



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Escola Tècnica
Superior d'Enginyeria
Informàtica

Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Informàtica
Universitat Politècnica de València

Implementación de una aplicación para la guía en la implantación de sistemas de fabricación (MES)

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería Informática

Autor: Miguel Ángel Mateo Casalí

Tutor: Andrés Boza García

Co-tutor: Francisco Fraile Gil

Curso 2018-2019

Agradecimientos

Me gustaría agradecer a todas aquellas personas que han sido fundamentales a la hora de realizar mi grado en ingeniería informática y este trabajo, en especial a Andrés Boza y Francisco Fraile por brindarme la oportunidad de involucrarme en este proyecto. También agradecerle al Centro de Investigación en Gestión e Ingeniería de Producción (CIGIP), por el trabajo hecho con ellos y por su ayuda y guía para el desarrollo de este trabajo.

Este trabajo de fin de grado nace ante la necesidad de crear una herramienta de análisis que compruebe el estado de la transformación digital del sistema de fabricación en las cadenas de producción.

Para ello, el objetivo fue establecer un protocolo de actuación enfocado al análisis del estado de transformación digital en la cadena de producción dentro de una fábrica. Conjuntamente, redactar una guía con los pasos para introducir las mejoras necesarias en los sistemas de fabricación en diferentes puntos de intervención. Finalmente, desarrollar una aplicación web que permita el análisis de nuestro modelo de madurez en la empresa.

Para poder desarrollar este trabajo, se realizó un estudio de la industria 4.0 para aportar información relevante y entender este campo. En base a este análisis, se desarrolló un modelo de madurez, es decir, un mapa que guía a la organización en la implementación de la transformación digital, independientemente del estado actual en el que se encuentre; por último, se describió el desarrollo de una aplicación web con la implantación de nuestra herramienta de análisis.

El resultado final ha sido una aplicación web desarrollada con una arquitectura Modelo-Vista-Controlador en PHP que analiza las tres dimensiones del modelo de madurez creado (Técnica, Operacional y Humano). Estas dimensiones se han basado en el modelo de procesos CMMI (Capability Maturity Model Integration).

Palabras clave: Industria 4.0, Manufacturing Execution System, ISA95, Capability Maturity Model Integration, CMMI, PHP, MVC, Modelo-Vista-Controlador.

El següent treball de final de grau naix de la necessitat de crear una ferramenta d'anàlisi que analitze l'estat de la transformació digital del sistema de fabricació en les cadenes de producció.

Per això, l'objectiu és establir un protocol d'actuació enfocada a l'anàlisi de l'estat de transformació digital dins d'una cadena de producció dins d'una fàbrica. Conjuntament, es redacta una guia amb els passos per introduir les millores necessàries en els sistemes de fabricació en diferents punts d'intervenció. Finalment, desenvolupar una aplicació web que permeti l'anàlisi dels nostres models de maduresa en l'empresa.

Per poder desenvolupar aquest treball, es va realitzar un estudi de l'indústria 4.0, que aporta informació rellevant per entendre aquest camp. En base a aquest anàlisi, es va desenvolupar un model de maduresa, es a dir, un mapa que fa de guia a l'organització en la implementació de la transformació digital, independentment de l'estat actual en que es trobe. Per últim, es va descriure el desenvolupament d'una aplicació web com la implantació de la nostra ferramenta d'anàlisi.

El resultat final és una aplicació web desenvolupada com una arquitectura Model-Vista-Controlador en PHP, que analitzarà les tres dimensions del model de maduresa creat (Tècnica, Operacional, Humà). Aquestes dimensions s'han basat en el model de processos CMMI (Capability Maturity Model Integration).

Paraules clau: Indústria 4.0, Manufacturing Execution System, ISA-95, Capability Maturity Model Integration, CMMI, PHP, MVC, Model-Vista-Controlador.

This paper is created because of the need of creating a tool to analyse and check in which phase in the digital transformation an industry is, in relation to the production chain.

The aim of this work is to establish an action protocol in order to analyse the implementation status of a MES system in a factory. Furthermore, a guide has been written, which includes the steps to follow in order to introduce the improvements needed in the assembly system, in each point of action. Finally, a web application has been developed in order to analyse our capability maturity model in the industry.

In order to develop this Project, a study about Industry 4.0 was done as a way to include relevant information that helped to understand it. Taking this analysis into account, a capability maturity model was developed, which is a guide map to organise the digital transformation and its implementation, regardless of the current status of the system; the last point was the development of the web application with our analysing tools.

The dimensions of the model will be three (technical, operational and human), and the levels of development in each of them are based on the CMMI (Capability Maturity Model Integration), which is a development model.

Keywords: Industry 4.0, Manufacturing Execution System, ISA95, assembly chain, Capability Maturity Model Integration, PHP, MVC.

Tabla de contenidos

1.Introducción	1
1.1. Motivación	1
1.2. Objetivos	1
1.2.1. Objetivo general.....	1
1.2.2. Objetivos específicos.....	2
1.3. Estructura de la memoria	2
2. Estado del arte.....	3
2.1. Industria 4.0	3
2.2. Tecnologías	5
2.2.1. Industrial Internet of Things.....	6
2.2.2. Cloud Computing	6
2.2.3. Robótica avanzada	7
2.2.4. Big Data y analítica de datos.....	7
2.2.5. Manufactura Aditiva o impresión 3D	7
2.2.6. Movilidad y Comunicaciones.....	8
2.2.7. Simulación	8
2.2.8. Nuevas interfaces de Usuario	8
2.2.9. Ciberseguridad	9
2.2.10. Interoperabilidad	9
2.2.11. Blockchain.....	9
2.3. Metodología de digitalización	10
2.3.1. Diseño de una estrategia de Transformación Digital.....	11
2.3.2. Adoptar una solución incremental basada en pilotos	11
2.3.3. Crear una red de colaboradores	12
2.3.4. Definir las capacidades de los equipos.....	12
2.4. Computer Integrated Manufacturing	12
2.5. Manufacturing Execution System (MES)	14
2.6. MESView	14
2.6.1. Eficiencia.....	15
2.6.2. Productividad	15
2.6.3. Calidad.....	16
2.6.4. Energía	16
2.6.5. Mermas	16
3. Modelo de Madurez	17

3.1. Modelos de madurez de capacidades (CMM)	17
3.2. Matriz de medición.....	18
3.3. Dimensión Técnica	20
3.3.1. Digitalización o modelado	21
3.3.2. Arquitectura ágil.....	21
3.3.3. Seguridad.....	22
3.3.4. Integración horizontal y vertical.....	22
3.4. Dimensión Operacional	23
3.4.1. Programación detallada de la producción.....	25
3.4.2. Ejecución de la producción	25
3.4.3. Gestión de recursos productivos.....	26
3.4.4. Gestión de la definición de la producción	26
3.4.5. Recopilación de datos de producción	27
3.4.6. Seguimiento de producción	27
3.4.7. Análisis de producción y rendimiento.....	28
3.5. Dimensión Humana	28
3.5.1. Formación.....	29
3.5.2. Análisis de datos.....	29
4. Desarrollo de la aplicación	30
4.1. Especificación de Requisitos.....	30
4.1.1. Ámbito de la aplicación web.....	31
4.1.2. Descripción general de la aplicación web.....	31
4.2. Análisis.....	32
4.2.1. Casos de uso.....	32
4.2.2. Descripción de los Casos de uso.....	32
4.3. Arquitecturas.....	37
4.3.1. Arquitectura Multinivel	37
4.3.2. Arquitectura orientada al servidor	37
4.3.3. Modelos de separación lógica – Arquitectura MVC.....	38
4.3.4. Arquitectura seleccionada	39
4.4. Diseño	40
4.4.1. Diagrama de clases.....	40
4.5. Implementación	43
4.5.1. Tecnologías	43
4.5.2. Herramientas	44
4.5.3. Prototipo y diseño	44

4.6. Desarrollo de la aplicación	46
4.6.1. Base de datos.....	46
4.6.2. Estructura del programa	47
4.6.3. ConfigAPP.php	48
4.6.4. ConfigGeneral.php	48
4.6.5. MainModel.php	48
4.6.6. Módulos	49
4.6.7. Seguridad.....	51
4.6.8. Login	53
4.6.9. Admin, adminList y adminSearch.....	55
4.6.10. Client, clientList y clientSearch.....	58
4.6.11. Mis datos y mi cuenta.....	61
4.6.12. Dimensiones y resultados	62
4.7. Resultados obtenidos con la aplicación	63
5. Conclusión	64
6. Bibliografía	66

Índice de ilustraciones

Figura 1. Fraile, F. (2018) <i>Revoluciones en la industria</i> . Disponible en: https://es.slideshare.net/coiicv/francisco-fraile-industria-40-y-reduccion-de-costes-ti	4
Figura 2. Fraile, F. (2018) <i>Evolución industrial</i> . Disponible en: https://es.slideshare.net/coiicv/francisco-fraile-industria-40-y-reduccion-de-costes-ti	4
Figura 3. Imagen propia. <i>Principales tecnologías de la industria 4.0</i>	5
Figura 4. Fraile, F. (2018). <i>Metodología de digitalización</i> . Disponible en: https://es.slideshare.net/coiicv/francisco-fraile-industria-40-y-reduccion-de-costes-ti	10
Figura 5. Imagen propia. <i>Opciones MESView</i>	15
Figura 6. Imagen propia. <i>Dimensiones</i>	18
Figura 7. Imagen propia. <i>Niveles CMMI</i>	19
Figura 8. Imagen propia. <i>Casos de uso</i>	32
Figura 9. Imagen propia. <i>Arquitectura multinivel</i>	37
Figura 10. Imagen propia. <i>Arquitectura Modelo-Vista-Controlador (MVC)</i>	38
Figura 11. Imagen propia. <i>Diagrama de secuencia</i>	39
Figura 12. Imagen propia. <i>Diagrama de base de datos</i>	40
Figura 13. Imagen propia. <i>Estructura de la Tabla Admin</i>	41
Figura 14. Imagen propia. <i>Estructura de la tabla Bitácora</i>	41
Figura 15. Imagen propia. <i>Estructura de la tabla Cliente</i>	41
Figura 16. Imagen propia. <i>Estructura de la tabla Cuenta</i>	42
Figura 17. Imagen propia. <i>Estructura de la tabla Dimensiones</i>	42
Figura 18. Imagen propia. <i>Primary Keys</i>	42
Figura 19. Imagen propia. <i>Índices para las tablas</i>	42
Figura 20. <i>Logo HTML5</i>	43
Figura 21. <i>Logo CSS3</i>	43
Figura 22. <i>Logo PHP</i>	43
Figura 23. <i>Logo MySQL</i>	43
Figura 24. <i>Logo JavaScript</i>	43
Figura 25. <i>Logo AJAX</i>	44
Figura 26. <i>Logo NetBeans</i>	44
Figura 27. <i>Logo XAMPP</i>	44
Figura 28. <i>Logo PhpMyAdmin</i>	44
Figura 29. <i>Logo APACHE</i>	44
Figura 30. Imagen propia. <i>Mockup – Login</i>	45
Figura 31. Imagen propia. <i>Mockup - Parte estática de la web</i>	45
Figura 32. Imagen propia. <i>Config.inc.php original</i>	46

Figura 33. Imagen propia. <i>Config.inc.php modificado</i>	46
Figura 34. Imagen propia. <i>Panel inicio PhpMyAdmin</i>	46
Figura 35. Imagen propia. <i>Estructura de la aplicación</i>	47
Figura 36. Imagen propia. <i>Código configAPP.php</i>	48
Figura 37. Imagen propia. <i>Código configGeneral.php</i>	48
Figura 38. Imagen propia. <i>Vista estática de la aplicación.</i>	49
Figura 39. Imagen propia. <i>Código plantilla.php</i>	49
Figura 40. Imagen propia. <i>Código VistaModelo.php</i>	50
Figura 41. Imagen propia. <i>Código .htaccess</i>	50
Figura 42. Imagen propia. <i>Código limpiar cadena</i>	51
Figura 43. Imagen propia. <i>Código encryption</i>	52
Figura 44. Imagen propia. <i>Código decryption</i>	52
Figura 45. Imagen propia. <i>Password en Hash</i>	52
Figura 46. Imagen propia. <i>Login de la aplicación</i>	53
Figura 47. Imagen propia. <i>Mensaje error sweetAlert</i>	54
Figura 48. Imagen propia. <i>Código sweetAlert</i>	54
Figura 49. Imagen propia. <i>Vista de Home</i>	55
Figura 50. Imagen propia. <i>Vista admin</i>	55
Figura 51. Imagen propia. <i>Vista de lista de administradores</i>	56
Figura 52. Imagen propia. <i>Vista buscador-administrador I</i>	56
Figura 53. Imagen propia. <i>Vista buscar administrador II</i>	57
Figura 54. Imagen propia. <i>Vista cliente</i>	58
Figura 55. Imagen propia. <i>Vista lista de clientes.</i>	59
Figura 56. Imagen propia. <i>Vista buscar cliente I</i>	59
Figura 57. Imagen propia. <i>Vista buscar cliente II</i>	60
Figura 59. Imagen propia. <i>Vista Mi Cuenta</i>	61
Figura 58. Imagen propia. <i>Vista Mis Datos</i>	61
Figura 60. Imagen propia. <i>Vista dimensión técnica - integración Horizontal y Vertical</i> ...	62
Figura 61. Imagen propia. <i>Pantalla resultados</i>	62

Índice de tablas

Tabla 1. Tabla propia. <i>ISA-95</i>	13
Tabla 2. Tabla propia. <i>Modelo madurez de la dimensión técnica</i>	20
Tabla 3. Tabla propia. <i>Cuestionario de digitalización o modelado</i>	21
Tabla 4. Tabla propia. <i>Cuestionario de Arquitectura ágil</i>	21
Tabla 5. Tabla propia. <i>Cuestionario de seguridad</i>	22
Tabla 6. Tabla propia. <i>Cuestionario de Integración horizontal y vertical</i>	22
Tabla 7. Tabla propia. <i>Modelo madurez de la dimensión operacional</i>	23
Tabla 8. Tabla propia. <i>Cuestionario de Programación detallada de la producción</i>	25
Tabla 9. Tabla propia. <i>Cuestionario de Ejecución de la producción</i>	25
Tabla 10. Tabla propia. <i>Cuestionario de gestión de recursos productivos</i>	26
Tabla 11. Tabla propia. <i>Cuestionario de Gestión de la definición de la producción</i>	26
Tabla 12. Tabla propia. <i>Cuestionario de Recopilación de datos de producción</i>	27
Tabla 13. Tabla propia. <i>Cuestionario seguimiento de la producción</i>	27
Tabla 14. Tabla propia. <i>Cuestionario de Análisis de producción y rendimiento</i>	28
Tabla 15. Tabla propia. <i>Modelo madurez de la dimensión humana</i>	28
Tabla 16. Tabla propia. <i>Cuestionario de Formación</i>	29
Tabla 17. Tabla propia. <i>Cuestionario de análisis de datos</i>	29
Tabla 18. Tabla propia. <i>Especificaciones técnicas.</i>	30
Tabla 19. Tabla propia. <i>Casos de uso</i>	32
Tabla 20. Tabla propia. <i>Caso de uso – login de usuario</i>	33
Tabla 21. Tabla propia. <i>Caso de uso - Agregar un usuario</i>	33
Tabla 22. Tabla propia. <i>Caso de uso - Modificar datos del usuario</i>	34
Tabla 23. Tabla propia. <i>Caso de uso - Realizar cuestionario</i>	34
Tabla 24. Tabla propia. <i>Caso de uso - Ver resultados</i>	35
Tabla 25. Tabla propia. <i>Caso de uso - Modificar cuenta del usuario</i>	35
Tabla 26. Tabla propia. <i>Caso de uso - Modificar cuenta del usuario</i>	36
Tabla 27. Tabla propia. <i>Caso de uso - Modificar los datos de la cuenta</i>	36
Tabla 28. Tabla propia. <i>Funciones MainModel.php</i>	48
Tabla 29. Tabla propia. <i>Funciones LoginControlador.php</i>	53
Tabla 30. Tabla propia. <i>Funciones LoginModelo.php</i>	53
Tabla 31. Tabla propia. <i>Funciones administradorControlador.php</i>	57
Tabla 32. Tabla propia. <i>Funciones administradorModelo.php</i>	58

1. Introducción

La globalización económica y el aumento del consumo por parte de la sociedad ha creado una necesidad, por parte de las empresas, de optimizar y mejorar los procesos de producción. Gracias a las nuevas tecnologías, es posible incrementar su efectividad con el fin de alcanzar los objetivos solicitados. El grado de automatización que tienen las fábricas ya es elevado, por lo que cambiar el proceso productivo no genera un incremento significativo de la eficiencia. Como consecuencia, se requiere insertar nuevas herramientas que permita un aumento más significativo de los recursos de la fábrica. Aquí es donde nace el concepto de “Industria 4.0” y este proyecto.

1.1. Motivación

La motivación para desarrollar este trabajo nace de la colaboración realizada con el Centro de Investigación de Gestión e Ingeniería de la Producción (CIGIP). Entre algunos de los proyectos que hacen con empresas, trabajan en el desarrollo e implementación de una herramienta llamada MesView (Basada en MES - Manufacturing Execution System). Esta herramienta está implementada entre la capa de administración ERP (Enterprise Resource Planning) y el sistema de control industrial. Este sistema hace la unión entre el control de la planta y la administración en tiempo real.

Siempre he sentido curiosidad por las aplicaciones de la informática que permiten el buen funcionamiento de las plantas de producción. Este proyecto utiliza una tecnología en auge por lo que infiere en la motivación profesional, ya que podrá aumentar mis conocimientos tanto en el desarrollo de metodologías, como el análisis de estados de implementación y programación en PHP a nivel Web. De este modo podré posicionarme mejor en el mercado laboral futuro.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

El objetivo general es la mejora de la calidad de análisis del estado de transformación digital y el estado de implementación de un sistema MES dentro de una planta de producción. Para ello, este proyecto tiene como objetivo general. Por un lado, la elaboración de un modelo de madurez para el análisis del estado de la transformación

digital y, por otro lado, elaborar una plataforma web que permita entender de forma sencilla el estado de la implementación. Esta plataforma web contará con diferentes apartados para recoger la información deseada, cuya función es que nos proporcione, de forma clara, una fotografía del estado actual de la transformación digital en la cadena de producción, en base al modelo de madurez creado.

1.2.2. Objetivos específicos

- 1) Desarrollar un modelo de madurez en base al Capability-Maturity-Model Integration (CMMI).
- 2) Desarrollar una aplicación informática que recoja la información deseada y proporcione una fotografía del estado actual de la empresa en base al modelo de madurez creado.

1.3. Estructura de la memoria

La estructura de este trabajo de fin de grado se desarrolla en dos partes diferenciadas. Por un lado, una parte teórica centrada en la contextualización del proyecto; por otro lado, el desarrollo práctico mediante las distintas herramientas.

Para entender el área de intervención se hará un estudio de la industria actual, ahondando en el concepto de “Industria 4.0” y sus tecnologías. Destacaremos las metodologías de transformación digital actual y analizaremos con atención los llamados sistemas MES (Manufacturing Execution System), siendo estos una parte fundamental que conecta la parte digital con la parte física dentro de una empresa (PLC, sensores, etc.). Posteriormente, analizaremos diferentes modelos de madurez creados para las distintas dimensiones (Técnica, Operación y Humano) y planteamos un modelo de madurez basado en CMMI.

En la segunda parte del trabajo, basándonos en la información obtenida anteriormente, se desarrollará la aplicación informática que permitirá analizar el estado de la transformación digital en la planta de producción, se complementará con unos protocolos de mejora.

2. Estado del arte

En este apartado vamos a realizar un análisis del estado actual de la industria definiendo las diferentes revoluciones. Comentaremos las tecnologías vinculadas a la industria 4.0 y las metodologías que existen para la transformación digital de las cadenas de producción. Una vez visto esto, veremos el software que existe dentro de la producción en empresas, su integración entre la fábrica y su administración. Seguidamente estudiaremos el modelo ISA-95 y el sistema de ejecución de manufactura (MES). Finalmente, hablaremos sobre una de las soluciones MES, para poder entender este tipo de software.

2.1. Industria 4.0

El término “Industria 4.0” hace referencia a un nuevo modelo de organización y control de la cadena a lo largo de los sistemas de fabricación, apoyado en las tecnologías de la información. Fue acuñado por el gobierno en Alemania (Boyes, Hallaq, Cunningham, & Watson, 2018) para referirse a las “fábricas inteligentes”, fábricas que tienen todos los procesos interconectados aplicando el modelo IOT (Internet of Things) pasando de un paradigma de producción centralizado a uno descentralizado, lo que genera una estrategia para ser competitivo en el futuro (del Val). De esta forma, los productos tienden a controlar su propio procesamiento de fábrica. Actualmente, la industria se encuentra en un proceso de transformación digital, una “revolución industrial” gracias a los avances en informática y software.

La primera revolución industrial tuvo lugar a finales del siglo XVIII. La mecanización supuso el medio para que la economía dejara de basarse en la agricultura o artesanía, para depender de la industria. La segunda revolución industrial de principios del siglo XX trajo la producción en serie, que gracias a las fábricas y líneas de montaje permitieron que se fabricaran muchos más productos. Supuso la introducción de la electricidad en el proceso de manufactura, e introdujo el concepto de producción en masa (Bortolini, Ferrari, Gamberi, Pilati, & Faccio, 2017). La década de los 70, al final del siglo XX, trae una nueva transformación, la denominada tercera revolución industrial basada en el uso de la electrónica e informática para hacer posible la sustitución de personas por la automatización de máquinas en las tareas repetitivas (Bortolini *et al.*, 2017) (Figura 1).

Debido a la unión entre las tecnologías de la información y la robótica o los sensores en la cadena de producción, se está transformando la industria tradicional

Implementación de una aplicación para la guía en la implantación de sistemas de fabricación (MES)

(información y personas) en internet de las cosas. Esta nueva perspectiva aplicada a la industria ha abierto nuevas perspectivas y planteado un abanico oportunidades basadas en el aprovechamiento de la informática. Esta implementación eliminará las barreras comerciales tradicionales permitiendo que cada vez haya más unión entre los clientes, proveedores e industria. Así nace la Industria 4.0.



Figura 1. Fraile, F. (2018). Revoluciones en la industria.

Desde el punto de vista de la competitividad en las fábricas, el grado de implantación de los diferentes avances tecnológicos que encontramos en la industria 4.0 es claramente una ventaja competitiva para cualquier empresa. Es decir, igual que estipulamos un avance tecnológico con un salto en la producción, podemos indicar del mismo modo un aumento en el grado de complejidad en su estado actual, en comparación con la historia de la industria (Bartolini *et al.*, 2010). Como se aprecia en la siguiente imagen (Figura 2), según avanzamos en la línea del tiempo, las revoluciones ocurren cada vez en un menor periodo de tiempo. De forma paralela, cada avance tecnológico conlleva una mayor complejidad, por lo que, según avanza el tiempo, se puede decir que presenta un crecimiento exponencial. No obstante, hay que remarcar que no todas las empresas requieren del mismo nivel de madurez tecnológico.



Figura 2. Fraile, F. (2018). Evolución industrial.

Un de los pilares de la industria 4.0 es la transformación digital de las empresas cambiando el paradigma de modelo de negocio. Gracias a que se digitaliza la cadena de suministro, acelera la digitalización del resto de elementos. Por ejemplo, la venta de productos finales, que utiliza cada vez más las plataformas digitales como medio de venta en internet (*E-commerce*), obligando a las empresas a organizar un cobro y envío de un lote pequeño o personalizado a cualquier parte del mundo.

En resumen, el principal avance que conlleva la implantación de las tecnologías de la industria 4.0 es favorecer más la automatización y toma de decisiones basándose en datos obtenidos en el momento. Es decir, se centra en reducir el coste, mejorando la eficiencia y generando nuevos beneficios.

2.2. Tecnologías

Gracias a los diferentes dispositivos de medición conectados a la red tenemos un flujo de datos constantes en los procesos de fabricación, logística y transporte. Todos estos datos nos permiten monitorizar el estado del producto en tiempo real (Observatorio Industria, 2018) (Fraile, Tagawa, Poler, & Ortiz, 2018). Si todo esto lo combinamos con el almacenamiento en la nube, el Big Data, las analíticas de datos, o las nuevas arquitecturas basadas en los microservicios; nos dan una base para el análisis predictivo facilitando la toma de decisiones y promoviendo la automatización en cualquier proceso. Para comprender la importancia de todas las tecnologías, vamos a resumir las principales que constituyen la industria 4.0.

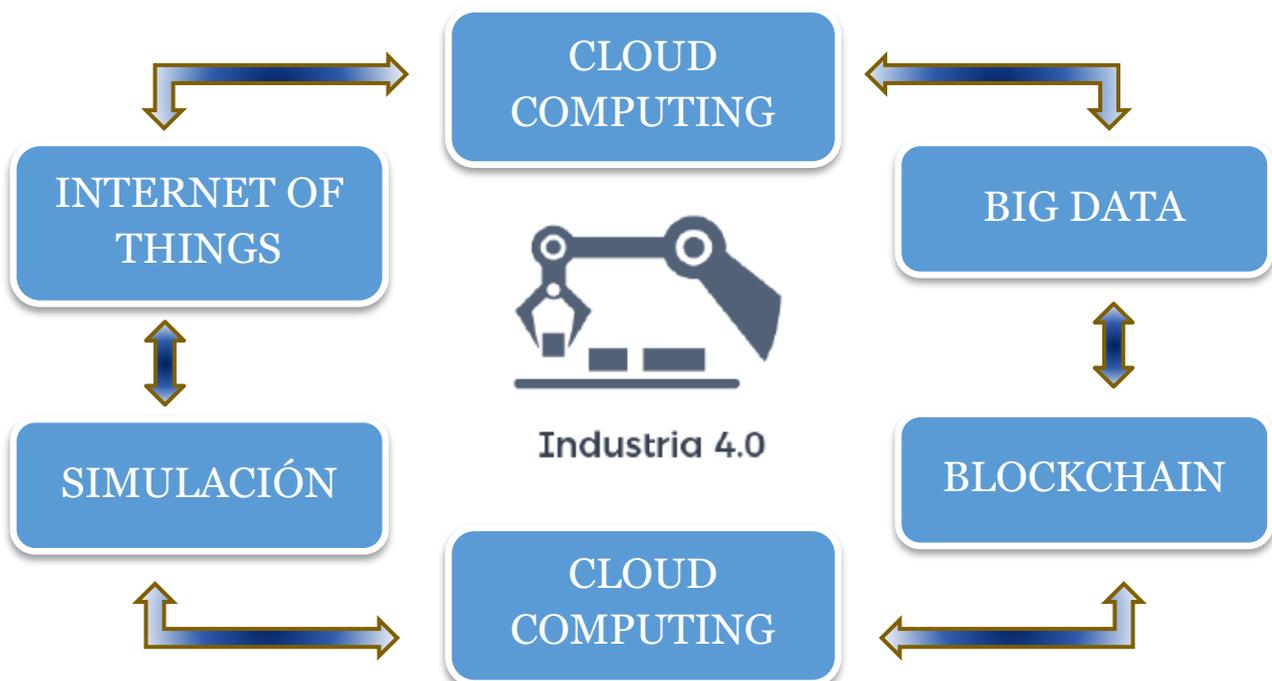


Figura 3. Principales tecnologías de la industria 4.0

2.2.1. Industrial Internet of Things

El *Internet of Things* (IoT) se puede utilizar para interactuar con equipos de fabricación, logísticos y de transporte, productos fabricados o la fábrica en su conjunto, es lo que se conoce como *Industrial Internet of Things* (IIoT). Existen muchas plataformas embebidas para Inteligencia Artificial, *Blockchain* o *Edge Computing*, por lo que la tendencia es que componentes cada vez más reducidos se conviertan en dispositivos inteligentes. Este concepto de Internet Industrial fue introducido por General Electric para referirse a la conexión entre los sensores de las máquinas industriales, los procesadores e Internet, y las conexiones entre otras redes dentro de la industria (Boyes *et al.*, 2018).

El aumento en el número de dispositivos conectados es un medio para la innovación en otras tecnologías, como las comunicaciones, la seguridad o el *Cloud*, eliminando la necesidad de tener servidores locales de almacenamiento y procesamiento de datos, ya que estos se gestionan a través de la red (*Cloud Computing*) (Consortium, 2016). Además, el auge del IIoT en el sector industrial está cambiando las interfaces de intercambio de información que se utilizaban en control industrial y ha permitido la aparición de nuevos estándares de comunicación M2M diseñados para dar soporte a la interconexión e integración de la próxima generación de sistemas industriales, teniendo en cuenta los requerimientos específicos del IIoT.

2.2.2. Cloud Computing

El *Cloud Computing* permite el acceso a una serie de recursos compartidos en red de manera remota a través de internet, permitiendo su fácil despliegue y mantenimiento del software que aloja. Debido al aumento de datos generados por los diferentes dispositivos IoT y los requisitos de velocidad de las aplicaciones automatizadas de la industria, estos tienen un impacto en el ancho de banda entre el dispositivo y el *cloud* (Chaulya & Prasad, 2016). Es por ello necesario incorporar otras tecnologías para el procesamiento de datos. *Edge* y *Fog computing*, son dos paradigmas que tienen mucha importancia en los entornos industriales y nos proporcionan soluciones para disminuir los costes de conectividad (Stojmenovic, 2014).

- *Edge computing*. Con una perspectiva descentralizada, reduce el ancho de banda, con un procesamiento de datos que empieza en el punto de recolección, y sólo la información que debe ser almacenada es enviada a la nube (Hamilton, 2018).

- *Fog computing*. Se define como un modelo que permite accesos de red ubicuos bajo demanda, para compartir recursos informáticos (Tao, Zhang, & Nee, 2019).

Estas tecnologías permiten que las captaciones de procesamiento y análisis avanzados de datos se realicen cerca de la fuente del dato, ya sea por el dispositivo en sí, o puntos intermedios cercanos. Así, a la nube solo se envía la información necesaria, en vez de enviar todos los datos del sensor. *Edge computing*, además, favorece la seguridad, ya que no necesita enviar información sensible fuera de la fábrica.

2.2.3. Robótica avanzada

La robótica avanzada hace referencia a los nuevos sistemas robóticos capaces de automatizar tareas que, hasta hace poco, eran imposibles de aplicar. Se basan en tecnologías como Inteligencia Artificial o *Machine Learning*, las cuales permiten tomar decisiones durante la realización de tareas semiestructuradas.

2.2.4. Big Data y analítica de datos

El término *Big Data* se usa para referirse a tecnologías de almacenamiento y tratamientos de bloques de datos que son demasiado complejos para gestionarlos de forma tradicional (Russom, 2011). Con respecto a la complejidad, no se hace solo referencia al volumen de datos, si no a tres propiedades fundamentales: velocidad, variedad y veracidad, que son también importantes en la industria.

El tratamiento de estos grandes volúmenes de datos requiere del desarrollo de algoritmos predictivos que, mediante el análisis, desarrollan modelos matemáticos que permiten predecir eventos o comportamientos futuros gracias a un histórico de datos. A estos sistemas se les proporciona la capacidad de autoaprendizaje (*Machine Learning*) para aprender de su propia experiencia (Chen, H. L. Chiang, & C. Storey, 2012).

2.2.5. Manufactura Aditiva o impresión 3D

Se denomina manufactura aditiva al proceso de fabricación de objetos capa a capa a partir de un modelo 3D. La manufactura aditiva permite un uso más eficiente de las materias primas debido a que se basa en modelos digitales personalizables y que permite la integración de otras tecnologías de la industria 4.0 (fabricación de piezas para robots, materiales plásticos...). La primera aplicación que se realiza con la impresora 3D son prototipos de piezas y productos, así como moldes. Ofrece una reducción tanto en los tiempos de producción como a nivel económico, permitiendo mayores iteraciones

y posibilidades. Esto da libertad para crear distintas muestras para testar la fiabilidad y funcionalidad del producto, cosa que reduce de forma notable los errores y costes de desarrollo (Alburquerque, 2014).

2.2.6. Movilidad y Comunicaciones

Gracias a que disponemos de comunicaciones inalámbricas o dispositivos móviles, tenemos la posibilidad de realizar tareas de forma remota. Esto es uno de los pilares fundamentales en las que se sostiene el resto de las tecnologías, pues nos permite tener un mayor control de todos los niveles de la organización, ya sea desde el nivel más bajo, donde se encuentran los sensores, hasta el nivel más alto, donde podemos encontrarnos el ERP de la empresa

Los ERP (*Enterprise Resource Planning*), son una herramienta de administración en tiempo real de distintos procesos en un negocio. Se trata de una solución informática integral que se compone de distintos módulos independientes, que desarrollan diversas funciones; esto se debe a que el nivel de personalización de un sistema ERP debe ser máximo en cada empresa implementada (Benvenuto, 2006).

2.2.7. Simulación

La simulación mediante el diseño digital nos permite recrear un modelo físico en una simulación digital, facilitando que se recreen diseños en 3D y conociendo sus características antes de realizar un prototipo físico. Gracias a que se trabaja en un entorno virtual, podemos exponer el diseño a diferentes simulacros, lo que agiliza la obtención del producto final y evita paros en la actualización de equipos en la línea de producción.

2.2.8. Nuevas interfaces de Usuario

Una de las características principales de una interfaz de usuario es la usabilidad, pues deben de ser sencillas e intuitivas para los operadores que las gestionan. Una de las principales interfaces de usuario que están ligadas a la Industria 4.0 es la Realidad Aumentada (AR) o la comunicación por voz. La realidad aumentada combinada con reconocimiento de objetos permite que el usuario interactúe con elementos digitales, representados a través de un dispositivo (ej. gafas de realidad aumentada). El único problema de esto es que se reduce el rango de visión de los operadores, cosa que puede reducir su seguridad.

2.2.9. Ciberseguridad

Debido a la integración vertical de IoT, uno de los puntos más delicados es la seguridad de los mismos, ya que está expuesto constantemente a posibles ciberataques a través de internet. Normalmente, el mejor método para proteger un sistema es aislarlo, pero esto desaparece en el momento que queremos tener todo conectado. Es por ello por lo que debemos de utilizar las tecnologías necesarias para asegurar las características de la confiabilidad (Seguridad, Privacidad, Protección, Fiabilidad y Resiliencia) (Pinilla). La mayoría de los estándares de ciberseguridad se basan en buenas prácticas en entornos operacionales.

Un sistema que es confiable garantiza la confidencialidad y la integración de los datos, tanto aquellos que están en tránsito como los almacenados, de acuerdo a los principios de la Ley General de Protección de Datos (GDPR).

2.2.10. Interoperabilidad

La propiedad que tiene un sistema para comunicarse e interactuar con otro sistema se conoce como interoperabilidad. Es una de las características principales para una integración tanto vertical como horizontal entre sistemas

2.2.11. BlockChain

BlockChain consiste en garantizar la validez y la trazabilidad de las transacciones de datos de manera descentralizada por los participantes, sin que los intermediarios tengan control de esta de forma centralizada (*man-in-the-middle*). Para que *BlockChain* sea seguro requiere que colabore un gran número de usuarios. Las cadenas laterales (*Sidechain*) son cadenas con menos usuarios que validan los datos apoyándose en los integrantes de otras cadenas de bloques principales (Kim & Jeong, 2018).

Blockchain tiene muchas aplicaciones en entornos, como las cadenas de suministro. Este nos permite crear contratos inteligentes, es decir, programas informáticos que controlan de manera electrónica el uso de bienes y servicios. Gracias a esta tecnología podemos agilizar y automatizar transacciones entre proveedores y clientes. De este modo reducimos tiempos entre pedidos y entrega en cadenas de suministro complejos y para productos muy personalizados (Guy, Oz, & Pentland, 2015). *Blockchain* también se puede usar para procesos con criptografías complejos asegurando la autenticación de los dispositivos embebidos.

2.3. Metodología de digitalización

Como hemos visto anteriormente, la tecnología evoluciona exponencialmente, y aunque hay muchas de ellas que en la actualidad están revolucionando los procesos industriales, su implementación en la organización puede ser complejo. Para las PYMES que están limitadas para invertir en Investigación y desarrollo, este avance exponencial de la tecnología puede ser imposible de alcanzar (Fraile F. , 2019). Por otro lado, las empresas grandes tienen dificultades en implementar un cambio tecnológico muy agresivo en la organización. Es por ello por lo que hay que entender que la digitalización es un proceso continuo, y es importante contar con metodologías incrementales, que estén basados en resultados probados.



Figura 4. Fraile, F. (2018). Metodología de digitalización

El primer punto es digitalizar los niveles inferiores, de este modo podremos obtener datos que nos proporcionen información que servirá para mejorar la eficiencia y rendimiento de la cadena de producción. Todos los datos recogidos se pueden utilizar en la toma de decisiones o para mejorar la automatización de procesos. La integración Vertical va ligada, a su vez, a la integración horizontal, la cual permite exprimir cualquier proceso según nuestras necesidades, ya sea diseño, logística, venta o postventa. El alcance de esta integración horizontal no se limita solamente a nuestra organización, sino que se puede extender a la cadena de suministros entera, mejorando así la relación entre proveedor, colaborador y cliente. Gracias a la digitalización de los miembros de la cadena pueden aparecer nuevas oportunidades de negocio basadas en los datos obtenidos.

De acuerdo con la figura 4, muestra de manera esquemática cuatro fases en el grado de madurez tecnológico relacionándolo con el impacto empresarial. A continuación, definiremos una serie de buenas prácticas probadas en base a este modelo.

2.3.1. Diseño de una estrategia de Transformación Digital

En algunas ocasiones la transformación digital empieza en el nivel de departamentos, teniendo un impacto en toda la organización. El problema de esta estrategia es que no se aprovecha la concordancia entre los departamentos y los recursos de la forma más adecuada para la empresa. Si centramos la transformación digital desde la organización, alineando y coordinando todos los departamentos, el rendimiento de las inversiones será mucho mejor.

El primer paso para crear una estrategia es identificar el grado de madurez actual en el que se encuentra la empresa y definir los objetivos que se desean alcanzar de forma realista a medio plazo. Esta estrategia nos asistirá en la identificación y establecerá las prioridades entre las diferentes tecnologías en las que debemos invertir para cambiar los procesos. Es importante crear una hoja de ruta para los proyectos que se llevaran a cabo.

2.3.2. Adoptar una solución incremental basada en pilotos

Toda inversión de tecnología en la empresa supone un riesgo. Aunque tengamos claro los beneficios que proporciona la mejora tecnológica, es posible que su implementación no proporcione los resultados deseados, ya que es imposible conocerlos hasta que no se pruebe en un entorno real dentro de la organización. Si queremos reducir el riesgo, es necesario trabajar con una metodología de evolución, en la que definamos metas a corto plazo y de baja inversión, siempre controlada y siguiendo una estrategia definida. (Everett, 1962). Es importante identificar en estas metodologías ágiles los diferentes proyectos que podemos completar en plazos cortos con cada una de las tecnologías implementadas. De este modo identifiquemos lo que nos proporciona mayor beneficio en periodos de tiempo concretos.

Una de las bases de las metodologías ágiles es definir ciclos de ejecución (*sprints*) cortos que nos permita reducir las pérdidas en caso de que no produzcan el resultado esperado (Everett, 1962). Finalmente hay que asegurarse que el proyecto tenga un Retorno de las Inversiones (ROI) en un corto periodo de tiempo, que permitirá mejorar la motivación, tanto del personal involucrado en el proceso de transformación como en

los inversores de éstas; además, reforzará la confianza para seguir transformando digitalmente la empresa.

2.3.3. Crear una red de colaboradores

La transformación digital para la empresa es un gran reto, que se dificulta si no se cuenta con una red de colaboradores en la cadena de suministro en quien apoyarse. Hay que identificar qué proveedores tecnológicos utilizan otros miembros de la red, para tener un conocimiento detallado sobre soluciones técnicas.

De acuerdo con el Manifiesto Ágil (Canós, Letelier, Penadés, & M.C., 2012) Las metodologías ágiles también aseguran que sea fluido el intercambio de información entre la red de colaboradores. En resumen, mejorar tecnológicamente la red de colaboradores permitirá entender mejor las necesidades de nuestros proveedores y clientes, y coordinarse mejor para ofrecer mejores productos y cubrir mayores necesidades.

2.3.4. Definir las capacidades de los equipos

En último lugar, aparte de mejorar tecnológicamente la organización, también debemos centrarnos en el equipo de trabajo. Aunque podamos contar con proveedores externos que ayuden a implementar los cambios tecnológicos, es necesario incluir nuevo personal especializado que permita potenciar el cambio de la organización. Esto supone, por tanto, poder contar con un equipo multidisciplinar que sea capaz de mejorar en todos los niveles.

2.4. Computer Integrated Manufacturing

El uso de las tecnologías de la información ha generado unas necesidades de desarrollo software dentro de la manufactura en las empresas. Este fenómeno se conoce como CIM (Computer Integrated Manufacturing). El CIM es una filosofía de acercamiento a una organización íntegra de la fábrica y su administración. Esto implica integrar el diseño, manufactura y administración a través de los sistemas de información.

El estándar CIM está formado por 5 niveles (Cruz-Rentería *et al.*, 2016):

Nivel 1. Está formado por el proceso industrial, la maquinaria y los recursos humanos necesarios.

Nivel 2. Es la integración entre la parte física y los sistemas de control más básicos, como los PLCs, sensores, etc. Lo forma toda la parte eléctrica y de control.

Nivel 3. Este nivel se corresponde con la interacción entre el hombre y la cadena de producción. Principalmente encontramos dos métodos, los HMI o monitores de operarios, donde tenemos pantallas de operador que controla una determinada parte del proceso, o los sistemas SCADA, aplicaciones para ordenadores que monitorizan y gestionan la fábrica.

Nivel 4. Este nivel tiene, por un lado, una base de datos donde se guardan todos aquellos datos que se reciben de la planta, desde las medidas de los sensores, hasta datos de los PLCs.

Por otro lado, encontramos el MES, que es la interfaz entre el nivel 3 y el nivel 5. Es la unión entre la inteligencia de la empresa (Business Intelligence) y los procesos, siendo una de las partes más importantes, ya que permite la interacción en tiempo real, donde conociendo la demanda se puede gestionar el flujo de producción.

Nivel 5. Es el cerebro empresarial, la parte donde se gestionan herramientas como los ERP, programas que gestionan los inventarios, facturación, logística, etc.

A partir del modelo CIM surgió ISA-95, que intenta definir la interfaz entre las funciones de control y las funciones empresariales (Tabla 1). Su objetivo es reducir el número de errores y el coste asociado a la implementación, de forma que el intercambio de información sea seguro y efectivo (Cruz-Rentería, Gutierrez-Torres, García-Alva, Sánchez, & Junín, 2016).

Tabla 1. ISA-95



El estándar ISA-95 separa la funcionalidad de la empresa dividiéndolo en tres capas. Una primera capa superior (nivel de Planificación), que estructura toda la información Empresarial y Logística, que se corresponde con el nivel 5 de CIM. Una segunda capa intermedia (nivel de Ejecución), que integra todas las operaciones de manufactura y control de la información y que se sitúa en el nivel 4 de CIM. La última capa (Nivel de Control) que está formado por el resto de los niveles del CIM.

2.5. Manufacturing Execution System (MES)

El sistema de ejecución de manufactura (MES) es un sistema que proporciona toda la información que se requiere para optimizar la producción desde el inicio de fabricación del producto hasta su fin. MES proporciona información a los trabajadores de cómo va el proceso, ayudándoles a entender la situación actual de la planta y cómo las condiciones actuales pueden ser optimizadas para mejorar la productividad (al., 2009). De esta forma se puede trabajar en tiempo real y controlar todos los elementos del proceso productivo.

El concepto de sistema MES se estipuló en 1992 en Boston por la AMR Research Inc. como el nivel de ejecución de las actividades de manufactura, que como hemos visto en el modelo ISA-95, se sitúa entre los sistemas de control de la cadena de producción y la empresa (Kletti, 2007). En 1997, la asociación industrial MESA (Manufacturing Enterprise System Association) define el MES como “Guiar, iniciar, responder a, e informar sobre las actividades de planta cuando ocurren”, haciendo hincapié en once funciones, las cuales son: la orden de pago, la gestión del personal y de los recursos, la trazabilidad de las órdenes de fabricación, de los productos y de los lotes, la adquisición de datos, el control de la calidad, la gestión de los procedimientos, el análisis de los resultados, la gestión de los documentos y del mantenimiento (Navarro, 2010).

2.6. MESView

MESView es una solución MES que se orienta al control de pérdidas, que es utilizado en el CIGIP. Permite combinar distintas fuentes de información (variables de la industria, manuales, ERP, etc.) para calcular la pérdida exacta de recursos (MESView, 2018). Muestra esta información a los encargados que toman decisiones, para disminuir las pérdidas y facilitar la gestión documental a través de herramientas de análisis e informes. De esta manera, proporcionamos control sobre el proceso y sus pérdidas, permitiendo corregirlas en el momento en que se producen y dando información detallada para que puedan ser analizadas.

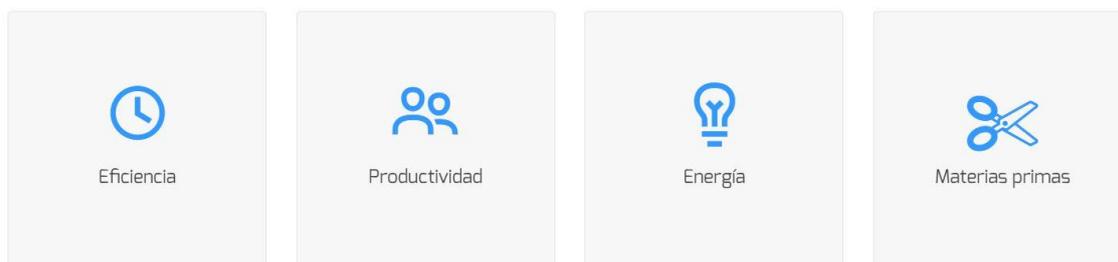


Figura 5. Opciones MESView

La solución es modular y cada uno de estos módulos (Figura 5) está dirigido al control de pérdidas de un determinado recurso. No obstante, compara la pérdida real de recursos con objetivos fijados, de manera que el usuario define los objetivos para cada uno de los módulos (eficiencia, productividad, calidad, energía o mermas). MESView calcula en tiempo real las desviaciones con respecto a estos objetivos y las muestra en cuadros de mando adaptados a facilitar su gestión. Todos los indicadores y sus correspondientes objetivos se almacenan para que se puedan incluir en informes o estén disponibles en herramientas de análisis. Este principio de funcionamiento está orientado a la aplicación de metodologías de mejora continuada. A continuación, vamos a describir brevemente cada uno de los módulos y los indicadores que estos tienen: eficiencia, productividad, calidad, energía y mermas.

2.6.1. Eficiencia

Proporciona control sobre los tiempos de producción y paro, la eficiencia general de los equipos y sus componentes (disponibilidad, rendimiento y calidad). El usuario define la velocidad teórica del centro, el objetivo de rendimiento, disponibilidad y calidad para cada producto. El módulo analiza en tiempo real los indicadores de eficiencia y muestra en terminal las desviaciones con respecto a los objetivos. También es posible configurar alarmas para justificar automáticamente los paros y detectar señales de micro parada específicas.

2.6.2. Productividad

Este módulo proporciona control sobre la mano de obra directa ligada a la producción. El usuario define los objetivos a diferentes niveles y la aplicación controla en tiempo real el estado de los operarios asignados cada centro. El usuario puede definir un árbol de estados a medida, con dos tipos de estados: productivos o no productivos, que dependerán de si el tiempo en ese estado se debe utilizar o no para el cálculo de la

productividad. A través de la terminal, se pueden activar y desactivar operarios, cambiar su estado y reflejar cualquier cambio con respecto a las asignaciones.

2.6.3. Calidad

El objetivo del módulo de calidad es proporcionar un soporte informático a la gestión de los distintos autocontroles durante la producción que garantizan la correcta disposición en la misma. Se centran especialmente en tres elementos: los puntos de control, las fichas de control, y los eventos de control.

- Los **puntos de control** hacen referencia a la temperatura, el peso o la apariencia de los diferentes productos; lo que hace la aplicación es establecer si son correctos o incorrectos en base a las normas preestablecidas.
- Las **fichas de control** son documentos que aportan información para realizar comprobaciones de la calidad del producto. Son los que establecen los criterios de calidad utilizados en los puntos de control.
- Los **eventos de control** son los detonantes que activan los puntos de control basándose en la información de las fichas.

Gracias a los elementos anteriores, en cada centro productivo se define qué puntos de control van a gestionarse y qué eventos van a determinar los detonantes de control.

2.6.4. Energía

El módulo de energía nos proporciona el control sobre el consumo energético en el árbol de distribución de un determinado recurso y la eficiencia de los diferentes usos. Podemos definir contadores de consumo, árboles de distribución y asignación de contadores a usos energéticos. Esta herramienta compara en tiempo real, las medidas del indicador de consumo energético con el objetivo fijado.

2.6.5. Mermas

Este último modulo permite monitorizar el consumo de materias primas y semielaborados en la fabricación de un determinado producto. El usuario define una receta donde se indica que requiere.

3. Modelo de Madurez

3.1. Modelos de madurez de capacidades (CMM)

Un modelo de madurez de capacidades es un modelo de evaluación de los procesos de una organización, que fue desarrollado por la universidad Carnegie-Mellon (EEUU) en 1986 para procesos de implementación de software. Este consiste en establecer un conjunto de prácticas claves en el área de proceso y de buenas prácticas (Documentación de los procesos, proveer a la organización de la formación necesaria, ejecutar de modo sistemático, universal y uniforme...).

Todas estas prácticas se agrupan en cinco “niveles de madurez” (Finkelstein), de modo que la empresa u organización que cumpla todas las practicas incluidas en un nivel y sus anteriores, se considerará que habrá alcanzado ese nivel de madurez.

- 1) **Inicial.** La organización no dispone de un ambiente estable para el desarrollo y mantenimiento de software. Aunque, pueden estar utilizando técnicas correctas, pero no afectan de forma positiva debido a la mala planificación. Casi todos los éxitos de la empresa son base del esfuerzo de los trabajadores, pero siempre aparecen retrasos y sobrecostos. El resultado final es impredecible.
- 2) **Repetible.** Se han generado unas prácticas de gestión mínimas de proyectos, existen unas métricas y un seguimiento. La relación entre cliente y contratados, es gestionado sistemáticamente.
- 3) **Definido.** En este nivel, la organización ya dispone de los procedimientos correctos para coordinar los grupos, la formación del personal y las técnicas de ingeniería más detalladas y avanzadas.
- 4) **Gestionado.** La organización ya dispone de un conjunto de procesos de medida para analizar la validez y productividad para, este modo, realizar las decisiones en vivo.
- 5) **Optimizado.** La organización mejora continuamente los procesos según las métricas que van obteniendo en la cadena de producción.

Como podemos ver, el modelo CMM establece una medida de progreso según avanzan los niveles de madurez. Para superar cada nivel, deben cumplirse un número de áreas de proceso que se detectan mediante la satisfacción o insatisfacción de varias metas claras y cuantificables. Estas metas se conocen en la documentación del CMM

por las siglas KPA, que significan *Key Process Area* (Áreas Clave de Proceso). Cada KPA identifica un conjunto de actividades y prácticas interrelacionadas, las cuales, cuando son realizadas en forma colectiva, permiten alcanzar las metas fundamentales del proceso. Estos procesos se pueden clasificar en 3 tipos: Gestión, Organizacional e Ingeniería.

Para desarrollar nuestro modelo de madurez utilizaremos el modelo “Capability Maturity Model Integration”, que es una evolución del CMM, y apareció en 2001. Para desarrollar nuestro modelo de madurez, construiremos una matriz de tres dimensiones de análisis que vamos a establecer (Técnica, Operación y Humano o estratégico) (Fox, Chionglo, & Barbuceanu, 1993) que hacen referencia a las innovaciones, la madurez de los procesos de fabricación y los roles del personal. Se han seleccionado estas dimensiones porque son los pilares fundamentales de la transformación digital. Así mismo, veremos los diferentes estándares y modelos que existen.

3.2. Matriz de medición

La matriz de medición del estado de implementación tecnológica será la base para identificar todos los pasos que requiere el sistema de producción de la fábrica tradicional para llegar a la fábrica digital basándose en el análisis de su situación actual. Como hemos dicho anteriormente, usaremos de base el modelo CMMI estableciendo cinco niveles de escala, para poder especificar su estado dentro de la fábrica. Las tres dimensiones que analizaremos serán Técnico, Operacional y Humano. Esta instantánea será el medio para que el usuario identifique los pasos necesarios para adoptar la automatización digital de forma suave y escalonada. Las filas de la matriz nos indicarán que campos es importante potenciar para la mejora.

Las dimensiones técnica, operativa y humana hacen referencia a tecnologías, procesos y roles de las personas, mientras que las columnas de la matriz describen los pasos de desarrollo para cada campo de aplicación (Figuras 6 y 7). Cuanto mayor sea el nivel, mayor será su digitalización, por lo que las cinco columnas representan cinco niveles de madurez digital en el sistema de producción (Calà, Soldatos, & Boschi, 2018).



Basándonos en el modelo de madurez integradas (CMMI), estos serán los cinco niveles (figura 8), adoptando cada uno a las tres dimensiones ya dichas anteriormente.

Nivel 1. El sistema de producción ni cuenta con la tecnología, ni tiene los medios adecuados para comenzar a implementarlo. Este nivel lo denominaremos Zero, ya que equivale al concepto matemático cero.

Nivel 2. El sistema de producción carece de tecnologías que permitan seguir y controlar la cadena de producción. Las decisiones se toman en base al criterio y experiencia del supervisor. Este nivel lo denominaremos *Ad hoc*, que viene de la expresión latina “Que es apropiado, adecuado o especialmente dispuesto para un determinado fin”

Nivel 3. Las restricciones en las tecnologías del sistema de producción no están completamente implementadas. Se han añadido buenas prácticas, pero no están bien definidas, aunque hay una intención por parte de la organización. Este nivel lo denominaremos Básico y Oportunista.

Nivel 4. La arquitectura que se emplea para controlar toda la cadena de producción es más sofisticada y optimizada, permitiéndole colaborar en el proceso de cambio, ya que están planificados. Además, se han implementado estándares comunes y la organización utiliza el análisis cuantitativo de las capacidades para predecir el desarrollo de la organización. Este nivel lo denominaremos Definido y Sistemático.

Nivel 5. El sistema tiene una estructura sólida basada en la tecnología. Todos los sistemas están conectados entre sí y los procesos se basan en el cálculo rápido de posibilidades e intercambio de información. Este último nivel lo llamaremos sostenido y Optimizado.

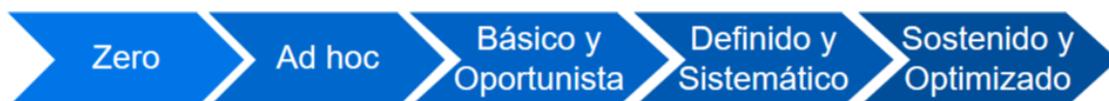


Figura 7. Niveles CMMI

Para poder identificar el nivel en el que se encuentra actualmente la fábrica en las dimensiones técnica, operativa y humana, se realizará un cuestionario y con estos resultados se mapeará una posición dentro de la matriz. De este modo, la matriz proporciona de un vistazo y de forma clara el estado actual y las condiciones deseadas, mostrando diferentes alternativas.

3.3. Dimensión Técnica

Mediante el cuestionario, podremos realizar una evaluación parcial y aproximada del estado de las dimensiones basadas en nuestro modelo de madurez. Los elementos analizados serán: digitalización o modelado, arquitectura ágil, seguridad, integración horizontal y vertical. Esta dimensión está elaborada en base al modelo de madurez de industria 4.0 de la empresa PWC (PWC, 2016).

Tabla 2. Modelo madurez de la dimensión técnica

	Zero	Ad hoc	Básico y oportunista	Definido y Sistemático	Sostenido y optimizado
Digitalización o modelado	No hay ninguna instalación tecnológica ni aplicaciones de control.	Primeras soluciones tecnológicas y algunas aplicaciones aisladas.	Hay instalados productos y servicios digitales con software, redes y datos.	Soluciones integrales para los clientes con alguna limitación en la cadena de suministro. Los socios colaboran en la transformación digital.	Desarrollo de nuevos modelos de negocio con innovadores productos y servicios, aprovechando el máximo las tecnologías implementadas.
Arquitectura ágil	No existe una arquitectura de datos con los socios	Arquitectura IT fragmentada.	Ligera conexión entre los diferentes cubos de datos en desarrollo.	La arquitectura TI esta implementada en la red de socios.	Plena funcionalidad de la integración de datos externos con las organizaciones. El intercambio de datos es seguro.
Seguridad	Ningún tipo de seguridad en la red.	Estructuras tradicionales de seguridad sin que estén enfocadas a la digitalización.	Retos de seguridad reconocidos, pero no se ha abordado correctamente las soluciones.	Riesgo constantemente abordado con socios colaboradores.	Optimizada la seguridad en la cadena de producción.
Integración Horizontal y Vertical	No hay ningún tipo de integridad horizontal o vertical.	Se han instalado subprocesos de digitalización y automatización. Hay integración parcial en la producción o con socios internos y externos.	Digitalización vertical, procesos internos, flujos de datos estandarizados y armonizados dentro de la empresa. integración limitada con los socios externos.	Integración horizontal de procesos y flujos de datos con clientes y socios externos, se aprovecha la integración a través de la red para el uso de datos.	Los socios están completamente integrados, tanto en digitalización como en los procesos. Acceden casi en tiempo real a todos los datos.

A continuación, vamos a definir un cuestionario básico para poder establecer un nivel de madurez dentro de los diferentes elementos.

3.3.1. Digitalización o modelado

La digitalización o modelado es la parte técnica de la empresa que se encarga de controlar, de forma digital, todos los puntos de la cadena de producción. Un ejemplo es la implementación de software que permite la conexión de todos los puntos en la cadena y que estas colaboren entre sí.

Tabla 3. Cuestionario de digitalización o modelado

Digitalización o modelado	
¿Hay alguna tecnología instalada para el control?	Zero
¿Las herramientas instaladas para el control, son aplicaciones sencillas e independientes?	Ad hoc
¿Hay herramientas de control instaladas en red para que sean aprovechadas por varias secciones de la empresa o la empresa utiliza algún software para controlar la cadena de producción?	Básico y oportunista
¿Las herramientas instaladas trabajan en colaboración con otros niveles de la producción?	Definido y Sistemático
¿Se desarrollan nuevos modelos de producción gracias a las tecnologías instaladas?	Sostenido y optimizado

3.3.2. Arquitectura ágil

La arquitectura ágil se refiere a la modularidad dentro de la digitalización de los diferentes puntos en la cadena de producción, teniendo en cuenta su interconexión.

Tabla 4. Cuestionario de Arquitectura ágil

Arquitectura ágil	
¿Hay alguna arquitectura de datos?	Zero
¿Existe alguna arquitectura IT, pero está fragmentada y no conectada entre sí?	Ad hoc
¿Hay conexiones entre los diferentes niveles de la arquitectura?	Básico y oportunista
En la arquitectura, ¿están implementados los diferentes socios?	Definido y Sistemático
¿La implementación es plenamente funcional con la integración de datos externos con las organizaciones?	Sostenido y optimizado

3.3.3. Seguridad

La **seguridad** hace referencia a todos los medios de protección de la información sensible de la organización para que ningún individuo u organización pueda obtener datos a los que no tiene privilegios para acceder.

Tabla 5. Cuestionario de seguridad

Seguridad	
¿Hay algún tipo de seguridad en la red?	Zero
¿Hay algún tipo de seguridad no digital?	Ad hoc
¿Se prueba la seguridad de las tecnologías instaladas?	Básico y oportunista
¿Se prueba de forma recurrente la seguridad de las tecnologías de los socios de la empresa o las propias de la empresa?	Definido y Sistemático
¿Está controlado al 100% toda la seguridad de la cadena de producción?	Sostenido y optimizado

3.3.4. Integración horizontal y vertical

La **integración horizontal** es la estrategia que usa una empresa para ofrecer su servicios o productos a los diferentes socios. Por otro lado, la **integración vertical** es la estrategia que seguir para el crecimiento interno de la empresa.

Tabla 6. Cuestionario de Integración horizontal y vertical

Integración Horizontal y Vertical	
¿Hay integración horizontal o vertical?	Zero
¿Se ha instalado algún subproceso digitalizado y automatizado?	Ad hoc
¿Hay digitalización vertical? Es decir, ¿hay procesos internos con un flujo de datos estandarizados dentro de la empresa?	Básico y oportunista
¿Hay integración horizontal y vertical? Es decir, ¿hay procesos con flujo de datos estandarizados hacia clientes y socios externos?	Definido y Sistemático
¿Los socios están integrados con la digitalización de la empresa y pueden acceder en tiempo real a todos los datos?	Sostenido y optimizado

3.4. Dimensión Operacional

Para definir el nivel operacional, vamos a dividir las operaciones en 7 categorías: 1. Programación detallada de la producción; 2. Ejecución de la producción; 3. Gestión de recursos productivos; 4. Gestión de la definición de la producción; 5. Recopilación de datos de producción; 6. Seguimiento de la producción; 7. Análisis de producción y rendimiento. Esta dimensión está elaborada en base al modelo MESA MON (International, 2016).

Tabla 7. Modelo madurez de la dimensión operacional.

	Zero	Ad hoc	Básico y oportunista	Definido y Sistemático	Sostenido y optimizado
Programación detallada de la producción	No hay ningún tipo de programación	Los procesos detallados están redactados de forma informal.	Los procesos se definen en todos los grupos organizativos, y la organización sigue políticas escritas y controladas.	Las métricas de los procesos y los sistemas de control de gestión están implementadas y garantizan que se sigan todos los procesos.	Los problemas detectados en los procesos y herramientas utilizados se usan para realizar mejoras e implementar acciones correctivas.
Ejecución de la producción	No se ejecuta nada en la producción	Los procesos de producción están redactados de forma informal.	Los procesos de producción se definen en todos los grupos organizativos, y la organización sigue políticas escritas y controladas.	Las métricas de los procesos y los sistemas de control de gestión están implementadas y garantizan que se sigan todos los procesos.	Los problemas detectados en los procesos y herramientas utilizados se usan para realizar mejoras e implementar acciones correctivas.
Gestión de recursos productivos	No hay gestión de recursos productivos	Los procesos varían según los grupos organizativos, con diferentes procesos y procedimientos utilizados en diferentes grupos.	Las responsabilidades para realizar las actividades se definen para todos los grupos organizativos y se definen las líneas formales de sucesión.	Las métricas de los procesos y los sistemas de control de gestión están implementadas y garantizan que se sigan todos los procesos.	Los problemas detectados en los procesos y herramientas se utilizan para realizar mejoras e implementar acciones correctivas.

Implementación de una aplicación para la guía en la implantación de sistemas de fabricación (MES)

Gestión de la definición de la producción	No se define nada de la gestión de la producción	Los procesos se definen de manera informal.	Las responsabilidades para realizar las actividades se definen para todos los grupos organizativos y se definen las líneas formales de sucesión.	Las métricas de los procesos y los sistemas de control de gestión están implementadas y garantizan que se sigan todos los procesos.	Los problemas detectados en los procesos y herramientas se utilizan para realizar mejoras e implementar acciones correctivas.
Recopilación de datos de producción	No se recopilan datos de la producción	Los procesos varían según los grupos organizativos, con diferentes procesos y procedimientos utilizados en diferentes grupos.	La responsabilidad de mantener los procesos de recopilación de datos se define para todos los grupos organizativos.	Las métricas de los procesos y los sistemas de control de gestión están implementadas y garantizan que se sigan todos los procesos.	Los procesos de mejora continua están en su lugar y seguidos. Las métricas que miden las variaciones se utilizan para realizar mejoras e implementar planes de acción correctivos.
Seguimiento de la producción	No hay seguimiento de la producción	Los procesos se definen de manera informal y no se administran formalmente.	Las políticas y los procedimientos se comunican a todos los grupos y está disponible sobre las políticas y los procedimientos.	Las métricas de los procesos y los sistemas de control de gestión están implementadas y garantizan que se sigan todos los procesos.	Los problemas detectados en los procesos y herramientas utilizados se utilizan para realizar mejoras e implementar acciones correctivas.
Análisis de producción y rendimiento	No hay análisis de producción o rendimiento.	El análisis de producción y rendimiento solo se realiza de forma irregular.	Existen herramientas y métodos bien documentados y compatibles que se utilizan para los procesos de Análisis de producción y rendimiento.	Las métricas de los procesos y los sistemas de control de gestión están implementadas y garantizan que se sigan todos los procesos.	Los procesos de mejora continua están en su lugar y seguidos. Las métricas que miden las variaciones se utilizan para realizar mejoras e implementar planes de acción correctivos.

A continuación, vamos a definir un cuestionario básico para poder establecer un nivel de madurez dentro de los diferentes elementos.

3.4.1. Programación detallada de la producción

Esta operación hace referencia al proceso de ordenar las acciones que se deben de realizar en la cadena de producción. Los procesos deben de estar definidos ya que es una de las partes operacionales más importantes.

Tabla 8. Cuestionario de Programación detallada de la producción

Programación detallada de la producción	
¿Hay alguna programación detallada de la producción?	Zero
¿Los procesos detallados están redactados de forma informal?	Ad hoc
¿La organización sigue políticas escritas y controladas?	Básico y oportunista
¿Las métricas de los procesos y los sistemas de control de gestión están implementadas y garantizan que se sigan todos los procesos?	Definido y Sistemático
Los problemas detectados en los procesos y herramientas utilizados se utilizan para realizar mejoras e implementar acciones correctivas	Sostenido y optimizado

3.4.2. Ejecución de la producción

La ejecución de la producción es la parte que define de forma operacional el proceso a seguir para realizar el producto.

Tabla 9. Cuestionario de Ejecución de la producción

Ejecución de la producción	
¿Hay alguna ejecución de la producción establecida?	Zero
¿Los procesos detallados están redactados de forma informal?	Ad hoc
¿Las responsabilidades para realizar las actividades se definen para todos los grupos organizativos?	Básico y oportunista
¿Las métricas de los procesos y los sistemas de control de gestión están implementadas y garantizan que se sigan todos los procesos?	Definido y Sistemático
Los problemas detectados en los procesos y herramientas utilizados se usan para realizar mejoras e implementar acciones correctivas	Sostenido y optimizado

3.4.3. Gestión de recursos productivos

La gestión de recursos productivos es la parte operacional encargada de gestionar todas las herramientas disponibles para la realización del trabajo.

Tabla 10. Cuestionario de gestión de recursos productivos

Gestión de recursos productivos	
¿Se gestionan los recursos productivos?	Zero
¿Los procesos detallados están redactados de forma informal?	Ad hoc
¿Se definen las líneas formales de sucesión de los recursos productivos?	Básico y oportunista
¿Las métricas de los procesos y los sistemas de control de gestión están implementadas y garantizan que se sigan todos los procesos?	Definido y Sistemático
Los problemas detectados en los procesos y herramientas utilizados se usan para realizar mejoras e implementar acciones correctivas.	Sostenido y optimizado

3.4.4. Gestión de la definición de la producción

La gestión de la definición de la producción es la parte operacional encargada de proporcionar todas las herramientas para el proceso de realización del producto.

Tabla 11. Cuestionario de Gestión de la definición de la producción

Gestión de la definición de la producción	
¿Está definida la gestión de la producción?	Zero
¿Los procesos varían según los grupos organizativos, con diferentes procesos y procedimientos utilizados en diferentes grupos?	Ad hoc
¿Se definen las líneas formales de sucesión de los recursos productivos?	Básico y oportunista
¿Las métricas de los procesos y los sistemas de control de gestión están implementadas y garantizan que se sigan todos los procesos?	Definido y Sistemático
Los problemas detectados en los procesos y herramientas utilizados se usan para realizar mejoras e implementar acciones correctivas	Sostenido y optimizado

3.4.5. Recopilación de datos de producción

La recopilación de datos de producción es la parte operacional encargada de coger los datos.

Tabla 12. Cuestionario de Recopilación de datos de producción

Recopilación de datos de producción	
¿Hay alguna ejecución de la producción establecida?	Zero
¿Los procesos varían según los grupos organizativos, con diferentes procesos y procedimientos utilizados en diferentes grupos?	Ad hoc
¿Se definen las líneas formales de sucesión de los recursos productivos?	Básico y oportunista
¿Las métricas de los procesos y los sistemas de control de gestión están implementadas y garantizan que se sigan todos los procesos?	Definido y Sistemático
Los problemas detectados en los procesos y herramientas utilizados se utilizan para realizar mejoras e implementar acciones correctivas	Sostenido y optimizado

3.4.6. Seguimiento de producción

El seguimiento de la producción permite en la parte operacional crear un control del estado del producto en todo momento.

Tabla 13. Cuestionario seguimiento de la producción

Seguimiento de la producción	
¿Hay alguna ejecución de la producción establecida?	Zero
¿Los procesos detallados están redactados de forma informal?	Ad hoc
¿La organización sigue políticas escritas y controladas?	Básico y oportunista
¿Las métricas de los procesos y los sistemas de control de gestión están implementadas y garantizan que se sigan todos los procesos?	Definido y Sistemático
Los problemas detectados en los procesos y herramientas utilizados se utilizan para realizar mejoras e implementar acciones correctivas	Sostenido y optimizado

3.4.7. Análisis de producción y rendimiento

El análisis de producción y rendimiento aparece cuando se recogen datos que permiten ser analizados para la toma de decisiones.

Tabla 14. Cuestionario de Análisis de producción y rendimiento

Análisis de producción y rendimiento	
¿Hay alguna ejecución de la producción establecida?	Zero
¿El análisis de producción y rendimiento solo se realiza de forma irregular?	Ad hoc
¿Los procesos se definen en todos los grupos organizativos?	Básico y oportunista
¿Existen herramientas y métodos bien documentados y compatibles que se utilizan para los procesos de Análisis de producción y rendimiento?	Definido y Sistemático
Los problemas detectados en los procesos y herramientas utilizados se utilizan para realizar mejoras e implementar acciones correctivas	Sostenido y optimizado

3.5. Dimensión Humana

Para la dimensión humana, únicamente mediremos dos categorías: la formación y el análisis de datos. Ambas hacen referencia a todos los datos que afectan al usuario o trabajador.

Tabla 15. Modelo madurez de la dimensión humana.

	Zero	Ad hoc	Básico y oportunista	Definido y Sistemático	Sostenido y optimizado
Formación	No hay ningún tipo de documento informativo o formación para los trabajadores	Hay algún documento que indica como se debe de realizar las tareas, pero no está actualizado a las nuevas versiones.	Se ha creado documentos con instrucciones de todas las aplicaciones.	Toda tarea queda documentada.	La documentación está actualizada siempre. Además, hay un sistema en red que permite el acceso a ella desde cualquier dispositivo con los privilegios adecuados.
Análisis de datos	No se recoge ni analiza ningún dato	Algunos datos quedan almacenados en un Excel.	Se registra todos los datos en una base de datos.	Todos los datos almacenados pasan por un proceso de limpieza, de tal forma que se almacena solo lo necesario	Todos los datos almacenados pasan por programas de análisis para poder extraer toda la información relevante para la empresa.

3.5.1. Formación

La **formación** hace referencia a todos los documentos que definen las tareas de la cadena de producción que permite el aprendizaje del usuario.

Tabla 16. Cuestionario de Formación

Formación	
¿Hay algún documento que indique como se realizan alguna de las tareas?	Zero
¿Está actualizado ese documento?	Ad hoc
¿Hay documentos de todas las tareas?	Básico y oportunista
¿Están todos los documentos actualizados?	Definido y Sistemático
¿Hay algún servicio web que permita el fácil acceso a la documentación?	Sostenido y optimizado

3.5.2. Análisis de datos

Análisis de datos. Es la parte que se centra en recoger datos para poder facilitar el trabajo a los operarios en la cadena de producción.

Tabla 17. Cuestionario de análisis de datos

Análisis de datos	
¿Se recoge algún dato?	Zero
¿Los datos que se recogen se guardan en un Excel?	Ad hoc
¿Se registra la totalidad de todos los datos posibles de la cadena de producción en alguna base de datos?	Básico y oportunista
¿Pasan los datos por algún proceso de limpieza para facilitar el trato de estos mismos?	Definido y Sistemático
¿Se analizan estos datos para que los trabajadores puedan tomar decisiones en función de estos avisos?	Sostenido y optimizado

4. Desarrollo de la aplicación

4.1. Especificación de Requisitos

Esta parte del proyecto pretende crear una aplicación web enfocada al análisis del estado de transformación digital en una empresa utilizando el modelo de madurez desarrollado. Su cometido principal es proporcionar una herramienta para analizar el estado de la transformación digital y exponerlo de forma gráfica, que además indica posibles mejoras o pasos a seguir para obtener éxito en nuestro cambio. Por otro lado, queremos proporcionar al cliente la posibilidad de tener un histórico de análisis, para poder ver una evolución en su cambio. El carácter analítico de la web obliga a que el servicio web tenga todas las medidas de seguridad que podamos implementarle.

En cuanto al diseño, debemos de tener en cuenta que su uso es a través de la web y que debe de adaptarse a cualquier dispositivo; por ello, tendremos que desarrollar un *Responsive Web Design* (RWD), es decir, que se adapte automáticamente a resolución del dispositivo. El diseño de la web lo realizaremos con un patrón de arquitectura Modelo-Vista-Controlador (MVC). El motor de base de datos que usaremos es MariaDB, ya que es el más utilizado a nivel Web. Además, usaremos PHP y Apache. A continuación, se puede ver una tabla con una descripción general del entorno y las herramientas usadas para desarrollar la aplicación. Mas adelante encontraremos una descripción más detallada de la utilidad de estas herramientas y módulos de desarrollo.

Tabla 18. Especificaciones técnicas.

Sistema Operativo	Windows Server 2012
Servicio Web	Apache 2.4.39
Base de Datos y Gestor	MariaDB 10.1.39 con PhpAdmin
Entorno de Desarrollo (IDE)	Netbeans 8.0.2
Lenguaje BackEnd	PHP 7.3.5
Lenguajes de FrontEnd	HTML5, CSS3, JQuery, PHP

4.1.1. Ámbito de la aplicación web

La aplicación será utilizada por los responsables de la toma de decisiones en una empresa, por lo que la aplicación solo deberá ser accesible para usuarios específicos y, por tanto, no existirán los usuarios anónimos. Existirá un usuario administrador o con permisos elevado que tendrá la posibilidad de añadir otros usuarios, pero no existirá la posibilidad de crear un usuario sin estar registrado previamente.

Cada usuario tendrá una zona propia donde podrá ver y editar los datos de su cuenta. En esta sección verá antiguos análisis del estado de transformación digital de la empresa; además, podrá realizar el test para analizar de nuevo el estado en ese momento de la transformación.

4.1.2. Descripción general de la aplicación web

- **Perspectiva del Producto.** El producto es una aplicación web, por lo que cualquier dispositivo que pueda realizar una conexión a internet y usar un navegador, podrá acceder a esta aplicación.
- **Funciones del Producto.** La aplicación solo tendrá dos tipos de rol: el usuario normal y el administrador. Este usuario podrá realizar las siguientes funciones:
 - Realizar test
 - Gestionar datos personales
 - Crear nuevos usuarios

El usuario administrador, además de las anteriores funciones, podrá registrar usuarios o subir los privilegios a otro usuario.

- **Seguridad.** Los datos que tratará el usuario son de carácter delicado y muy importantes para la empresa, por lo que deberemos añadir todos los medios de seguridad que creamos conveniente. Desde el cifrado de la contraseña hasta las inyecciones SQL o Cross-Site Scripting (XSS).
- **Mantenimiento.** La aplicación web no requerirá de un mantenimiento habitual, a no ser que se desee implementar nuevas funcionalidades.

4.2. Análisis

4.2.1. Casos de uso

La relación de casos de uso que forman parte de este desarrollo de la aplicación son los siguientes:

Tabla 19. Casos de uso

Ref.	DESCRIPCIÓN
Cu-1	Acceso: Este caso de uso aparece cuando un usuario desea entrar en su sesión. Para ello necesita acceder a una página de registro que es la raíz de nuestra web y escribir sus credenciales.
Cu-2	Crear un usuario: Si soy un usuario con permisos suficientes poder registrar un nuevo usuario.
Cu-3	Modificar datos de la cuenta del usuario: Como usuario registrado, quiero ver o modificar mis datos personales. Estos datos pueden ser nombre, DNI, teléfono o dirección.
Cu-4	Realizar prueba del Modelo de madurez: Como usuario quiero realizar una prueba de análisis, independientemente de la dimensión.
Cu-5	Ver resultados: Quiero ver el resultado de la prueba del modelo de madurez implementado. Además, que se me informe que cosas debo de mejorar en la empresa para seguir mejorando.
Cu-6	Modificar cuenta usuario: Como usuario registrado, quiero ver o modificar mis datos de acceso a la web. Poder cambiar mi contraseña, nombre de usuario o email.
Cu-7	Eliminar usuario: Como usuario con privilegios poder eliminar una cuenta de un usuario.
Cu-8	Cambiar rol de un usuario: Como usuario con privilegios, poder cambiar el rol de un usuario. Ya sea para dar más permisos o quietárselos.

4.2.2. Descripción de los Casos de uso

A continuación, representaremos los casos de uso en forma gráfica, para que podamos observar la funcionalidad de la aplicación (figura 8).

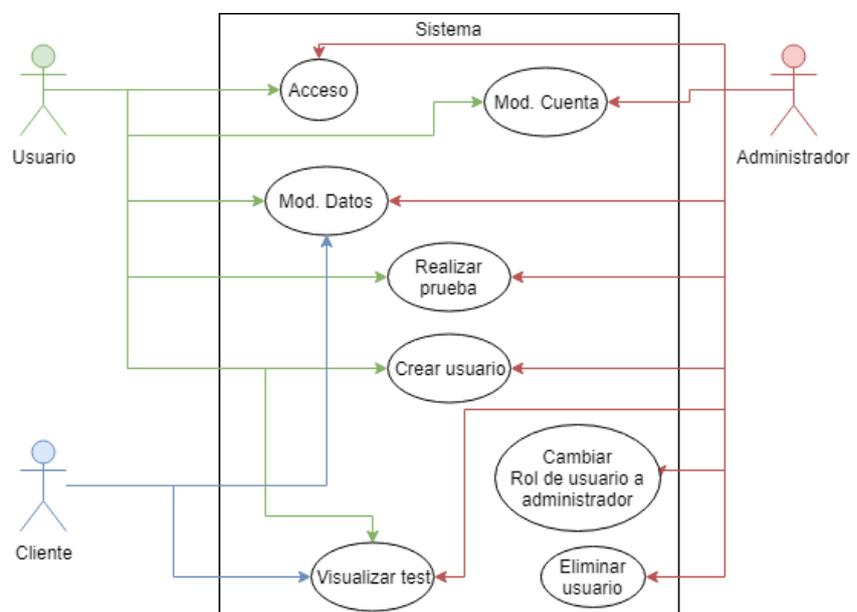


Figura 8. Casos de uso

Tabla 20. Caso de uso – login de usuario.

Cu-1	Acceso	
Objetivos asociados	Cu-1	
Requisitos asociados	--	
Descripción	El sistema tiene que comprobar si los datos del usuario son válidos	
Precondición	El usuario debe de estar registrado en el sistema	
Secuencia Normal	Paso	Acción
	1	El usuario introduce sus datos en el formulario de acceso
	2	El sistema valida los datos introducidos
Postcondición	Usuario validado y se redirecciona a la página principal	
Excepciones	Paso	Acción
	3	Si los datos introducidos por el usuario son incorrectos, le mostrará un mensaje de error y le permitirá reintroducirllos de nuevo
Rendimiento	--	
Frecuencia esperada	--	
Estabilidad	Alta	
Comentarios	--	

Tabla 21. Caso de uso - Agregar un usuario.

Cu-2	Crear un nuevo usuario	
Objetivos asociados	Cu-2	
Requisitos asociados	Cu-1	
Descripción	El usuario administrador o usuario debe dirigirse al apartado Usuarios → “Nuevo Administrador”. Una vez dentro, rellenar el formulario y enviar.	
Precondición	El usuario debe de estar registrado en el sistema e iniciado sesión	
Secuencia Normal	Paso	Acción
	1	El usuario accede a la sección “Nuevo administrador”
	2	El sistema muestra un formulario
	3	El usuario rellena el formulario y pulsa el botón “GUARDAR”
	4	El sistema registra el nuevo usuario notifica que se ha registrado de forma correcta
Postcondición	Datos guardados y muestra el apartado “Registrar usuarios” sin rellenar y con un mensaje de éxito en el registro	
Excepciones	Paso	Acción
	4	El sistema detecta un error al guardar los datos en la base de datos y se notica que no se ha registrado
Rendimiento	--	
Frecuencia esperada	--	
Estabilidad	Alta	
Comentarios	En el formulario podrá establecer el rol del usuario.	

Tabla 22. Caso de uso - Modificar datos del usuario.

Cu-3		Modificar datos de la cuenta del usuario	
Objetivos asociados	Cu-3		
Requisitos asociados	Cu-1		
Descripción	El usuario debe dirigirse al apartado “Datos personales” Una vez dentro, comprobará sus datos. Si lo desea podrá modificarlos. Al final, deberá guardar los cambios		
Precondición	El usuario debe de estar registrado en el sistema e iniciado sesión		
Secuencia Normal	Paso	Acción	
	1	El usuario accede a la sección “Datos personales”	
	2	El sistema muestra todos los datos del usuario	
	3	El usuario cambia los datos que desee y pulsa el botón guardar.	
	4	El sistema registra los nuevos datos y envía un mensaje de confirmación	
Postcondición	Datos guardados y muestra el apartado “Datos personales” actualizado.		
Excepciones	Paso	Acción	
	4	El sistema detecta un error al guardar los nuevos datos	
Rendimiento	--		
Frecuencia esperada	--		
Estabilidad	Alta		
Comentarios	--		

Tabla 23. Caso de uso - Realizar cuestionario.

Cu-4		Realizar prueba del modelo de Madurez	
Objetivos asociados	Cu-4		
Requisitos asociados	Cu-1		
Descripción	El usuario realiza la prueba de análisis del estado de transformación digital de la empresa		
Precondición	El usuario debe de estar registrado en el sistema e iniciado sesión		
Secuencia Normal	Paso	Acción	
	1	El usuario accede a la sección “Modelo Madurez” y seleccionar el que desee, ya sea técnico, operacional o humano	
	2	El sistema muestra un formulario	
	3	El usuario rellena el formulario y pulsa el botón enviar	
	4	El sistema guarda los datos de la prueba y devuelve los resultados	
Postcondición	Devuelve a una página con los resultados finales		
Excepciones	Paso	Acción	
	4	El sistema detecta un error al guardar los datos en la base de datos y se notica que no se ha podido realizar la prueba.	
Rendimiento	--		
Frecuencia esperada	--		
Estabilidad	Alta		
Comentarios	--		

Tabla 24. Caso de uso - Ver resultados

Cu-5		Ver resultados	
Objetivos asociados	Cu-5		
Requisitos asociados	Cu-1		
Descripción	El usuario debe dirigirse al apartado "Resultados". Una vez dentro pulsar alguna de las opciones en "Pruebas anteriores"		
Precondición	El usuario debe de estar registrado en el sistema e iniciado sesión		
Secuencia Normal	Paso	Acción	
	1	El usuario accede a la sección "Resultados" dentro de "Modelo de madurez"	
	2	El sistema muestra todos los datos del usuario y pruebas anteriores.	
	3	El usuario selecciona una de las pruebas anteriores.	
	4	El sistema redirecciona a una página con los resultados de esa prueba	
Postcondición	La aplicación muestra el resultado solicitado.		
Excepciones	Paso	Acción	
	4	El sistema detecta un error al no encontrar los datos de la anterior prueba.	
Rendimiento	--		
Frecuencia esperada	--		
Estabilidad	Alta		
Comentarios	--		

Tabla 25. Caso de uso - Modificar cuenta del usuario.

Cu-6		Modificar cuenta del usuario	
Objetivos asociados	Cu-2		
Requisitos asociados	Cu-1		
Descripción	El usuario debe dirigirse al apartado "Mi cuenta" Una vez dentro, comprobará sus datos. Si lo desea podrá modificarlos. Al final, deberá insertar su contraseña para poder guardar los cambios		
Precondición	El usuario debe de estar registrado en el sistema e iniciado sesión		
Secuencia Normal	Paso	Acción	
	1	El usuario accede a la sección "Datos personales"	
	2	El sistema muestra todos los datos del usuario	
	3	El usuario cambia los datos que desee y pulsa el botón "ACTUALIZAR".	
	4	El sistema registra los nuevos datos y envía un mensaje de confirmación	
Postcondición	Datos guardados y muestra el apartado "Datos personales" actualizado.		
Excepciones	Paso	Acción	
	4	El sistema detecta un error al guardar los nuevos datos	
Rendimiento	--		
Frecuencia esperada	--		
Estabilidad	Alta		
Comentarios	--		

Tabla 26. Caso de uso - Modificar cuenta del usuario.

Cu-7		Eliminar cuenta de un usuario	
Objetivos asociados	Cu-8		
Requisitos asociados	Cu-1		
Descripción	El administrador debe dirigirse al apartado “Listar usuarios” dentro de Usuarios->Administrador. Ahí busca el usuario y lo elimina		
Precondición	El usuario debe de estar registrado como Administrador en el sistema e iniciado sesión		
Secuencia Normal	Paso	Acción	
	1	El usuario accede a la sección “Listar usuarios”	
	2	El sistema muestra todos los usuarios	
	3	El usuario administrador busca el usuario y pulse en eliminar	
	4	El sistema elimina el usuario de la tabla	
Postcondición	Ya no aparecerá el usuario en la tabla de “Listar usuarios”.		
Excepciones	Paso	Acción	
	4	El sistema detecta un error al eliminar el usuario.	
Rendimiento	--		
Frecuencia esperada	--		
Estabilidad	Alta		
Comentarios	--		

Tabla 27. Caso de uso - Modificar los datos de la cuenta.

Cu-8		Cambiar permisos de un usuario	
Objetivos asociados	Cu-6		
Requisitos asociados	Cu-1		
Descripción	El usuario administrador irá al apartado “Listar usuarios”. Buscará el usuario en la tabla, editará la casilla de “Rol” para dar permisos.		
Precondición	El usuario debe de estar registrado en el sistema e iniciado sesión		
Secuencia Normal	Paso	Acción	
	1	El usuario accede a la sección “Listar de administradores”, que se encuentra dentro de Usuarios -> administradores.	
	2	El sistema muestra una tabla con todos los usuarios.	
	3	El usuario busca el usuario, pulsa el botón “A Cuenta”. Finalmente pulsa el botón “guardar”	
	4	El sistema devuelve la ventada “Mi cuenta” del usuario seleccionado. Cambiamos el rol y clicar en “ACTUALIZAR”.	
	5	El sistema registra el cambio en el usuario.	
Postcondición	El sistema muestra la tabla actualizada con el nuevo rol en el usuario.		
Excepciones	Paso	Acción	
	2	El sistema detecta un error al cargar los datos de usuario y lo notifica.	
	3	El sistema detecta un error al intentar editar los nuevos datos y muestra un mensaje de error.	
	4	El sistema detecta un error al guardar los datos en la base de datos y se notifica que no se ha registrado.	
Rendimiento	--		
Frecuencia esperada	--		
Estabilidad	Alta		
Comentarios	--		

4.3. Arquitecturas

Una de las principales características de las páginas web, es que podemos separar el diseño de una página con la lógica de negocio. Esto nos permite que la modularidad y separación de tareas a la hora de realizar una mejora, ya que cada una de las capas son independientes. Una de las herramientas donde podemos ver perfectamente la separación de los roles son los gestores de contenidos o CMS como WordPress, Joomla... A continuación, vamos a definir las arquitecturas más comunes y con cual nos quedaremos al final para desarrollar nuestra aplicación.

4.3.1. Arquitectura Multinivel

La arquitectura multinivel está formada por los elementos hardware que constituyen el sistema (figura 9). Está basada en la arquitectura cliente-servidor, es decir, cada elemento del sistema con un rol distinto es un nivel diferente. Al menos tiene que estar formado por dos niveles, pero podemos encontrar mucho mayores.

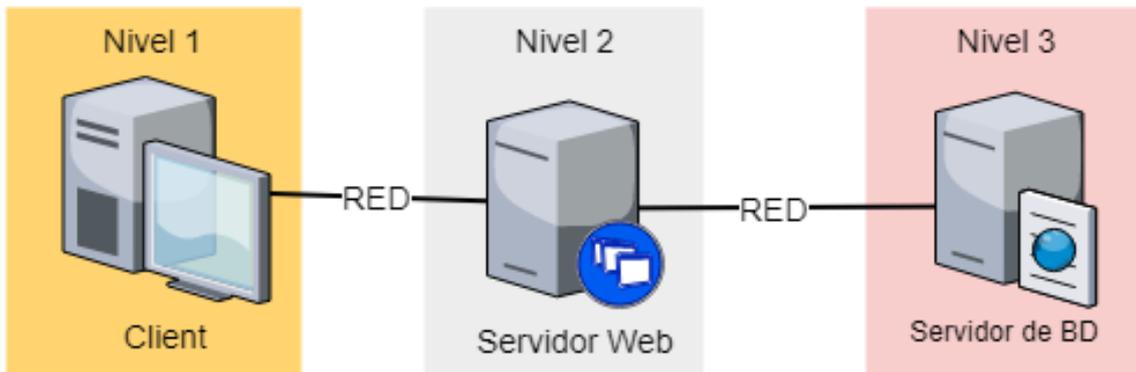


Figura 9. Arquitectura multinivel

Normalmente en arquitecturas de más de dos niveles, los nuevos elementos desdoblán las funciones del servidor, apareciendo un nuevo servidor que descarga la funcionalidad y la carga de trabajo al servidor único.

4.3.2. Arquitectura orientada al servidor

La arquitectura orientada al servidor (SOA) está formada por los servicios que intercambian mensajes XML mediante el uso del protocolo HTTP. Cada servidor web crea una estructura homogénea de sistemas distribuido mediante mensajes.

4.3.3. Modelos de separación lógica – Arquitectura MVC

La separación lógica es la forma en la que distribuimos o dividimos los componentes del software para mejorar el rendimiento del sistema. Para ello desarrollamos la aplicación web siguiendo una arquitectura de capas que separa en varios niveles lógicos. Esto permite que tengamos mucha facilidad para reutilizar código o para realizar mantenimiento. Además, podemos desarrollar capas en paralelo, reducir costes o crear aplicaciones mucho más robustas, gracias al encapsulamiento.

Aquí aparece la arquitectura de capas Modelo-Vista-Controlador (MVC), que separa la aplicación en tres componentes: el modelo, la vista y el controlador (Figura 10).

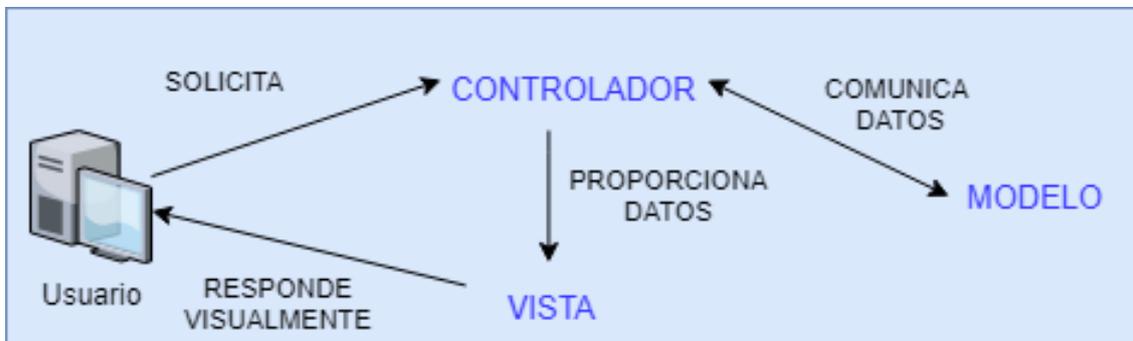


Figura 10. Arquitectura Modelo-Vista-Controlador (MVC)

- **Modelo:** Es la parte del programa que se encarga de los datos, normalmente para consultar las bases de datos. Cada clase tendrá una tabla en la base de datos. El modelo se encarga de:
 - Acceder a la capa de almacenamiento de datos.
 - Forma parte de la funcionalidad del sistema definiendo las reglas de negocio.
 - Lleva el registro de las visitas y controladores del sistema
- **Vista:** Es la parte del programa que se encarga de la parte visual de nuestra aplicación web. El controlador se encarga de:
 - Recibir todos los eventos de entrada del usuario.
 - Tiene las reglas de gestión de los eventos (Si X entonces W). Esta funcionalidad genera peticiones a la vista o al modelo.

- **Controlador:** Es la parte del programa que se encarga de recibir las órdenes del usuario. Recibe esta información de la vista y solicita al modelo los datos. Las vistas se encargan de:
 - Recibe los datos del modelo y se lo muestra al cliente
 - Tiene un registro de su controlador asociado.

- **Funcionamiento** (Figura 11):
 1. El usuario, realizar una solicitud a través del navegador a la parte visual de la aplicación.
 2. El controlador recibe el evento y realiza una petición al Modelo.
 3. El modelo envía los datos al controlador.
 4. El controlador prepara los datos y lo envía a la vista.
 5. La vista mostrará los datos al usuario.

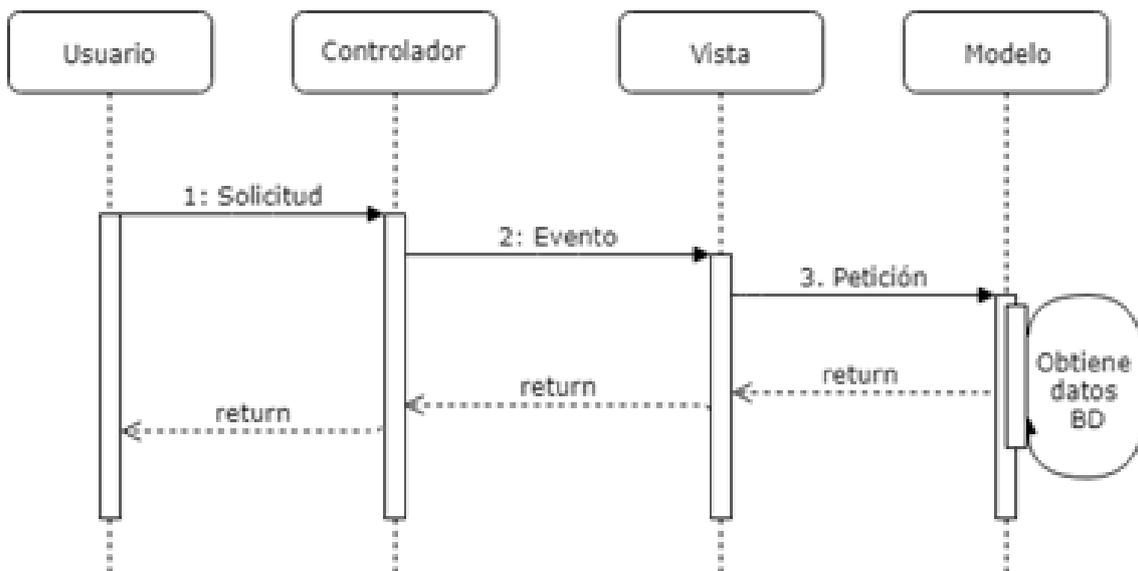


Figura 11. Diagrama de secuencia

4.3.4. Arquitectura seleccionada

Para el desarrollo de nuestra aplicación usaremos una arquitectura Modelo-Vista-Controlador ya que nos permite desarrollar la aplicación de forma modular, para poder realizar cambios en diferentes partes de la aplicación sin que se vea afectado por otras partes de la aplicación.

4.4. Diseño

4.4.1. Diagrama de clases

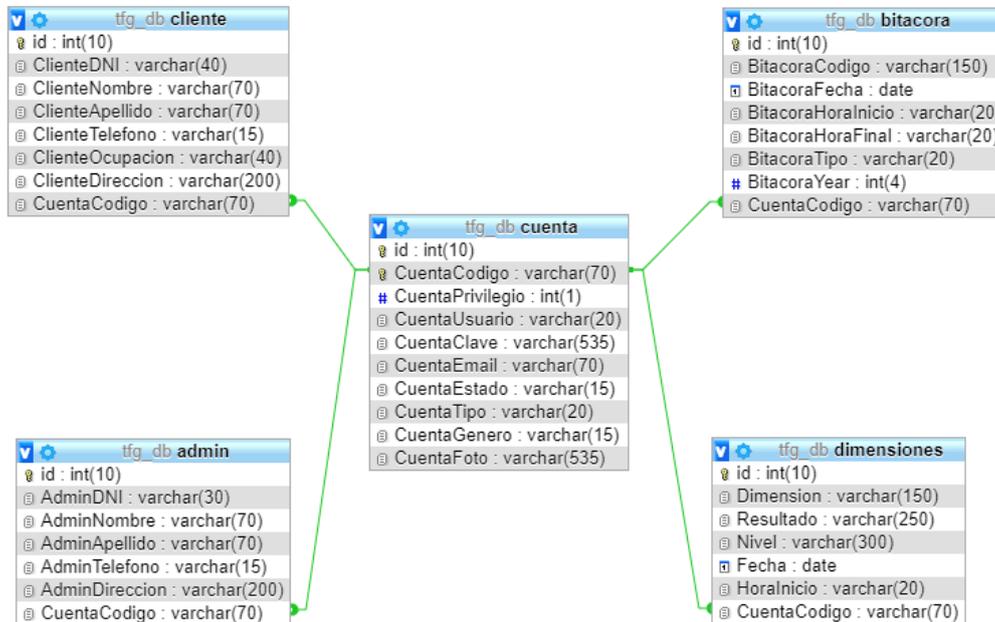


Figura 12. Diagrama de base de datos.

- La TABLA CUENTA (Figura 16) será la raíz de todas las tablas. Estará compuesta por una clave foránea llamada “CuentaCodigo” que relacionará todas las tablas. En esta, además, tendremos la Cuenta de usuario, clave, email, estado, tipo, género y la foto. Hay que destacar que la clave es de Varchar 535 debido a la longitud del código Hash añadido.
- La TABLA ADMIN. En esta estarán los datos de los administradores de la aplicación (Figura 13).
- La TABLA CLIENTE. Está dirigida a los usuarios que solo puedan acceder a una visión escueta de la aplicación (Figura 15).
- BITÁCORA es la tabla con la que realizaremos el control de acceso y salida de los usuarios en la aplicación (Figura 14).
- TABLA DIMENSIONES. Recoge todos los datos de la prueba y será solo accedidas por quien lo ha realizado (Figura 17).

Para crear las tablas, realizaremos las siguientes consultas en la BD:

```
--  
-- Estructura de tabla para la tabla `admin`  
--  
CREATE TABLE `admin` (  
  `id` int(10) NOT NULL,  
  `AdminDNI` varchar(30) COLLATE utf8_spanish2_ci NOT NULL,  
  `AdminNombre` varchar(70) COLLATE utf8_spanish2_ci NOT NULL,  
  `AdminApellido` varchar(70) COLLATE utf8_spanish2_ci NOT NULL,  
  `AdminTelefono` varchar(15) COLLATE utf8_spanish2_ci NOT NULL,  
  `AdminDireccion` varchar(200) COLLATE utf8_spanish2_ci NOT NULL,  
  `CuentaCodigo` varchar(70) COLLATE utf8_spanish2_ci NOT NULL  
) ENGINE=InnoDB DEFAULT CHARSET=utf8 COLLATE=utf8_spanish2_ci;  
-----
```

Figura 13. Estructura de la Tabla Admin.

```
--  
-- Estructura de tabla para la tabla `bitacora`  
--  
CREATE TABLE `bitacora` (  
  `id` int(10) NOT NULL,  
  `BitacoraCodigo` varchar(150) COLLATE utf8_spanish2_ci NOT NULL,  
  `BitacoraFecha` date NOT NULL,  
  `BitacoraHoraInicio` varchar(20) COLLATE utf8_spanish2_ci NOT NULL,  
  `BitacoraHoraFinal` varchar(20) COLLATE utf8_spanish2_ci NOT NULL,  
  `BitacoraTipo` varchar(20) COLLATE utf8_spanish2_ci NOT NULL,  
  `BitacoraYear` int(4) NOT NULL,  
  `CuentaCodigo` varchar(70) COLLATE utf8_spanish2_ci NOT NULL  
) ENGINE=InnoDB DEFAULT CHARSET=utf8 COLLATE=utf8_spanish2_ci;  
-----
```

Figura 14. Estructura de la tabla Bitácora.

```
--  
-- Estructura de tabla para la tabla `cliente`  
--  
CREATE TABLE `cliente` (  
  `id` int(10) NOT NULL,  
  `ClienteDNI` varchar(40) COLLATE utf8_spanish2_ci NOT NULL,  
  `ClienteNombre` varchar(70) COLLATE utf8_spanish2_ci NOT NULL,  
  `ClienteApellido` varchar(70) COLLATE utf8_spanish2_ci NOT NULL,  
  `ClienteTelefono` varchar(15) COLLATE utf8_spanish2_ci NOT NULL,  
  `ClienteOcupacion` varchar(40) COLLATE utf8_spanish2_ci NOT NULL,  
  `ClienteDireccion` varchar(200) COLLATE utf8_spanish2_ci NOT NULL,  
  `CuentaCodigo` varchar(70) COLLATE utf8_spanish2_ci NOT NULL  
) ENGINE=InnoDB DEFAULT CHARSET=utf8 COLLATE=utf8_spanish2_ci;  
-----
```

Figura 15. Estructura de la tabla Cliente.

```
--
-- Estructura de tabla para la tabla `cuenta`
--
CREATE TABLE `cuenta` (
  `id` int(10) NOT NULL,
  `CuentaCodigo` varchar(70) COLLATE utf8_spanish2_ci NOT NULL,
  `CuentaPrivilegio` int(1) NOT NULL,
  `CuentaUsuario` varchar(20) COLLATE utf8_spanish2_ci NOT NULL,
  `CuentaClave` varchar(535) COLLATE utf8_spanish2_ci NOT NULL,
  `CuentaEmail` varchar(70) COLLATE utf8_spanish2_ci NOT NULL,
  `CuentaEstado` varchar(15) COLLATE utf8_spanish2_ci NOT NULL,
  `CuentaTipo` varchar(20) COLLATE utf8_spanish2_ci NOT NULL,
  `CuentaGenero` varchar(15) COLLATE utf8_spanish2_ci NOT NULL,
  `CuentaFoto` varchar(535) COLLATE utf8_spanish2_ci NOT NULL
) ENGINE=InnoDB DEFAULT CHARSET=utf8 COLLATE=utf8_spanish2_ci;
```

Figura 16. Estructura de la tabla Cuenta.

```
--
-- Estructura de tabla para la tabla `dimensiones`
--
CREATE TABLE `dimensiones` (
  `id` int(10) NOT NULL,
  `Dimension` varchar(150) CHARACTER SET utf16 COLLATE utf16_spanish2_ci NOT NULL,
  `Resultado` varchar(250) COLLATE utf8_spanish2_ci NOT NULL,
  `Nivel` varchar(300) COLLATE utf8_spanish2_ci NOT NULL,
  `Fecha` date NOT NULL,
  `HoraInicio` varchar(20) COLLATE utf8_spanish2_ci NOT NULL,
  `CuentaCodigo` varchar(70) COLLATE utf8_spanish2_ci NOT NULL
) ENGINE=InnoDB DEFAULT CHARSET=utf8 COLLATE=utf8_spanish2_ci;
```

Figura 17. Estructura de la tabla Dimensiones.

```
--
-- Índices para tablas volcadas
--
-- Indices de la tabla `admin`
ALTER TABLE `admin`
  ADD PRIMARY KEY (`id`),
  ADD KEY `CuentaCodigo` (`CuentaCodigo`);
--
-- Indices de la tabla `bitacora`
ALTER TABLE `bitacora`
  ADD PRIMARY KEY (`id`),
  ADD KEY `CuentaCodigo` (`CuentaCodigo`);
--
-- Indices de la tabla `cliente`
ALTER TABLE `cliente`
  ADD PRIMARY KEY (`id`),
  ADD KEY `CuentaCodigo` (`CuentaCodigo`);
--
-- Indices de la tabla `cuenta`
ALTER TABLE `cuenta`
  ADD PRIMARY KEY (`id`),
  ADD UNIQUE KEY `CuentaCodigo` (`CuentaCodigo`);
--
-- Indices de la tabla `dimensiones`
ALTER TABLE `dimensiones`
  ADD PRIMARY KEY (`id`),
  ADD KEY `CuentaCodigo` (`CuentaCodigo`);
```

Figura 19. Índices para las tablas

```
--
-- AUTO_INCREMENT de las tablas volcadas
--
-- AUTO_INCREMENT de la tabla `admin`
ALTER TABLE `admin`
  MODIFY `id` int(10) NOT NULL AUTO_INCREMENT;
--
-- AUTO_INCREMENT de la tabla `bitacora`
ALTER TABLE `bitacora`
  MODIFY `id` int(10) NOT NULL AUTO_INCREMENT;
--
-- AUTO_INCREMENT de la tabla `cliente`
ALTER TABLE `cliente`
  MODIFY `id` int(10) NOT NULL AUTO_INCREMENT;
--
-- AUTO_INCREMENT de la tabla `cuenta`
ALTER TABLE `cuenta`
  MODIFY `id` int(10) NOT NULL AUTO_INCREMENT;
--
-- AUTO_INCREMENT de la tabla `dimensiones`
ALTER TABLE `dimensiones`
  MODIFY `id` int(10) NOT NULL AUTO_INCREMENT;
```

Figura 18. Primary Keys

4.5. Implementación

4.5.1. Tecnologías

HyperText Markup Language (HTML5). Este lenguaje de marcas es la base de cualquier página web, en la que se trabaja para el lado del cliente, también conocido como *frontend*. Está compuesto por claves que informan al navegador web de qué elemento tiene que mostrar. Cuando entra en la web, leerá el código y generará la vista de la forma que esté programada. Es, por tanto, lo que se define como lenguaje interpretado. Una web implementada en HTML es estática, es decir, no cambia a no ser que se programe de nuevo. Actualmente, HTML se encuentra por la versión 5 y será la usada para desarrollar nuestra aplicación.



Figura 20. Logo HTML5

Cascading Style Sheets (CSS3). Este lenguaje se utiliza para generar estilos y definir las claves del código HTML. Utilizaremos la última versión, que es la 3, ya que soporta todas las versiones anteriores. Además, nos permitirá desarrollar la web para que pueda adaptarse a los dispositivos. Es de uso libre.



Figura 21. Logo CSS3

Hypertext Pre-processor (PHP). Este lenguaje se trabaja en el lado del servidor, también conocido como *backend*, que permite interactuar con HTML. Este lenguaje está oculto, lo que imposibilita la extracción de código desde el navegador. Es de uso libre y permite que generemos páginas dinámicas. La versión que vamos a utilizar es la 7.



Figura 22. Logo PHP

MySQL. Es un sistema de gestión de bases de datos (SGDB) que permite multiusuario, multihilo y utilizarse en varias plataformas. Pertenece a una subsidiaria de Oracle desde 2009, este tiene doble licencia. Ofrecen licencia bajo GNU GPL, es decir, que cualquiera que trabaje en un proyecto bajo esa licencia, no deberá abonar nada.



Figura 23. Logo MySQL

JavaScript. Este lenguaje se utiliza para implementar mejoras en la interfaz del usuario y así aportarle una mejor experiencia. Principalmente se utiliza en el lado del cliente y está orientado a objetos. Aparte, implementaremos el uso de JQuery en nuestro programa, que es una librería de JavaScript. JQuery nos proporciona



Figura 24. Logo JavaScript

numerosas funciones, tanto para manejar eventos, como animaciones, siempre de una forma sencilla.

Ajax. Este lenguaje desarrolla una comunicación asíncrona entre el usuario y la aplicación web, ya que nos permite modificar contenido de la aplicación sin tener que recargar o modificarla.



Figura 25. Logo AJAX

4.5.2. Herramientas

NetBeans. NetBeans es un Entorno Integrado de desarrollo (IDE). Esta herramienta nos proporciona la facilidad para tener un entorno de programación con todas las herramientas necesarias para crear, modificar, compilar y depurar nuestro código. Hay que remarcar que se trata de un producto libre y sin ningún tipo de limitación.



Figura 26. Logo NetBeans

Xampp. Es un entorno para desarrollar aplicaciones en PHP, que nos instala y prepara de forma sencilla un servidor HTTP en software libre. Configura Apache con MariaDB, PhpMyAdmin.



Figura 27. Logo XAMPP

PhpMyAdmin. Es una herramienta de software libre que nos proporciona un panel de control que permite administrar y gestionar una base de datos. Podremos a partir de él crear, eliminar, modificar y gestionar bases de datos con el uso de una interfaz gráfica, sin tener que escribir sentencias SQL.



Figura 28. Logo PhpMyAdmin

Apache: Nos prepara un servidor web http de código abierto multiplataforma que más se utiliza. Esta construido modularmente para poder instalar, activar o desactivar diferentes características, según sean necesarias. La versión que usaremos es 2.4.39.



Figura 29. Logo APACHE

4.5.3. Prototipo y diseño

Para realizar nuestro servicio web, primero realizaremos un Mockup, es decir, un boceto que nos permitirá saber cómo realizar la parte gráfica de la web. Esta es una de las más importantes, porque nos permiten tener clara una estructura básica a seguir a la hora de programar la aplicación. Lo haremos con la herramienta www.draw.io. Draw, es una herramienta web gratuita que permite, de una forma sencilla, cómoda y rápida, realizar diferentes tipos de diagramas. Además, esta aplicación permite que la vinculemos con nuestro Drive de Google para poder guardar nuestros diagramas.

La primera parte para diseñar es la página de Login (Figura 30). Esta parte queremos que sea bastante fácil de entender, minimalista.



Figura 30. Mockup – Login.

El siguiente punto para diseñar es la parte fija de la aplicación web (Figura 31). Será siempre igual en todas las vistas de la aplicación. Lo que cambiará, según la vista, será su contenido.



Figura 31. Mockup - Parte estática de la web.

4.6. Desarrollo de la aplicación

4.6.1. Base de datos

Tras crear la base de datos, vamos a realizar unas modificaciones básicas a nuestro phpMyAdmin de seguridad. Lo primero que vamos a hacer es desactivado el acceso a *root* a la base de datos. Para ello, nos dirigiremos al archivo de configuración de phpMyAdmin (config.inc.php). Una vez abierto, buscamos la siguiente sección:

```
/* Authentication type and info */
$cfg['Servers'][$i]['auth_type'] = 'config';
$cfg['Servers'][$i]['user'] = 'root';
$cfg['Servers'][$i]['password'] = '';
$cfg['Servers'][$i]['extension'] = 'mysqli';
$cfg['Servers'][$i]['AllowNoPassword'] = true;
$cfg['Lang'] = '';
```

Figura 32. Config.inc.php original

Lo modificaremos de tal forma, que el resultado final sea este:

```
/* Authentication type and info */
$cfg['Servers'][$i]['auth_type'] = 'cookie';
$cfg['Servers'][$i]['AllowRoot'] = FALSE;
$cfg['Servers'][$i]['user'] = 'root';
$cfg['Servers'][$i]['password'] = '';
$cfg['Servers'][$i]['extension'] = 'mysqli';
$cfg['Servers'][$i]['AllowNoPassword'] = true;
$cfg['Lang'] = '';
```

Figura 33. Config.inc.php modificado

Tras esto, si intentamos acceder a la <http://dominio.com/phpmyadmin> y tratamos de iniciar sesión con *root*, recibiremos una alerta de acceso denegado:

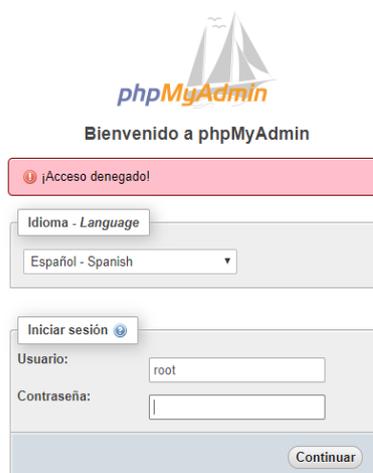


Figura 34. Panel inicio PhpMyAdmin

4.6.2. Estructura del programa

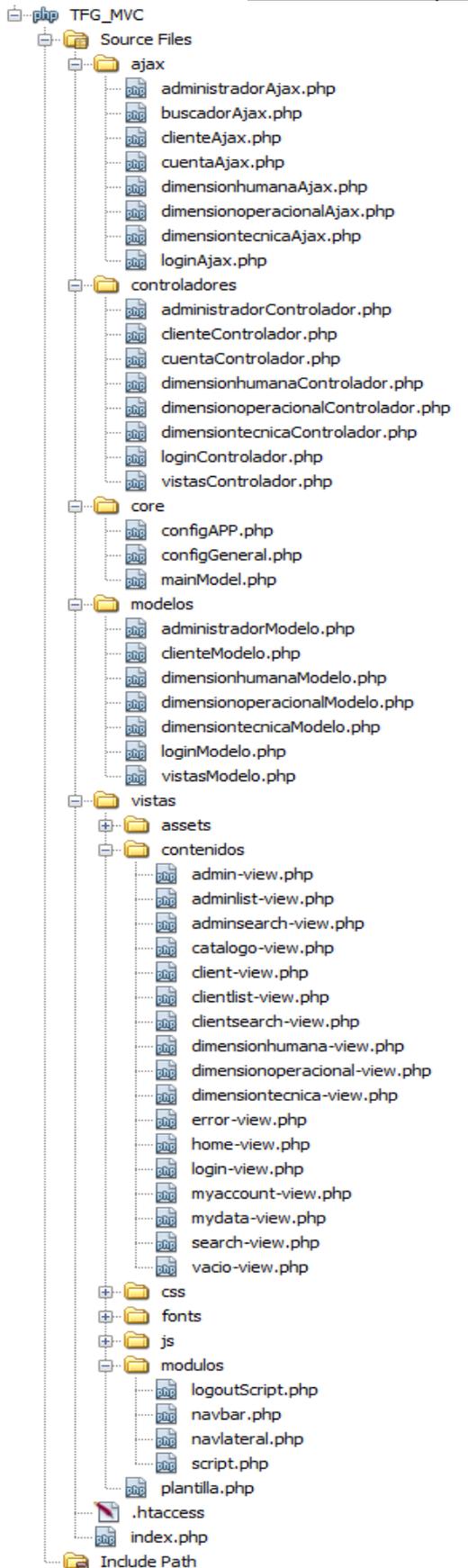


Figura 35. Estructura de la aplicación.

Para el desarrollo de nuestra aplicación hemos programado un MVC propio sin el uso de ningún Framework.

La aplicación tiene varios directorios (Figura 35):

➤ **Core.** Una de las partes más importante de nuestra aplicación. Es el centro o corazón de la aplicación, que contiene archivos de mucha importancia para el correcto funcionamiento de la APP.

➤ **Ajax.** Aquí tenemos todos nuestros archivos AJAX. Su nomenclatura se basa en el nombre del archivo al que afecta más la palabra AJAX. Estos archivos nos permiten desarrollar una comunicación asíncrona entre el usuario y la aplicación web.

➤ **Controladores.** Aquí tenemos todas las funciones que llaman al modelo. Es donde encontramos nuestros controladores, que siguen la misma nomenclatura que los archivos anteriores, solo que con el sufijo Controlador.

➤ **Modelos.** Aquí tenemos las funciones que interactúan con la base de datos. Estos modelos, tienen la misma nomenclatura que los archivos anteriores, solo que añadiendo el sufijo Modelo.

➤ **Vistas.** Contiene todos los archivos que se centran en la parte visual de la aplicación web.

➤ **Vistas/contenidos.** Es la parte dinámica de la aplicación, tienen la misma nomenclatura que los archivos anteriores, solo que añadiendo el sufijo view.

➤ **Vistas/módulos.** Es la parte estática de la web.

4.6.3. ConfigAPP.php

El primer archivo que destacamos del Core es “configAPP.php” Contiene los datos de conexión con la base de datos, además, crea una constante de conexión para la base de datos en los modelos y claves para la seguridad de nuestra aplicación.

```
<?php
const SERVER="localhost";
const DB="tfg_db";
const USER="mimacal";
const PASS="mimacal";

//PDO
const SGBD="mysql:host=".SERVER.";dbname=".DB;

//SEGURIDAD ya no tocar
const SECRET_KEY='STFM@2019';
const METHOD="AES-256-CBC";
const SECRET_IV='29215913';
```

Figura 36. Código configAPP.php

4.6.4. ConfigGeneral.php

El archivo ConfigGeneral.php contiene varias variables globales, que nos permitirá ahorrar líneas de código.

```
<?php
const SERVERURL="http://localhost/TFG MVC/" ;
const COMPANY="TFG";
date_default_timezone_set("Europe/Madrid");
```

Figura 37. Código configGeneral.php

4.6.5. MainModel.php

El archivo MainModel.php tiene funciones globales que podemos necesitar en cualquier controlador de nuestra aplicación. Las funciones son las siguientes:

Tabla 28. Funciones MainModel.php

Función	Explicación
Conectar ()	Conecta con la base de datos.
Ejecutar_consulta_simple (\$string)	Ejecuta una consulta sencilla a la BD.
Agregar_cuenta (\$datos)	Agregar cuentas desde administrador.
Eliminar_cuenta (\$codigo)	Eliminar una cuenta.
Datos_cuenta (\$codigo, \$tipo)	Obtiene los datos de una cuenta especifica
Actualizar_cuenta (\$datos)	Actualizar datos de una cuenta
Guardar_bitacora (\$datos)	Guarda el registro de entrada en bitácora
Actualizar_bitacora (\$codigo, \$hora)	Actualiza el registro en bitácora
Eliminar_bitacora (\$codigo)	Elimina el registro de bitácora
Encryption (\$string)	Pasa el string por un hash y lo deja encriptado por números y símbolos
Decryption (\$string)	Función privada para desencriptar
Generar_codigo_aleatorio (\$letra, \$longitud, \$num)	Crear códigos aleatorios para identificar cuentas
Limpiar_cadena(\$cadena)	Función para eliminar inyección por SQL
Sweet_alert(\$datos)	PopUp con avisos para la web.

4.6.6. Módulos

Como he comentado anteriormente, aquí encontramos los archivos que forman parte de la parte estática de la web. La vista final obtenida es la siguiente:

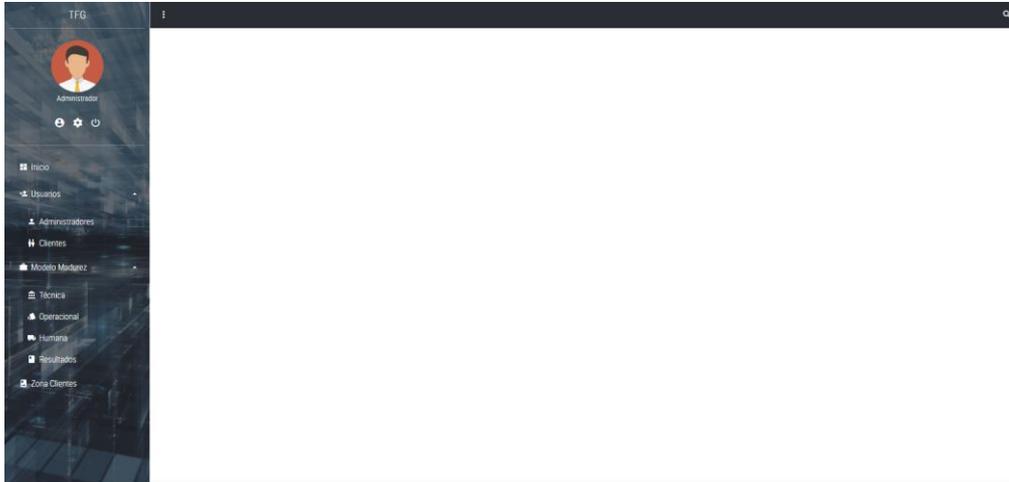


Figura 38. Vista estática de la aplicación.

```
<!DOCTYPE html>
<html lang="es">
<head>
<title><?php echo COMPANY;?></title>
<meta charset="UTF-8">
<meta name="viewport" content="width=device-width, user-scalable=no,
  initial-scale=1.0, maximum-scale=1.0, minimum-scale=1.0">
<!-- Como tenemos la ruta en configGeneral, no hace falta añadir
  dnd esta el css-->
<link rel="stylesheet" href="<?php echo SERVERURL; ?>vistas/css/main.css">
<!-- Scripts -->
<script src="<?php echo SERVERURL; ?>vistas/js/jquery-3.1.1.min.js">
</script>
<script src="<?php echo SERVERURL; ?>vistas/js/sweetalert2.min.js">
</script>
</head>
<body>
<?php
$peticionAjax=false;
require_once './controladores/vistasControlador.php';
//llamamos al metodo
$vt = new vistasControlador();
$vistasR=$vt->obtener_vistas_controlador();
if($vistasR=="login" || $vistasR=="error"):
  if($vistasR=="login"){
    require_once './vistas/contenidos/login-view.php';
  }else{
    require_once './vistas/contenidos/error-view.php';
  }
else:
  session_start(['name'=>'TFG']);
  //RESTRINGIR ACCESO SI NO ESTAS LOGUEADO
  require_once './controladores/loginControlador.php';
  $lc = new loginControlador();
  if(!isset($_SESSION['token_tfg']) || !isset($_SESSION['usuario_tfg'])) {
    $lc->forzar_cierre_sesion_controlador();}?>
<!-- SideBar -->
<?php include "vistas/modulos/navlateral.php"?>
<!-- Content page-->
<section class="full-box dashboard-contentPage">
<!-- NavBar -->
<?php include "vistas/modulos/navbar.php"?>
<!-- Content -->
<?php require $vistasR; ?>
<?php include "vistas/modulos/logoutScript.php"?>
<?php endif; ?>
<?php include "vistas/modulos/script.php"?>
<script>
  $.material.init();
</script>
</section>
</body>
</html>
```

Figura 39. Código plantilla.php

La plantilla.php tiene de base el código que se puede ver en la figura 39, que unifica todas las partes de la web, gracias a las llamadas *include* en php. De este modo, tenemos una parte estática y otra parte dinámica que va modificándose según sea solicitado. Además, nos proporciona los *scripts* y CSS. Por otro lado, si la sesión del usuario no está iniciada, esta fuerza el cierre y redirigirá al *login*.

En módulos encontramos también los archivos de script.php y logoutScript, que se usan para cerrar la sesión de un usuario.

Como método de seguridad, hemos desarrollado un documento PHP en modelos con una única función llamada `obtener_vistas_modelo` (`$vistas`) (Figura 40). Esta función crea una lista de palabras permitidas en el navegador, de forma que no se pueda acceder a ningún otro directorio o archivo introducido en nuestro servidor.

```
<?php
class vistasModelo{
    protected function obtener_vistas_modelo($vistas) {
        //Creamos la lista de paginas para la web por seguridad
        $listaBlanca=["admin","adminsearch","adminlist","catalogo",
            "client","clientlist","clientsearch","home","login",
            "myaccount","mydata","dimensiontecnica","dimensionoperacional",
            "dimensionhumana","vacio"];
        if(in_array($vistas, $listaBlanca)){
            // comprueba si existe el archivo con alguno
            // de los nombres de la lista
            // y añade el sufijo -view.php
            if(is_file("./vistas/contenidos/".$vistas."-view.php")){
                $contenido="./vistas/contenidos/".$vistas."-view.php";
            }else{
                //si no está al login
                $contenido="login";
            }
            //si busca login, devuelve login
        }elseif($vistas=="login"){
            $contenido="login";
        }//si no hay nada definido en la url, vamos a login
        }elseif($vistas=="index"){
            $contenido="login";
        }else{
            $contenido="error";}
        return $contenido;
    }
}
```

Figura 40. Código VistaModelo.php

Además, hemos preparado un archivo `.htaccess` (figura 41). Este archivo se encarga de configurar características de nuestro servidor, entre ellos quién, dónde o cómo puede acceder a los archivos.

```
#Que no se pueda acceder a directorios
Options All -Indexes
#Poder acceder a directorios especificos
RewriteEngine On
#Que la url solo acepte estos caracteres
RewriteRule ^([a-zA-Z0-9/]+)$ index.php?views=$1
```

Figura 41. Código .htaccess

4.6.7. Seguridad

Cross-Site Scripting (XSS) aparece cuando intentan inyectar un script a partir de un formulario web, o lo que es lo mismo, un punto donde nuestra aplicación coge un valor introducido por el usuario y lo usa como variable, y que esta interactúe directamente con la base de datos. Normalmente suele ser un script en Javascript y el navegador entiende este script como parte del código de la web, por lo que lo ejecuta.

Para evitar estos ataques XSS, toda la información debe ser validada o escapada (*escape*) antes de mostrarla o utilizarla. Las medidas de seguridad que vamos a implementar las podemos dividir en tres partes: “data validation”, “data sanitization” y “output escaping”.

- **Data validation:** Este bloque se encarga de validar la estructura del dato que recibe. Si es un string, o un int, etc.
- **Data sanitization:** Este bloque de seguridad es la encargada de manipular los datos para comprobar que son seguros, evitando etiquetas html, xml o php.
- **Output escaping:** Este bloque es el encargado de proteger la integridad de los datos que se devuelven, de forma que el navegador evite malinterpretar alguna secuencia de caracteres especiales.

En mi proyecto, he creado una función en *mainModel* (Figura 42) a la que puedo llamar en cualquier momento para limpiar la cadena de caracteres introducidos.

```
protected function limpiar_cadena($cadena) {
    //eliminar espacios en blanco al principio y final del campo
    $cadena = trim($cadena);
    //Quitamos barras invertidas de un string
    $cadena = stripslashes($cadena);
    //Que busquemos dentro del string y porque lo reemplazamos
    $cadena = str_ireplace("<script>", "", $cadena);
    $cadena = str_ireplace("</script>", "", $cadena);
    $cadena = str_ireplace("<script src", "", $cadena);
    $cadena = str_ireplace("<script type", "", $cadena);
    $cadena = str_ireplace("SELECT * FROM", "", $cadena);
    $cadena = str_ireplace("DELETE FROM", "", $cadena);
    $cadena = str_ireplace("INSERT INTO", "", $cadena);
    $cadena = str_ireplace("--", "", $cadena);
    $cadena = str_ireplace("^", "", $cadena);
    $cadena = str_ireplace("]", "", $cadena);
    $cadena = str_ireplace("[", "", $cadena);
    $cadena = str_ireplace("==", "", $cadena);
    $cadena = str_ireplace(";", "", $cadena);
    //devolvemos la cadena
    return $cadena;
}
```

Figura 42. Código limpiar cadena

Para finalizar el apartado de seguridad, en *mainModel* he creado dos funciones para encriptar y desencriptar código. Esto va pensado para todas esas variables de sesión que no debería ser accesibles para cualquier usuario a simple vista, como puede ser la contraseña, el código de usuario, etc. Las funciones son las siguientes:

```
public function encryption($string){
    $output=FALSE;
    $key= hash('sha256', SECRET_KEY);
    $iv= substr(hash('sha256', SECRET_IV),0,16);
    $output= openssl_encrypt($string, METHOD, $key, 0, $iv);
    $output= base64_encode($output);
    return $output;
}
```

Figura 43. Código encryption

```
//funcion privada para desencriptar
protected function decryption($string){
    $key = hash('sha256', SECRET_KEY);
    $iv = substr(hash('sha256', SECRET_IV),0,16);
    $output = openssl_decrypt(base64_decode($string),METHOD, $key, 0, $iv);
    return $output;
}
```

Figura 44. Código decryption

Estas funciones generan un código *hash* (figura 45) a partir del string proporcionado. Además, añade un código por variable definida que es *SECRET_KEY*, que podemos encontrar en el archivo *ConfigApp.php*, nombrado anteriormente. El resultado podemos verlo en nuestra base de datos, en el apartado de *CuentaClave* de la tabla *cuenta*.

CuentaUsuario	CuentaClave
Administrador	bE9hNHhPUWRuUFUxVmRaMk5yMGw0UT09

Figura 45. Password en Hash

4.6.8. Login

El login (Figura 46) es la raíz de nuestra aplicación informática, ya que no se puede acceder a ninguna de las partes sin antes habernos registrado.



Figura 46. Login de la aplicación.

LoginControlador.php y LoginModelo.php tendrá las siguientes funciones:

Tabla 29. Funciones LoginControlador.php

Función	Explicación
Iniciar_sesion_controlador ()	Comprueba si existe el usuario. Si existe, dejará entrar en la aplicación, en caso de que no exista, mostrará un mensaje de error. Además, escribirá su inicio de sesión en la tabla bitácora de la BD
Forzar_cierre_sesion_controlador ()	Fuerza cerrar la sesión del usuario.
Cerrar_sesion_controlador ()	Cierra la sesión del usuario voluntariamente.
Redireccionar_usuario_controlador (\$tipo)	Dependiendo del rol de usuario, redirecciona a una pagina u otra en la aplicación web.

Tabla 30. Funciones LoginModelo.php

Función	Explicación
Cerrar_sesion_modelo ()	Actualiza bitácora y cierra sesión en la BD.
Iniciar_sesion_modelo()	Consulta para ver si existe el usuario y si está activo en la BD.

Esta vista (figura 47) muestra un mensaje de error en caso de introducir incorrectamente el usuario y contraseña. Estos mensajes en forma de *popups* se muestran gracias a la librería de JavaScript llamada *sweetAlert*.

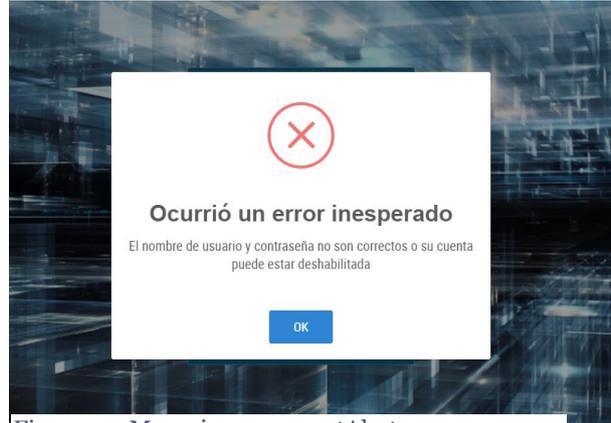


Figura 47. Mensaje error sweetAlert

Como podemos ver en el código, hemos creado una función *sweet alert* (figura 48) en el *mainmodal* que permite ser llamada desde cualquier punto de la aplicación, y que mostrará un mensaje u otro dependiendo de cómo esté construido el array de datos que le pasemos.

```
//vamos a validar un array datos uisando el javascript de "sweet alert"
//toda la info en https://sweetalert2.github.io/
protected function sweet_alert($datos) {
    if ($datos['Alerta']=="simple") {
        $alerta="<script>swal('".$datos['Titulo']."', '".$datos['Texto']."'
            . " , '".$datos['Tipo']."' ); </script>";
    }elseif($datos['Alerta']=="recargar") {
        $alerta="<script>swal({
            title: '".$datos['Titulo']."',
            text: '".$datos['Texto']."' ,
            type: '".$datos['Tipo']."' ,
            confirmButtonText: 'Aceptar'
        }).then(function() {
            location.reload();
        });
        </script>";
    }elseif($datos['Alerta']=="limpiar") {
        $alerta="<script>swal({
            title: '".$datos['Titulo']."',
            text: '".$datos['Texto']."' ,
            type: '".$datos['Tipo']."' ,
            confirmButtonText: 'Aceptar'
        }).then(function() {
            $('#FormularioAjax')[0].reset();
        });
        </script>";
    }
    return $alerta;
}
```

Figura 48. Código sweetAlert

Implementación de una aplicación para la guía en la implantación de sistemas de fabricación (MES)

Cuando nos registremos de forma exitosa en nuestra aplicación, la web nos redireccionará a la pantalla de inicio o *home* (figura 49). Donde se mostrará algo de información, como los superadministradores, administradores, usuarios activos o clientes que hay.

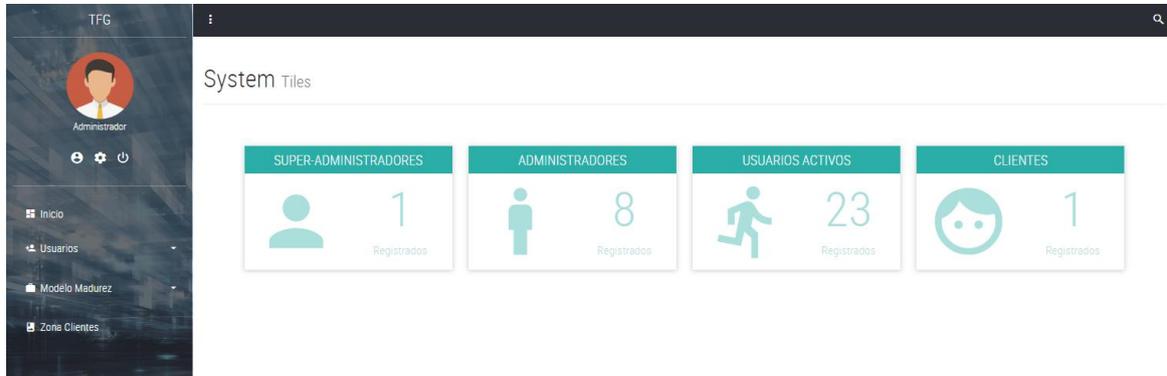


Figura 49. Vista de Home

4.6.9. Admin, adminList y adminSearch

The image shows a web form for creating a new administrator. At the top, it says 'Usuarios ADMINISTRADORES' and 'Esta es la zona de control de administradores.' Below are navigation links: '+ NUEVO ADMINISTRADOR', 'LISTA DE ADMINISTRADORES', and 'BUSCAR ADMINISTRADOR'. The form has a blue header '+ NUEVO ADMINISTRADOR' and sections: 'Información personal' with fields for DNI, Nombres, Apellidos, Teléfono, and Dirección; 'Datos de la cuenta' with fields for Nombre de usuario, Contraseña, Repita la contraseña, and E-mail; and 'Nivel de privilegios' with radio buttons for 'Masculino' and 'Femenino', and three privilege levels: 'Nivel 1' (Control total del sistema (SuperAdmin)), 'Nivel 2' (Permiso para registro y actualización (Usuarios)), and 'Nivel 3' (Permiso para registro (Clientes)). A 'GUARDAR' button is at the bottom.

Figura 50. Vista admin

Dentro de nuestra web, tenemos el apartado Usuarios → administrador. Aquí podemos añadir un usuario nuevo a nuestra herramienta y asignarle el rol que deseemos. Este rol lo he dividido en 3. Por un lado, el Super administrador tiene control total a la plataforma. Por otro lado, el administrador, que también tiene control total sobre la aplicación, pero no puede eliminar ningún usuario ni crear Super Administradores. Finalmente, el usuario, que solamente tendrá acceso al modelo de madurez.

Si nos fijamos en la parte superior, tenemos otras dos secciones en la web (Figura 50). Estas son listar administradores y

buscar administrador. La primera nos lleva a una tabla (Figura 51) que muestra todos los usuarios actuales. Desde ella podremos Actualizar datos o información de la cuenta deseada. Así mismo, si somos administradores, podremos eliminar la cuenta. Nunca saldrá ni la cuenta principal de Administrador ni nuestra propia cuenta con la que estemos registrados.

Usuarios ADMINISTRADORES

Esta es la zona de control de administradores.

[+ NUEVO ADMINISTRADOR](#) / [≡ LISTA DE ADMINISTRADORES](#) / [🔍 BUSCAR ADMINISTRADOR](#)

#	DNI	NOMBRES	APELLIDOS	TELÉFONO	A. CUENTA	A. DATOS	ELIMINAR
1	123	adm	adm				

← 1 →

Figura 51. Vista de lista de administradores

Para finalizar en este apartado, he añadido la opción de buscar un usuario en la tabla con un buscador. Si no hemos buscado nada anteriormente, nos saldrá el siguiente mensaje:

Usuarios ADMINISTRADORES

Esta es la zona de control de administradores.

[+ NUEVO ADMINISTRADOR](#) / [≡ LISTA DE ADMINISTRADORES](#) / [🔍 BUSCAR ADMINISTRADOR](#)

¿A quién estas buscando?

 BUSCAR

Figura 52. Vista buscador-administrador I.

Implementación de una aplicación para la guía en la implantación de sistemas de fabricación (MES)

Una vez buscado, gracias a AJAX, nos muestra sin necesidad de recargar la página los resultados que coinciden con la búsqueda (Figura 53). Además, si en algún momento abandonamos la página y volvemos, esta búsqueda seguirá guardada en una variable de sesión.



Figura 53. Vista buscar administrador II

AdminControlador.php y AdminModel.php tendrán las siguientes funciones:

Tabla 31. Funciones administradorControlador.php

Función	Explicación
Agregar_administrador_controlador ()	Es el controlador que toma los datos del formulario de agregar usuarios y llama a los modelos necesarios.
paginador_administrador_controlador (\$pagina, \$registros, \$privilegio, \$código, \$búsqueda)	Esta función permite que se paginen los resultados de las listas en caso de tener muchos usuarios y, además, construye la tabla.
eliminar_administrador_controlador ()	Eliminar un usuario desde la lista de administradores.
datos_administrador_controlador (\$tipo, \$código)	Limpiar y descripta los datos que pasamos de administrador.
datos_usuario_controlador (\$tipo, \$código)	Limpiar y descriptar los datos que pasamos de usuarios.
datos_activos_controlador (\$tipo, \$código)	Limpiar y descriptar los datos que pasamos de bitácora.
datos_cliente_controlador (\$tipo, \$código)	Limpiar y descriptar los datos que pasamos de cliente.
actualizar_administrador_controlador ()	Actualiza datos del administrador.

Tabla 32. Funciones administradorModelo.php

Función	Explicación
agrega_administrador_modelo(\$datos)	Agrega un usuario en la BD.
eliminar_administrador_modelo(\$codigo)	Elimina un usuario en la BD.
datos_administrador_modelo(\$tipo,\$codigo)	Proporciona datos de la tabla admin.
datos_usuarios_modelo (\$tipo, \$codigo)	Proporciona datos de la tabla cuenta.
datos_clientes_modelo (\$tipo, \$codigo)	Proporciona datos de la tabla cliente.
datos_activos_modelo (\$tipo, \$codigo)	Proporciona datos de la tabla bitácora.
actualizar_administrador_modelo(\$datos)	Actualiza datos del administrador.

4.6.10. Client, clientList y clientSearch

Dentro de nuestra web, tenemos el apartado Usuarios-> clientes. Aquí podemos añadir un usuario “cliente” (figura 54). Los clientes solo podrán acceder a un apartado en la Web, denominado “Zona clientes”. Esta sección mostrará el último resultado de nuestro análisis.

Figura 54. Vista cliente.

Implementación de una aplicación para la guía en la implantación de sistemas de fabricación (MES)

Si nos fijamos en la parte superior, tenemos otras dos secciones en la web. Estas son listar clientes y buscar clientes (Figura 55). La primera nos lleva a una tabla que muestra todos los clientes actuales. Desde ella podremos Actualizar datos o información de la cuenta clientes deseada. Así mismo, si somos administradores, podremos eliminar al cliente.

Usuarios CLIENTES

Esta es la zona de control de clientes.

[+ NUEVO CLIENTE](#) / [≡ LISTA DE CLIENTES](#) / [🔍 BUSCAR CLIENTE](#)

≡ LISTA DE CLIENTES

#	DNI	NOMBRES	APELLIDOS	TELÉFONO	A. CUENTA	A. DATOS	ELIMINAR
1	123	clientedos	apellido	123			

← 1 →

Figura 55. Vista lista de clientes.

Para finalizar en este apartado, he añadido la opción de buscar un cliente en la tabla con un buscador. Si no hemos buscado nada anteriormente, nos saldrá el siguiente mensaje:

Usuarios CLIENTES

Esta es la zona de control de clientes.

[+ NUEVO CLIENTE](#) / [≡ LISTA DE CLIENTES](#) / [🔍 BUSCAR CLIENTE](#)

¿A quién estas buscando?

 BUSCAR

Figura 56. Vista buscar cliente I.

Implementación de una aplicación para la guía en la implantación de sistemas de fabricación (MES)

Una vez buscado, gracias a AJAX, nos muestra sin necesidad de recargar la página los resultados que coinciden con la búsqueda. Además, si en algún momento abandonamos la página y volvemos, esta búsqueda seguirá guardada en una variable de sesión (Figura 57).

Usuarios CLIENTES

Esta es la zona de control de clientes.

[+ NUEVO CLIENTE](#) / [≡ LISTA DE CLIENTES](#) / [🔍 BUSCAR CLIENTE](#)

Su última búsqueda fue "dos"

[ELIMINAR BÚSQUEDA](#)

[🔍 BUSCAR CLIENTE](#)

#	DNI	NOMBRES	APELLIDOS	TELÉFONO	A. CUENTA	A. DATOS	ELIMINAR
1	123	clientedos	apellido	123	+	+	-

[←](#) [1](#) [→](#)

Figura 57. Vista buscar cliente II

4.6.11. Mis datos y mi cuenta

Mi cuenta y mis datos (Figuras 58 y 59) son dos partes de nuestro programa que permiten la edición, por parte del usuario, de sus datos personales. Cuando un administrador intenta acceder a la modificación de los datos de otro usuario, ejecutará la función de `cuentaControlador datos_cuenta_controlador` el cual llamará a la función `datos_cuenta` del `mainModel` que le devolverá todos los valores de ese usuario. Si actualiza, estos se modificarán en la base de datos.

MI CUENTA

Aquí puedes modificar los datos de la cuenta

MI CUENTA

Datos de la cuenta

Nombre de usuario
Administrador

E-mail
admin@tfg.es

Genero
 Masculino
 Femenino

Estado de la cuenta
 Activo
 Deshabilitado

Actualizar Contraseña

Aquí puedes cambiar tu contraseña:

Nueva contraseña *
Repita la nueva contraseña *

Nivel de privilegios

- Nivel 1 Control total del sistema (SuperAdmin)
- Nivel 2 Permiso para registro y actualización (Administrador)
- Nivel 3 Permiso para registro (Usuario)

Datos de la cuenta

Para poder actualizar los datos de la cuenta por favor ingrese su nombre de usuario y contraseña.

Nombre de usuario
Contraseña

ACTUALIZAR

Figura 59. Vista Mis Datos

MIS DATOS

Aquí puedes modificar tus datos personales.

MIS DATOS

Información personal

DNI *
00000000

Nombres *
Administrador

Apellidos *
Apellido

Teléfono
000000000

Dirección
España

ACTUALIZAR

Figura 58. Vista Mi Cuenta

4.6.12. Dimensiones y resultados

Esta es una de las partes más importantes del trabajo de fin de grado. Aquí es donde realizaremos nuestra prueba de análisis del estado de transformación digital en la cadena de producción. Se basará en una pequeña prueba de varias preguntas (Figura 60), dividido por dimensiones. Una vez realizada nuestra prueba, los últimos resultados se mostrarán de forma gráfica y nos proporcionará una sugerencia de qué debemos mejorar en cada nivel para seguir mejorando en nuestro proceso de cambio.

Integración Horizontal y Vertical

1. ¿Hay integración horizontal o vertical?
 Sí
 No
2. ¿Se ha instalado algún subproceso digitalizado y automatizado?
 Sí
 No
3. ¿Hay digitalización vertical? Es decir, ¿hay procesos internos con un flujo de datos estandarizados dentro de la empresa?
 Sí
 No
4. ¿Hay integración horizontal y vertical? Es decir, ¿hay procesos con flujo de datos estandarizados hacia clientes y socios externos?
 Sí
 No
5. ¿Los socios están integrados con la digitalización de la empresa y pueden acceder en tiempo real a todos los datos?
 Sí
 No

ENVIAR

Figura 60. Vista dimensión técnica - integración Horizontal y Vertical

Así mismo, mi intención es mostrar un resultado limpio y que a simple vista nos haga ver en qué punto nos encontramos y qué debemos mejorar. El resultado final que se muestra de forma clara (Figura 61).

Resultados

Resultado



Figura 61. Pantalla resultados

4.7. Resultados obtenidos con la aplicación

El equipo del desarrollo del centro de investigación ha realizado un testeo de la herramienta simulando su aplicación en una empresa real. Como resultado de dicho testeo se puede indicar que, aunque la herramienta está en las primeras fases de desarrollo, tiene mucho potencial. Además de analizar diferentes áreas de la implementación de sistemas en la cadena de producción, esta herramienta se puede trasladar a diferentes niveles dentro de las diversas capas de la funcionalidad de la empresa, como vimos en el estándar ISA-95.

5. Conclusión

El objetivo general de este trabajo de fin de grado es desarrollar una herramienta de análisis de la calidad de la transformación digital, centrándonos en la implementación de los sistemas MES dentro de una planta de producción. Teniendo esto en cuenta, el desarrollo del trabajo ha seguido distintos apartados u objetivos específicos que se han ido resolviendo de forma satisfactoria.

El primer paso es hacer un estudio sobre el estado actual de la industria, las tecnologías que usan y los paradigmas que acompañan a la transformación digital. Gracias a ello se ha observado que el rápido avance informático y tecnológico dificulta la transformación digital de las empresas. Teniendo en cuenta esta situación, se hace necesario un sistema que permita conocer y facilitar esta transición digital, punto en el que se sitúa este trabajo.

Una vez concluido el análisis previo, se ha desarrollado un modelo de madurez usando la base de CMMI para el análisis del estado de la implementación de los sistemas de fabricación. Este permite obtener una imagen del estado de una fábrica en un momento concreto dentro de la transformación digital, centrándose en los tres pilares fundamentales de la producción, que son la parte operacional, tecnológica y humana. Para poder proporcionar esta imagen de la industria, se ha desarrollado una matriz de análisis cuya estructura se basa en el modelo de madurez desarrollado.

A partir de la matriz desarrollada, se han definido los distintos niveles de madurez que presentará la aplicación, los cuáles vendrán determinados por un cuestionario sencillo y permitirá proporcionar un resultado a la persona que realice la consulta.

El segundo objetivo o parte, ha sido el desarrollo de una aplicación web que permita usar de forma sencilla el modelo de madurez creado anteriormente. Para el desarrollo de esta aplicación hemos seguido diferentes pasos.

Primero, un análisis previo de los requisitos de la aplicación, lo cual nos permite conocer las necesidades que tendrán los usuarios a la hora de utilizar nuestra herramienta. Una vez establecidas las necesidades que debe cumplir esta aplicación, se definirán los casos de uso mediante un diagrama que permitirá determinar las funciones a programar dentro de la aplicación, hacer una selección de la arquitectura adecuada a dichas necesidades y generar un diseño atractivo, intuitivo y funcional. Un

Modelo-Vista-Controlador (MVC), cumple con una estructura similar a la de los entornos cliente-servidor, permitiéndonos dividir y trabajar en los distintos puntos del programa sin que se afecten. Una vez definidos estos aspectos, se crearán mockups que nos proporcione una vista previa de cómo se verá la interfaz de nuestra aplicación.

Con el análisis y estudio previo para la creación de la aplicación, se decidió realizar una aplicación en PHP sin el uso de Frameworks; además se utilizó AJAX para generar un entorno interactivo, proporcionando un diálogo entre el cliente y la herramienta. Esta elección permite tener un mayor conocimiento y control de nuestra herramienta al haberla programado completa, además de permitirnos desarrollar y adquirir nuevas habilidades.

Durante el desarrollo de la aplicación web he puesto en práctica algunos conocimientos aprendidos durante el grado de ingeniería informática, mi experiencia laboral previa y, además, trabajar de forma autodidacta para solventar los distintos problemas que han surgido durante el proyecto. El resultado final ha sido poder desarrollar completamente una aplicación en arquitectura MVC, haciendo hincapié en la seguridad, los roles de los usuarios y mejorando los conocimientos en PHP, AJAX y MySQL.

Para concluir, hay que indicar que este proyecto tiene muchas posibilidades de futuro. Desde desarrollar más nuestra herramienta para el análisis, hasta realizar un modelo de madurez con una estructura parecida en otras zonas de la cadena de producción, como puede ser la logística y los sistemas LES. Además, se podría hacer un estudio y aplicación en una empresa, con un seguimiento a largo plazo, para un futuro proyecto de mejora.

6. Bibliografía

- al., P. e. (2009). System and Method for testing and/or debugging runtime systems for solving MES (Manufacturing Execution System) problems. Disponible en: 30 de 6 de 2019, de <https://patents.google.com/patent/US7471991> [30 de 6 de 2019]
- Albuquerque, A. (Septiembre de 2014). Optimización y caracterización de piezas de pla fabricadas mediante técnicas aditivas. Madrid: Universidad Carlos III.
- Benvenuto, A. (2006). Implementación de sistemas ERP, su impacto en la gestión de la empresa e integración con otras TIC. *CAPIV REVIEW*, 4. Disponible en: 30 de 6 de 2019, de <http://www.capic.cl/implementacion-de-sistemas-erp-su-impacto-en-la-gestion-de-la-empresa-e-integracion-con-otras-tic/> [30 de 6 de 2019]
- Bortolini, M., Ferrari, E., Gamberi, M., Pilati, F., & Faccio, M. (2017). Assembly system design in the Industry 4.0 era: a general framework. *50(1)*, 5700-5705.
- Boyes, H., Hallaq, B., Cunningham, J., & Watson, T. (2018). The industrial internet of things (IIoT): an analysis framework. *Computers in Industry*, 101, 1-12.
- Calà, A., Soldatos, J., & Boschi, F. (2018). Migration strategies to digital automation in the Industry 4.0 ERA. (L. Unparallel Innovation, Ed.) Edge4Industry.
- Canós, J., Letelier, P., Penadés, & M.C. (2012). Metodologías Ágiles en el desarrollo del Software. Universidad Politécnica de Valencia.
- Chaulya, S., & Prasad, G. (2016). Application of Cloud Computing Technology in Mining Industry. En S. Chaulya, & G. Prasad, *Sensing an Monitoring Technologies for Mines and Hazardous Area* (págs. 351-396). Elsevier.
- Chen, H., H. L. Chiang, R., & C. Storey, V. (2012). Business Intelligence and Analytics: from Big Data to Big Impact. *MIS Quarterly. Special Issue: Business Intelligence Research*, 36(4), 1165-1188.
- Consortium, I. I. (2016). *Industrial Internet of things. Volume G4: Security Framework*. Security Framework. Disponible en: https://www.iiconsortium.org/pdf/IIC_PUB_G4_V1.00_PB.pdf [30 de 6 de 2019]

- Cruz-Rentería, J., Gutierrez-Torres, L., García-Alva, S., Sánchez, Z., & Junín, A. (2016). Software Developing based in ISA-95 Standar. *Workshop en cómputo inteligente en las organizaciones*, 62-68.
- del Val , J. R. (s.f.). Industria 4.0: la transformación digital de la industria. *CODIINFORME* (págs. 1-10). Facultad de Ingeniería. Universidad de Deusto. Disponible en: <http://coddii.org/wp-content/uploads/2016/10/Informe-CODDII-Industria-4.0.pdf> [30 de 6 de 2019]
- Everett, R. (1962). *Diffusion of Innovations*. London: Macmillan. ISBNi:978-3-540-49743-1
- Finkelstein, A. (s.f.). A software Process Immaturity Model. Imperial College.
- Fox, M., Chionglo, J., & Barbuceanu, M. (1993). The integrated Supply Chain Management System. Toronto: University of Toronto.
- Fraile, F. (30 de 6 de 2019). *Industria 4.0 y reducción de costes TI*. Obtenido de SlideShare: <https://es.slideshare.net/coiicv/francisco-fraile-industria-40-y-reduccion-de-costes-ti> [30 de 6 de 2019].
- Fraile, F., Tagawa, T., Poler, R., & Ortiz, A. (2018). Trustworthy Industrial IoT Gateways for Interoperability Platforms and Ecosystems. *IEEE Internet of Things Journal*, 5(6), 4506-4514. doi:10.1109/JIOT.2018.2832041
- Guy, Z., Oz, N., & Pentland, A. (2015). Decentralizing Privacy: Using Blockchain to Protect Personal Data. *Computer Society*, 180-184.
- Hamilton, E. (2018). What is Edge Computing: The Network Edge Explained. *Cloudwards.net*. Disponible en: <https://www.cloudwards.net/what-is-edge-computing/> [30 de 6 de 2019]
- International, M. (2016). MESA MOM Capability Maturity Model. Version 1.0. MESA International.
- Kim, H.-W., & Jeong, Y.-S. (2018). Secure Authentication-Management human-centric Scheme for trusting personal resource information on mobile cloud computing with blockchain. *Human-centric Computing and Information Science*, 1-13. doi:<https://doi.org/10.1186/s13673-018-0136-7>
- Kletti, J. (2007). *Manufacturing Execution System - MES*. Springer.

- MESView, M. d. (2018). *Manual de instalación y uso*. Vol. 1 y 2
- Navarro, C. (2010). Sistemas de ejecución de manufactura en la fabricación integrada por computador y prácticas de laboratorio de sistemas SCADA. Universidad Pontificia Bolivariana.
- Observatorio Industria, 4. (2018). *Estudio Smart Industry 4.0*. Industria 4.0. OBSERVATORIO. Disponible en: <https://observatorioindustria.org/informes/> [30 de 6 de 2019]
- Pfander, E., & Thurnet, N. (2009). *United States Patente n° US 7543276B2*. Disponible en: <https://patents.google.com/patent/US7471991> [30 de 6 de 2019]
- Pinilla, A. (s.f.). Resiliencia en la Seguridad Informática. Universidad Piloto de Colombia.
- PWC. (2016). *Industry 4.0: Building the digital enterprise*. PWC.
- Russom, P. (2011). Big Data Analytics. *TDWI Research*.
- Salazar, V. (2009). Análisis de la integración de los sistemas MES-ERP en industrias de manufactura. *Seventh LACCEI Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology*, (págs. 1-6). San Cristóbal (Venezuela). Disponible en: http://www.laccei.org/LACCEI2009-Venezuela/Papers/IE207_Salazar.pdf [30 de 6 de 2019]
- Stojmenovic, I. (2014). Fog computing: A cloud to the ground support for smart things and machine-to-machine networks. *Australasian Telecommunication Networks and Applications Conference (ATNAC)*, (págs. 117-122). Melbourne.
- Tao, F., Zhang, M., & Nee, A. (2019). Digital Twin and Cloud, Fog, Edge Computing. En F. Tao, M. Zhang, & A. Nee, *Digital Twin Driven Smart Manufacturing* (págs. 171-181). Academic Press.