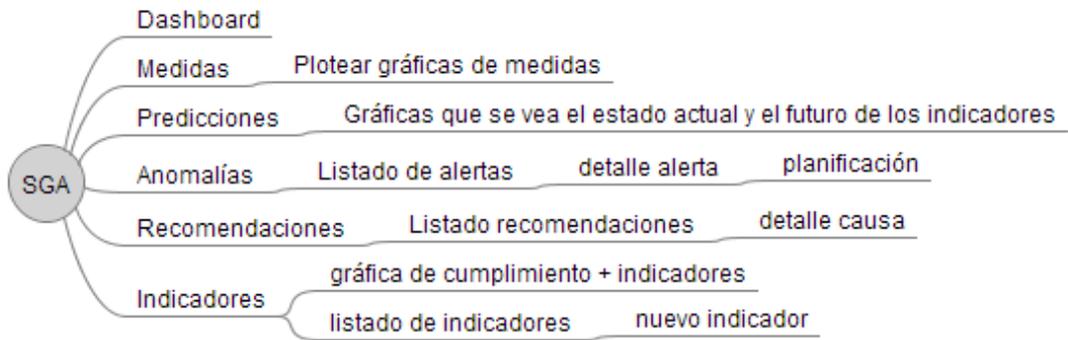


Figura 4: Mapa Web

### 3.4.4 Mockups

A lo largo de este apartado se van a mostrar los *mockups* de la aplicación y se realizará una breve explicación de las funcionalidades que se pueden identificar en ellos.

El primer *mockup* que se muestra es el correspondiente al *dashboard*. Como se ha indicado anteriormente, el *dashboard* proporciona una visión general del estado de la planta. Este se puede ver en la **figura 5**:



Figura 5: Mockup dashboard

Tal y como se puede observar en la imagen, existen tres secciones que representan distinta información del estado de la planta. La primera sección muestra el estado actual de los indicadores OEE y del estado de la línea. También muestra un listado de las alertas existentes en el sistema. Si se hace *click* sobre una alerta, la aplicación mostrara el detalle de esta alerta.

La segunda sección, objetivos, muestra cuales son los objetivos de producción de la planta. A través de un conjunto de graficas se podrá comprobar cuáles son los objetivos planificados, que objetivos se han cumplido y que objetivos no.

La última sección, predicciones, muestra el comportamiento que se ha tenido y que se espera tener a lo largo de un espacio de tiempo para los distintos indicadores OEE. A través de selectores se podrán modificar el rango de tiempo a mostrar y el indicador OEE.

El segundo *mockup* muestra el listado de anomalías del sistema. Este listado puede ser filtrado por fecha, objetivo y estado de la anomalía. El listado permitirá seleccionar una anomalía para ver en más detalle su información y planificar las acciones a realizar.



The screenshot shows a web application window titled "6. Simulation: Correlations". The interface includes a header with a logo, navigation icons, and a search bar. The main content area is titled "Anomalías" and contains a table with columns for ID, Sensor, Date, Level, Element, Value, Objective, Error, and Confidence. The table lists 10 anomalies with varying values and confidence levels.

#	Sensor	Fecha	Nivel	Elemento	Valor	Objetivo	Error	Confianza
1	S1234	12/10/15 18:23:21	Alto	Lorem ipsum dolor	43	43	1	38
2	C3112	12/10/15 18:23:22	Bajo	Lorem ipsum dolor	23	37	1	20
1	S1234	12/10/15 18:23:21	Alto	Lorem ipsum dolor	43	43	1	38
2	C3112	12/10/15 18:23:22	Medio	Lorem ipsum dolor	23	37	1	20
1	S1234	12/10/15 18:23:21	Bajo	Lorem ipsum dolor	43	43	1	38
2	C3112	12/10/15 18:23:22	Alto	Lorem ipsum dolor	23	37	1	20
1	S1234	12/10/15 18:23:21	Medio	Lorem ipsum dolor	43	43	1	38
2	C3112	12/10/15 18:23:22	Bajo	Lorem ipsum dolor	23	37	1	20
1	S1234	12/10/15 18:23:21	Alto	Lorem ipsum dolor	43	43	1	38
2	C3112	12/10/15 18:23:22	Medio	Lorem ipsum dolor	23	37	1	20
1	S1234	12/10/15 18:23:21	Bajo	Lorem ipsum dolor	43	43	1	38
2	C3112	12/10/15 18:23:22	Medio	Lorem ipsum dolor	23	37	1	20
1	S1234	12/10/15 18:23:21	Bajo	Lorem ipsum dolor	43	43	1	38

Figura 6: *Mockup* anomalías

El tercer *mockup* que se muestra en la **figura 7** permite obtener la información más detallada sobre cada uno de los indicadores OEE del sistema. Este cuenta con dos funcionalidades distintas de monitorización.

La primera permite comprobar si se han cumplido los objetivos de los indicadores OEE. A través de un filtro de selección, el usuario podrá indicar que operación quiere visualizar en un año determinado y cómo afecta esta operación al indicador OEE al que pertenece.

La segunda muestra un listado del estado actual de las distintas operaciones que afectan a los indicadores OEE. El usuario podrá ampliar este listado añadiendo nuevas operaciones a

monitorizar o exportar todo el conjunto de operaciones que afectan a los indicadores en un informe que se guardara en formato PDF.

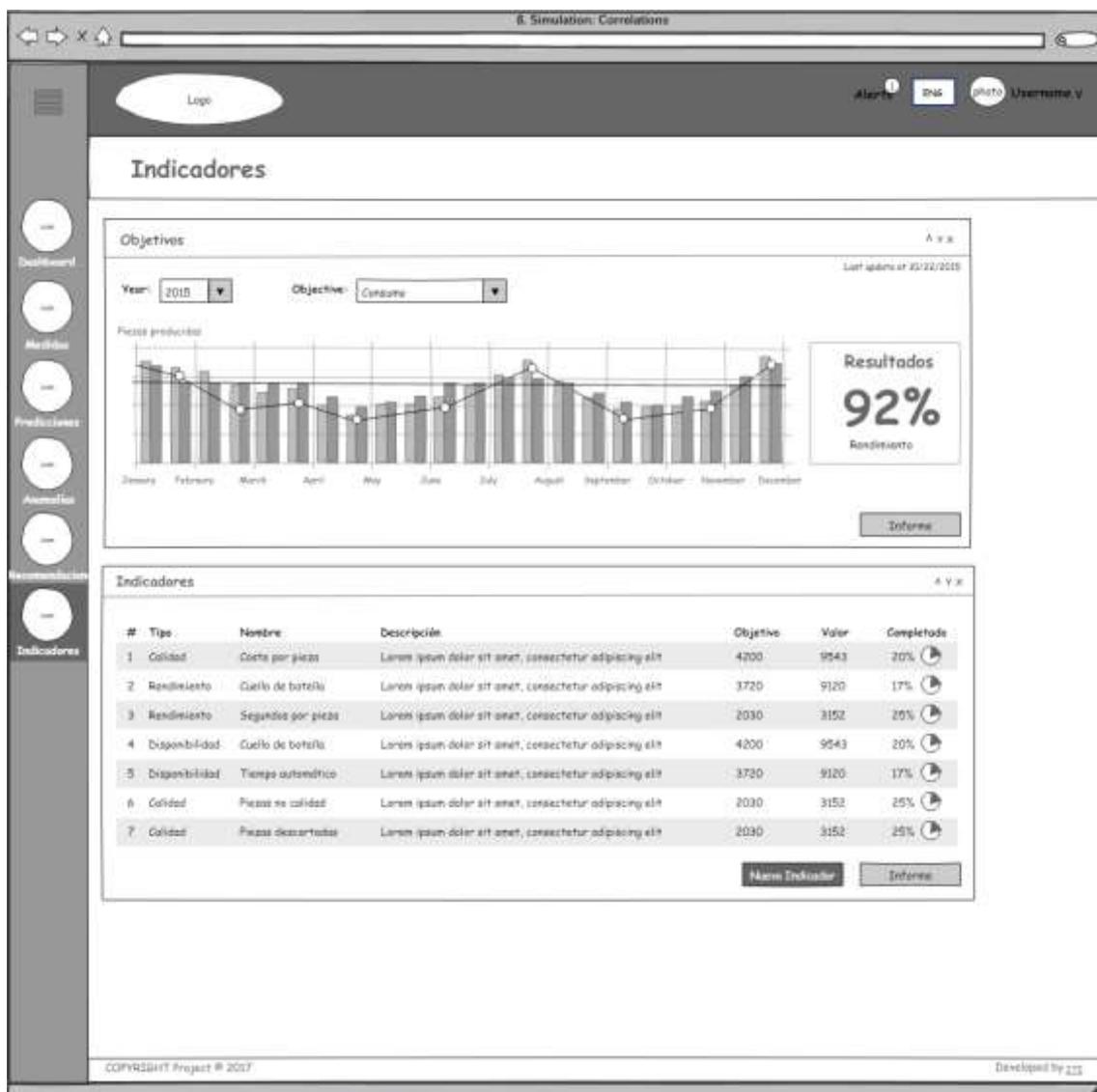


Figura 7: Mockup indicadores

La **figura 8** muestra el *mockup* de las medidas de los sensores. En él se puede observar una gráfica que mostrará estas medidas y que permitirá añadir otros sensores para poder comparar las medidas.

Mediante un conjunto de filtros, el usuario podrá modificar el rango temporal a mostrar en las medidas, la máquina y los sensores de esta máquina y el rango de fechas de los datos a mostrar.



**Figura 8:** Mockup medidas

El siguiente *mockup* muestra la información relevante a las predicciones que se esperan en el sistema, así como la información ya capturada por este. A través de un conjunto de gráficas, el usuario podrá visualizar cual es el estado del sistema y contestar a tres preguntas: ¿Cómo estoy actualmente?, ¿Cómo estaba hace un tiempo (turno anterior, día anterior, semana anterior) ?, ¿Cómo estaré en un tiempo (turno siguiente, día siguiente, semana siguiente)?

Mediante un conjunto de filtros también se podrá modificar la información mostrada. El usuario podrá seleccionar el rango de fechas de los datos a visualizar y el indicador OEE que se quiere mostrar por pantalla.



Figura 9: Mockup predicciones

El último de los *mockups* muestra un conjunto de recomendaciones proporcionadas por el sistema para mejorar el estado de la planta. Mediante un listado, el sistema mostrará que mejoras puede aplicar el usuario para aumentar el rendimiento de los indicadores OEE.

El usuario también podrá filtrar estas recomendaciones a través de un filtro que permitirá acotar el listado en función del indicador que se quiera mejorar o del rango temporal de las mejoras que se pueden aplicar.



Figura 10: Mockup recomendaciones

### 3.4.5 Imagen corporativa



### 3.4.6 Modelo de datos

El modelo de datos permite representar como va a ser estructurada la información del sistema. En la **figura 12** se puede observar la estructura de tablas perteneciente a la base de datos del sistema. Como ya se ha indicado, esta base de datos es una MySQL que se encargará de almacenar toda la información que se genere de las anomalías detectadas.

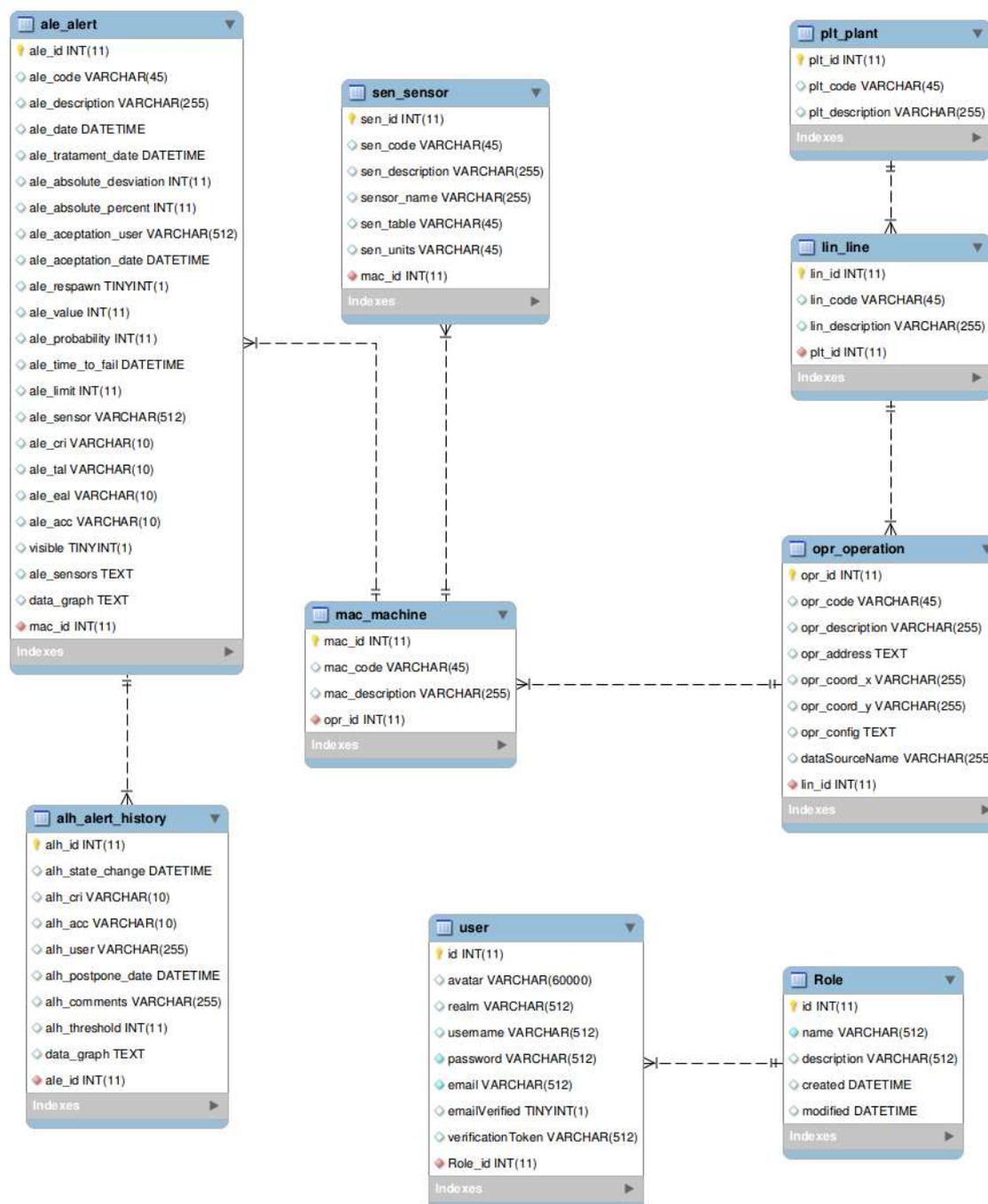


Figura 12: Modelo de datos

A continuación, se pasan a describir las tablas que componen este modelo de datos:

- User: Almacena toda la información perteneciente a los usuarios del sistema.
- Role: Almacena los distintos roles del sistema. Un usuario solo puede tener un rol.
- Plt\_plant: Almacena los datos pertenecientes a las plantas que forman la empresa. Una planta puede tener varias líneas de producción.
- Lin\_line: Almacena los datos de las líneas de producción. Una línea de producción puede tener varias operaciones a realizar.

- Opr\_operation: Almacena la información de las distintas operaciones que se realizan en la planta. Una operación puede ocupar un conjunto de máquinas.
- Mac\_machine: Almacena la información de todas las máquinas de la planta. Una máquina puede tener un conjunto de sensores y puede producir un conjunto de alertas o anomalías.
- Sen\_sensor: Almacena la información de los sensores de las máquinas.
- Ale\_alert: Almacena la información de las anomalías detectas en las máquinas. Una anomalía puede tener un histórico al largo del tiempo.
- Alh\_alert\_history: Muestra el histórico de las anomalías del sistema con todos los estados por los que ha ido pasando.

## 4 Resultados de la construcción del SGA

En este apartado se van a proporcionar las evidencias del motor de prognosis. Se mostrarán distintas imágenes o capturas de pantalla que demostraran que este sistema está desarrollado y es funcional.

### 4.1 Backend

La **figura 13** muestra una captura de pantalla del Api desplegada por el *backend*. Como se puede observar en esta imagen, el Api expone métodos de acceso para cada una de las tablas del sistema. A través de estos métodos, cualquier aplicación que se comunique con el *backend* podrá insertar, modificar, leer y borrar información.

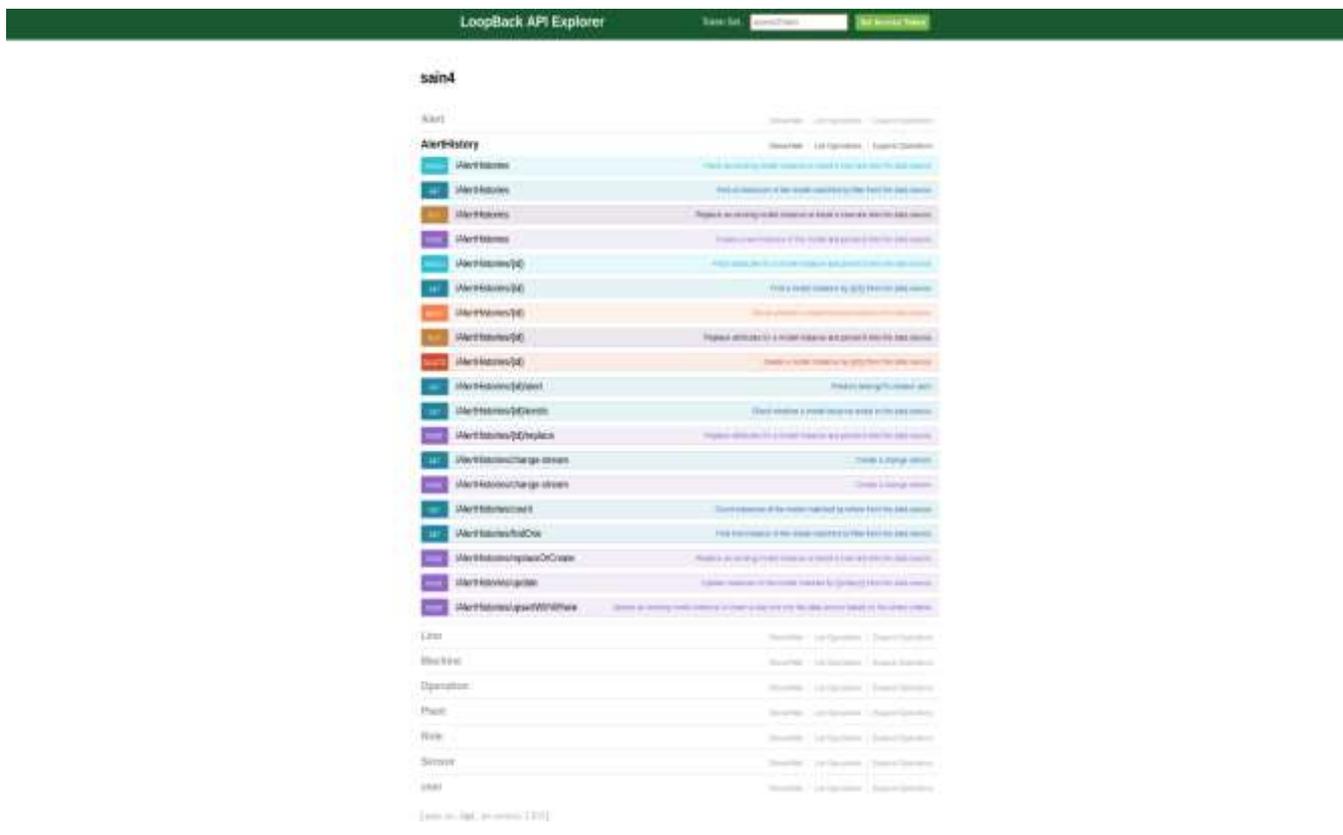


Figura 13: Resultado *backend*

## 4.2 Frontend

En ese apartado se va a mostrar el *frontend* desarrollado en base a los requisitos detectados y a los *mockups* desarrollados.

En la **figura 14** se muestra el *frontend* correspondiente al *dashboard* del sistema. Como se puede observar, se han desarrollado casi todas las funcionalidades descritas en el *mockup*.

A través de unas gráficas circulares, el usuario podrá saber cuáles son los valores de los indicadores OEE en el momento actual.

También se muestran mediante una tabla las anomalías detectadas en el turno actual. Esta tabla es una breve descripción de las anomalías a las cuales se puede acceder con más detalle haciendo un *click* en el código de estas.

La gráfica mostrada en la parte inferior corresponde a los valores almacenados y esperados para cada una de las horas del turno para cada indicador OEE. A través de un selector de botones, el usuario puede cambiar el indicador que quiere visualizar.

Figura 14: *Frontend dashboard*

En la **figura 15** se puede muestra la interfaz de usuario desarrollada para mostrar las medidas de los sensores de la planta. A través de un filtro, el usuario podrá seleccionar el rango temporal de los datos que quiere observar para según qué máquina del sistema. Por defecto este rango temporal es de un día.

Una vez cargados estos datos, el usuario podrá seleccionar que sensor quiere visualizar. Además de este sensor, el usuario también podrá seleccionar otros sensores pertenecientes a la máquina para comparar los datos y detectar un comportamiento anómalo.

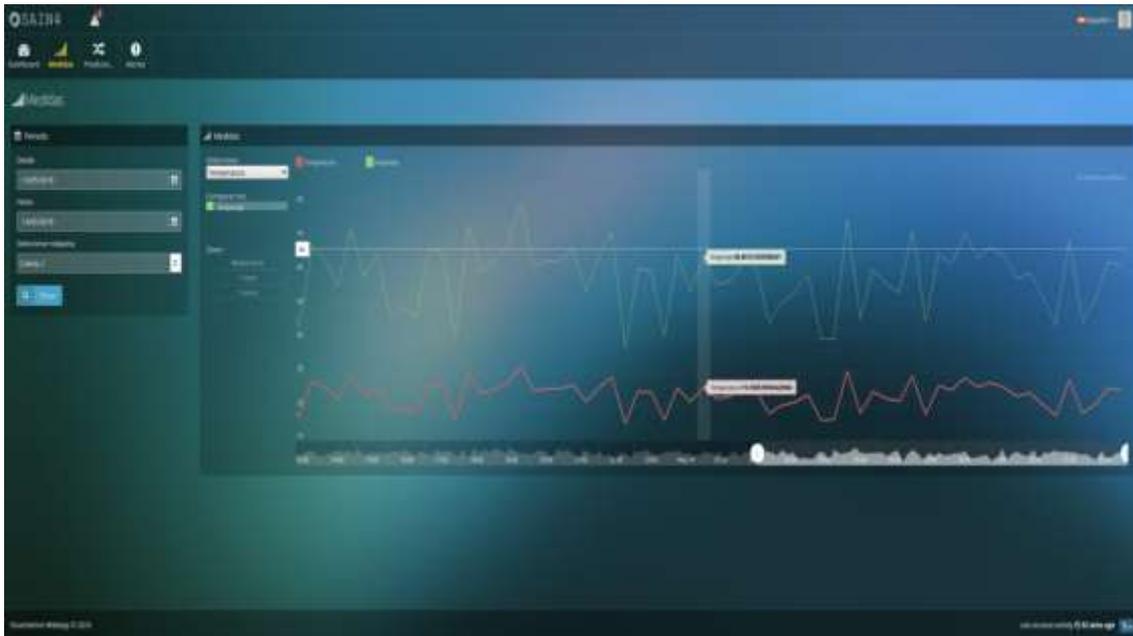


Figura 15: Frontend medidas

La siguiente figura, la **figura 16**, muestra la interfaz desarrollada para mostrar las predicciones del sistema. A través de un filtro el usuario puede seleccionar que rango temporal quiere visualizar.

La información para cada indicador OEE se muestra en distintas gráficas. El gráfico de barras muestra los valores de los indicadores OEE que se han obtenido y que se esperan en un futuro. En función del zoom que se le dé a esta gráfica, los datos se mostrarán con más o menos detalle. A través de los botones de selección, el usuario puede cambiar el indicador que quiere observar.

A la izquierda de la pantalla se muestran un conjunto de gráficos perteneciente a los indicadores OEE para el turno actual. Estos gráficos son los únicos inmutables en toda la pantalla de predicciones.

Por último, los gráficos circulares que se muestran debajo del gráfico de barras muestran cuales han sido los valores de los indicadores OEE para la semana, día y turno anterior, así como cuáles serán los valores para el turno, día y semana siguiente. Cuando el usuario modifique el indicador OEE con los botones de selección, estos gráficos también se actualizarán.



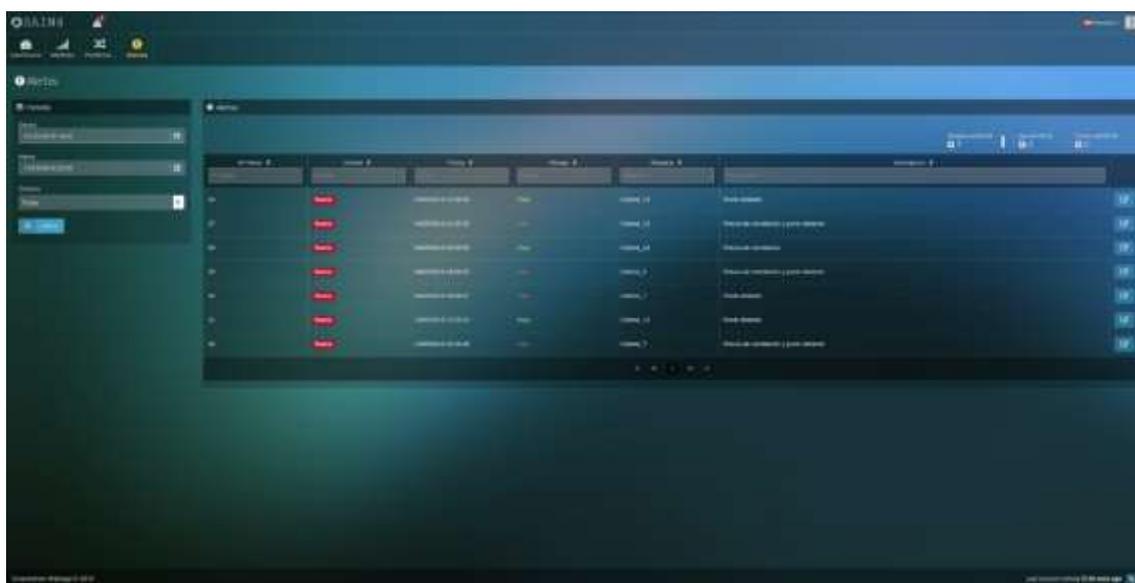
Figura 16: Frontend predicciones

Las **figuras 16 y 17** muestra la interfaz de usuario desarrolladas para visualizar y gestionar las anomalías del sistema. Las anomalías del sistema son listadas mediante una tabla que muestra una simple descripción de la alerta. A través de un botón, el usuario podrá seleccionar una anomalía para visualizarla con más detalle. Este listado de alertas puede ser filtrado seleccionando el rango temporal que se quiere mostrar.

La tabla de anomalías muestra las alertas paginadas, mostrando en cada página un total de diez anomalías. Mediante un selector, el usuario podrá cambiar de página y navegar entre el total de páginas que componen la tabla.

Otra funcionalidad que se incorpora a la tabla es la posibilidad de poder filtrar las anomalías por cada campo que la forma. Introduciendo el dato por el que se quiere filtrar en cada campo, el usuario podrá acotar la cantidad de anomalías que quiere visualizar.

Por último, en la parte superior de la tabla, se incluyen unas gráficas que muestran un resumen de cuál ha sido el estado de la planta en función de la cantidad de anomalías que se han detectado. Existen tres gráficas, una que muestra la cantidad de anomalías en el turno anterior, otra que muestra la cantidad de anomalías en el día anterior y otra que muestra la cantidad de anomalías en la semana anterior.



**Figura 17:** Frontend alertas

El usuario podrá ver los datos de la anomalía con más detalle y planificar acciones para ella. Estos datos son los ya mostrados en el listado de anomalías, pero adjuntan un gráfico que muestra el estado de los sensores en el periodo de las anomalías, antes y después. Este periodo puede ser configurado por el administrador del sistema y siempre muestra tres tramos temporales iguales. Por ejemplo, si se calcularan las anomalías para un rango temporal de treinta minutos, el gráfico mostraría una hora y media de datos del sistema.

El sistema muestra también un listado de cuales han sido los estados anteriores de esta anomalía. Este listado se muestra en una tabla paginada como la tabla de anomalías, pero solo mostrando cinco elementos.

Igual que ocurre en la tabla de anomalías, este listado puede ser filtrado por el usuario para acotar aquellos estados del sistema en los que tenga más interés en función de palabras clave que quiera buscar.

Por último, el usuario podrá planificar acciones para esta anomalía a través de un formulario o visualizar los datos de los sensores de esta máquina redirigiendo la interfaz a la pantalla de medidas.



Figura 18: Frontend detalle alerta

## 5 Validación del SGA

### 5.1 Especificación del plan de pruebas del SGA

El desarrollo de la tarea consistió en la definición y ejecución de un plan de pruebas a través del cual evaluar los resultados de construcción del SGA y, de forma adicional, cubrir los siguientes objetivos:

- Identificar el alcance, recursos, requisitos de ambiente, riesgos, supuestos y restricciones del testeo
- Identificar los motivos principales que justifican los esfuerzos de test
- Especificar la estrategia inicial de las pruebas para cada nivel de prueba identificado
- Identificar los recursos necesarios para llevar a cabo las pruebas
- Identificar, clasificar y gestionar los riesgos del proyecto de test

Los casos de test identificados en esta fase fueron los siguientes:

- Realizar login de la aplicación
- Listar alertas en dashboard
- Mostrar los indicadores OEE en el dashboard
- Cambiar de indicador OEE en la gráfica
- Mostrar gráfica de los sensores
- Filtrar los datos de los sensores por fechas
- Filtrar los datos de los sensores por hora
- Filtrar los datos de los sensores por turno
- Filtrar los datos de los sensores por cubeta
- Cambiar el indicador OEE
- Actualizar las gráficas cuando se modifica el indicador OEE

- Eliminar los filtros aplicados
- Filtrar los indicadores OEE por fecha
- Filtrar las alertas por estado
- Filtrar las alertas por riesgo
- Mostrar las alertas del día anterior
- Mostrar las alertas de la semana anterior
- Mostrar alertas turno anterior
- Ordenar la tabla de alertas
- Filtrar la tabla de alertas
- Mostrar detalle de la alerta
- Actualizar estado de la alerta cuando se genere una nueva del mismo tipo
- Mostrar gráfica de la alerta
- Mostrar alertas en la gráfica
- Añadir acción preventiva

## 5.2 Resultados de la validación

La siguiente tabla muestra los casos de test validados y las acciones correctivas realizadas en cada caso.

Case de uso	Resultado	Acciones correctivas
Realizar <i>login</i> de la aplicación	Ok	
Listar alertas en <i>dashboard</i>	Error	No se había programado la ejecución del modelo que calcula las alertas. Se ha programado la ejecución este modelo para su correcto funcionamiento.
Mostrar los indicadores OEE en el <i>dashboard</i>	Error	No se había programado la ejecución del modelo que calcula los indicadores OEE. Se ha programado la ejecución este modelo para su correcto funcionamiento.
Cambiar de indicador OEE en la gráfica	Ok	
Mostrar gráfica de los sensores	Error	Aunque funcionaba correctamente, el tiempo de ejecución era muy elevado. Se ha optimizado la consulta SQL.
Filtrar los datos de los sensores por fechas	Ok	
Filtrar los datos de los sensores por hora	Ok	
Filtrar los datos de los sensores por turno	Ok	
Filtrar los datos de los sensores por cubeta	Ok	
Cambiar el indicador OEE	Ok	
Actualizar las gráficas cuando se modifica el indicador OEE	Ok	
Eliminar los filtros aplicados	Ok	

Filtrar los indicadores OEE por fecha	Error	El servidor no recibía la fecha en el formato adecuado. Se han realizado los cambios pertinentes en el cliente para que reciba este formato.
Filtrar las alertas por estado	Error	No se estaba almacenando el estado de la alerta. Se ha incluido el estado cuando se almacena la alerta.
Filtrar las alertas por riesgo	Error	No se estaba almacenando el riesgo de la alerta. Se ha incluido el riesgo cuando se almacena la alerta.
Mostrar las alertas del día anterior	Error	La función que calculaba las alertas del día anterior no recibía correctamente la fecha. Se ha modificado y comprobado que la fecha se recibe correctamente.
Mostrar las alertas de la semana anterior	Ok	
Mostrar alertas turno anterior	Ok	
Ordenar la tabla de alertas	Error	El componente de la tabla no funcionaba correctamente. Se ha implementado un componente nuevo.
Filtrar la tabla de alertas	Error	El componente de la tabla no funcionaba correctamente. Se ha implementado un componente nuevo.
Mostrar detalle de la alerta	Ok	
Actualizar estado de la alerta cuando se genere una nueva del mismo tipo	Error	Cuando se genera una alerta nueva se inserta directamente en la base de datos. Se han realizado las modificaciones necesarias para que actualice la alerta.
Mostrar gráfica de la alerta	Ok	
Mostrar alertas en la gráfica	Ok	
Añadir acción preventiva	Error	Cuando se genera una acción correctiva se inserta directamente en la base de datos como una alerta nueva. Se han realizado las modificaciones necesarias para que actualice la alerta.

El resultado del plan de pruebas del SGA se resume en la siguiente tabla mediante la especificación de la gravedad de cada incidencia detectada:

Crítico	Mayor	Menor	Leve
2	4	1	2