

**Proyecto *Energía Industrial 4.0 – E14.0***

Integración de tecnologías avanzadas para mejorar la Eficiencia energética y de procesos en empresas con procesos Industriales homogéneos

Participantes: ITE y AIDIMME



**Entregable *E2.2. HAO especificaciones y diseño herramienta***

Informe dónde se desarrollan las especificaciones técnicas y diseño de la herramienta

Participantes: ITE y AIDIMME



## Índice de contenido

<b>1. Introducción</b>	<b>5</b>
<b>2. Tecnologías seleccionadas a analizar</b>	<b>7</b>
<b>3. Funcionalidades y arquitectura de la herramienta</b>	<b>9</b>
3.1. Herramientas de autodiagnóstico.....	9
3.2. Autodiagnóstico energético-productivo: Energía Industrial 4.0 .....	18
3.3. Estructuración de la información .....	19
3.4. Componentes, arquitectura y funcionalidades.....	20
<b>4. Especificaciones y diseño de la herramienta</b>	<b>23</b>
4.1. Especificaciones de programación.....	23
4.2. Diseño módulo de Identificación y Datos de Usuario / Empresa.....	26
4.3. Diseño módulo de Entrada Datos de Test.....	28
4.4. Diseño módulo Tratamiento de Datos y Lógica .....	35
4.5. Diseño módulo Muestra de Resultados.....	40
<b>5. Conclusiones</b>	<b>42</b>
<b>6. Bibliografía</b>	<b>42</b>

## Índice de figuras

<b>Figura 1. Metodología PT2. Fuente: ITE.</b> .....	6
<b>Figura 2. HADA. Fuente: MINECO.</b> .....	9
<b>Figura 3. Modelo de transformación digital HADA. Fuente: MINECO.</b> .....	11
<b>Figura 4. Resultados HADA. Fuente: MINECO.</b> .....	11
<b>Figura 5. Tecnoiplant. Fuente: Sistepiant.</b> .....	12
<b>Figura 6. Industry 4.0 Readiness. Fuente: IMPULS.</b> .....	13
<b>Figura 7. Self-Assessment PwC. Fuente: PwC.</b> .....	14
<b>Figura 8. Estructura información según mapa de conocimiento EI4.0. Fuente: ITE</b> .....	19
<b>Figura 9. Estructuración general de la información. Fuente: ITE</b> .....	19
<b>Figura 10. Componentes de la herramienta. Fuente: ITE</b> .....	20
<b>Figura 11. Arquitectura del sistema Energía Industrial 4.0. Fuente: ITE</b> .....	21
<b>Figura 12. Maqueta del formulario de identificación. Fuente: ITE</b> .....	26
<b>Figura 13. Estructura de operación Identificación y Entrada de Datos. Fuente: ITE</b> .....	27
<b>Figura 14. Maqueta del formulario de entrada de datos. Fuente: ITE</b> .....	28
<b>Figura 15. Proceso seguido para el diseño del cuestionario. Fuente: ITE</b> .....	29
<b>Figura 16. Ejemplo formato y tipos de preguntas y respuestas posibles. Fuente: ITE</b> ..	35
<b>Figura 17. Selección áreas de actuación según las características de la empresa. ITE.</b> 36	
<b>Figura 18. Proceso de estructuración de las preguntas a formular. Fuente: ITE</b> .....	37
<b>Figura 17. Ejemplo interfaz de diseño. Fuente: LPA</b> .....	39
<b>Figura 18. Módulo tratamiento de datos y lógica. Fuente: ITE</b> .....	40
<b>Figura 19. Maqueta del formulario de resultado. Fuente: ITE</b> .....	41
<b>Figura 22. Ejemplo gráficas de evaluación nivel alcanzado perfil de EE. Fuente: ITE</b> ....	41
<b>Figura 23. Gráfica ejemplo valoración cuantitativa de cada inversión estudiada. ITE</b> ...	42

## Índice de tablas

<i>Tabla 1. Paquete de Trabajo 2. Fuente propuesta EI4.0 .....</i>	<i>5</i>
<i>Tabla 2. Tabla comparativa herramientas similares. Fuente: ITE, AIDIMME.....</i>	<i>17</i>
<i>Tabla 3. Componentes y descripción. Fuente: ITE .....</i>	<i>20</i>
<i>Tabla 4. Función de aplicación y descripción. Fuente: ITE .....</i>	<i>22</i>
<i>Tabla 5. Tabla medidas de EE a valorar por área y nivel de implantación. Fuente ITE... </i>	<i>30</i>
<i>Tabla 6. Estructuración niveles de distintos bloques de preguntas. ITE - AIDIMME. ....</i>	<i>32</i>
<i>Tabla 7. Parámetros a valorar de información general preliminar. Fuente ITE.....</i>	<i>34</i>

## 1. Introducción

El entregable E2.2 cubre tareas del paquete de trabajo 2:

FICHAS DESCRIPTIVAS DE LOS PAQUETES DE TRABAJO			
Paquete de trabajo Nº	2	Fecha de comienzo: M01, abr 2017	Fecha de fin: M08, nov 2017
Responsable del paquete de trabajo*:			ITE
Acónimos otros participantes en este paquete de trabajo*:			AIDIMME
Título del paquete de trabajo		PT2 - Análisis, especificaciones y diseño	
<p><b>Objetivos:</b></p> <p>El objetivo de este paquete de trabajo es el de definir en detalle las especificaciones y diseño de la herramienta de auto diagnóstico digital e interactiva propuesta en el proyecto, en el ámbito del sector metal, subsector del <i>Tratamiento y revestimiento de metales</i>.</p> <p>Para ello se definirán de manera iterativa las funcionalidades, especificaciones y diseño de sistema hasta tener a su finalización una versión definitiva de la herramienta. Con el fin que en los siguientes paquetes de trabajo PT3 y PT4 el inicio de su desarrollo.</p>			
<p><b>Descripción del trabajo (tareas):</b></p> <p><b>T2.1 – Caracterización de subsector, especificaciones iniciales y mapas interactivos (M1-M6) – (ITE, AIDIMME)</b></p> <p>En esta tarea se desarrollarán las especificaciones iniciales de sistema, para ello se realizarán las siguientes acciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Caracterización de necesidades del subsector objetivo según sus plantas productivas y procesos determinando mejoras de eficiencia de procesos, eficiencia energética y de digitalización.</li> <li>- Desarrollo de mapas de tecnologías aplicables en cuanto a mejoras de eficiencia de procesos, eficiencia energética y digitalización.</li> <li>- Desarrollo de metodología de análisis y cuantificación de estado de empresas y planes de mejora</li> <li>- Diseño de lógica de mapas interactivo de tecnologías y cuantificación automática de estado y planes de mejora</li> </ul>			
<p><b>T2.2 – Especificaciones finales y diseño de sistema (M3-M8) – (ITE, AIDIMME)</b></p> <p>En esta tarea se desarrollarán las especificaciones avanzadas y finales del sistema, para ello se realizarán las siguientes acciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Definición de funcionalidades y arquitectura de herramienta de análisis web y sistema de recogida de información</li> <li>- Diseño de herramienta de análisis web y sistema de recogida</li> <li>- Ajuste final de lógica desarrollada</li> <li>- Especificaciones, funcionalidades, diseño final.</li> </ul> <p>Con ello el sistema propuesto estará preparado para su desarrollo en siguientes paquetes de trabajo.</p>			
<p><b>Entregables:</b></p> <p>E2.1 - Descripción sector y subsector objetivo</p> <p>E2.2 – HAO especificaciones y diseño herramienta</p>			
<p><b>Hitos:</b></p> <p>H2.1 – HAO, especificadores iniciales , mapas interactivos desarrollados</p> <p>H2.2 – HAO, especificaciones finales y diseño realizado</p>			
<p><b>Reuniones:</b></p> <p>Desde inicio a fin de paquete de trabajo entre ITE y AIDIMME reuniones quincenales y con FEMEVAL mensuales. Objetivo de las primeras son la organización técnica del desarrollo de tareas y con FEMEVAL organización de cara a enfocar la herramienta adecuadamente al sector y subsector objetivo.</p>			

Tabla 1. Paquete de Trabajo 2. Fuente propuesta EI4.0

La ejecución del trabajo se ha realizado siguiendo la siguiente metodología:

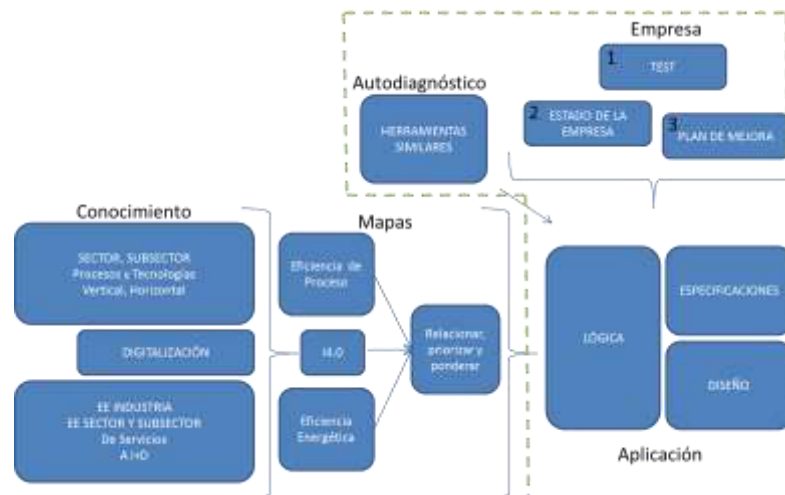


Figura 1. Metodología PT2. Fuente: ITE.

Dividiendo las acciones a realizar en este paquete de trabajo respecto a:

- **Conocimiento** – Se han desarrollado tareas de búsqueda bibliográfica con el objetivo de agrupar una serie de técnicas digitalizables que ayuden a resolver la herramienta que se pretende en este proyecto, tanto a nivel de procesos y tecnologías utilizadas en el sector y subsector objetivo, como a nivel de eficiencia energética. AIDDIME se ha centrado en la parte de proceso y tecnologías, e ITE en la de Eficiencia Energética.
- **Mapas** – Con las técnicas recopiladas, se han definido unos mapas en los cuáles se han especificado las técnicas más importantes y se han clasificado desde servicios básicos a proyectos I+D de manera horizontal, desglosándose también a nivel vertical. Se han generado dos mapas, uno de Eficiencia de Proceso y otro de Eficiencia Energética con el objetivo de compararlos y priorizar ponderando cada técnica finalmente establecida.
- **Autodiagnóstico** – Se han analizado herramientas ya existentes en el mercado con funcionalidades similares a la que se pretende resolver en este proyecto, de manera que puedan servir como referencia y punto de partida, así como para detectar deficiencias y poder eliminarlas en el desarrollo de este proyecto. No existe en el mercado ninguna herramienta con las funcionalidades de la que se pretende obtener en este proyecto.
- **Empresa** – Se ha definido un test de preguntas basadas en industria 4.0 y relacionadas con las diferentes técnicas seleccionadas, mediante las cuales se pretende saber el estado de las empresas (grado de adaptación) en cuanto al concepto de Industria 4.0 y proponerles un plan de mejora a seguir.
- **Aplicación** – Por último, se ha procedido a realizar el diseño de la herramienta, se han definido unas especificaciones a seguir considerando los mapas realizados y los datos aportados por las empresas. Siguiendo estas especificaciones se ha implementado la herramienta a nivel de programación.

En este informe, y siguiendo esta metodología planteada, se han trabajado las partes de Aplicación, Autodiagnóstico y Empresa.

## 2. Tecnologías seleccionadas a analizar

Las áreas tecnológicas a estudiar se han seleccionado por motivos de impacto dentro de los posibles procesos del sector, siendo extrapolables en su mayoría a otros sectores.

Tal como se indica en el *documento anterior E2.1*, cada tecnología se ha dividido en varios niveles para analizar el grado de implantación de la misma; y a su vez cada nivel incluye una serie de actuaciones relacionadas con el objetivo a alcanzar.

Desde el punto de vista de la eficiencia productiva, se han seleccionado las seis técnicas de mejora que pueden dar resultados relevantes en los procesos implicados. Una de ellas, la *Gestión de Entradas*, puede considerarse fuertemente involucrada con las tecnologías de mejora energética, y así se tratará en la herramienta.

Las otras cinco técnicas son muy específicas del área de la eficiencia productiva y del aprovechamiento de recursos, caso particular de mejora de la eficiencia. El *Diseño de bastidores y el posicionamiento de piezas* es uno de los actuales hándicaps en el subsector, ya que el colgado y descolgado de piezas requiere una utilización intensiva de mano de obra. Las técnicas asociadas con los Consumos de agua tienen por objeto tanto el ajuste de consumos como la mejora en la eficiencia de los lavados. La *Reducción del arrastre* tiene importantes efectos en varios aspectos muy relevantes, tanto para la reducción de consumo de materias primas como para la reducción de tiempos de proceso: pérdida de materias primas, necesidad de lavado, riesgo de contaminación cruzada, necesidad de depuración de aguas, etc.

El *Enjuague* y las técnicas asociadas al mismo también tienen la doble vertiente del ahorro de recursos y de la obtención de la calidad adecuada en las piezas, evitando su pasivación. Por último el *Mantenimiento de las soluciones de proceso* persigue mantener el rendimiento óptimo de los baños en todo momento, evitando o bien una pérdida de eficiencia productiva directa, o bien no alcanzar las especificaciones de calidad fijadas en cada proceso.

Desde el punto de vista de la Eficiencia Energética, las dos áreas más relevantes son la gestión energética y el mercado eléctrico por ser aplicables a todo tipo de industria y/o proceso energético. La gestión energética abarca todas las acciones destinadas a la estandarización, el control y la optimización del consumo de energía; y el mercado eléctrico incluye la actuación sobre las tarifas eléctricas y de energía térmica, así como la participación activa el mercado eléctrico en sí.

Otros aspectos que se tratan por la naturaleza del sector son la eficiencia energética en procesos térmicos, la autogeneración, el almacenamiento energético y la empresa colaborativa. Los procesos térmicos podrían encuadrarse dentro de la gestión energética anteriormente citada, pero separan por la criticidad de los procesos en cuanto a pérdidas energéticas.

La autogeneración referencia la posibilidad de que una empresa utilice pequeños sistemas inteligentes de generación eléctrica y térmica, mediante la incorporación o no de fuentes de energía renovables, con la intención de reemplazar sistemas centralizados por sistemas distribuidos, lo cual permite tener un mayor control de cada uno de los consumos de una determinada plata productiva; y que además puede estar relacionado con el uso de almacenamiento energético (herramienta

indispensable en empresas con consumo energético elevado y procesos de producción poco flexibles que quieran reducir costes de suministro).

Por último, con la empresa colaborativa se pretende crear una nueva línea de trabajo mediante la interconexión entre empresas y la utilización de la información de manera eficaz con el fin de que todos los implicados obtengan mejores resultados.



### 3. Funcionalidades y arquitectura de la herramienta

En este apartado se exponen cuáles son las principales funcionalidades que va a tener la herramienta a desarrollar y cuál va a ser su arquitectura final. Para ello, se han analizado y comparado las diferentes herramientas existentes con la que se pretende desarrollar en este proyecto, de manera que puedan detectarse claramente en que se diferencian unas de otras.

Al mismo tiempo, se han definido también que componentes forman la herramienta y que incluye cada uno de ellos.

#### 3.1. Herramientas de autodiagnóstico

A continuación se exponen algunas herramientas similares a la que se pretende desarrollar en este proyecto, tanto a nivel nacional como internacional:

##### **HADA-Herramienta de autodiagnóstico avanzado para la evaluación de la madurez digital**

El Ministerio de Economía, Industria y Competitividad (MINECO) a través de la Secretaría General de Industria y de la Pequeña y Mediana Empresa, han creado la herramienta de autodiagnóstico avanzado HADA, la cual pretende ser un instrumento de ayuda para las empresas en su camino hacia la Industria Conectada 4.0 con la intención final de impulsar la transformación digital de las empresas.



Figura 2. HADA. Fuente: MINECO.

Estos son los objetivos de HADA:

1. Evaluar el grado de preparación y madurez de las empresas a la hora de afrontar los retos de la Industria 4.0 (digitalización de la economía)
2. Estudiar cuál es la situación de la empresa desde un punto de vista individual
3. Ver cuál es la situación relativa de la empresa, cómo se compara con otras empresas de su mismo sector, de su mismo tamaño, de su mismo ámbito o territorio.
4. Herramienta pionera dentro de la UE, es la única herramienta pública de autoevaluación de acceso gratuito, desde la web se encuentra disposición de las empresas.
5. Se pretende llegar a elaborar lo que se ha llamado Barómetro de Industria 4.0, llegar a tener cuál es la situación en términos de transformación digital de

la empresa en nuestro país, dará lugar una serie de valores absolutos pero también será interesante ver cuál es la evolución a lo largo de los meses.

Para el desarrollo de HADA se ha diseñado un modelo de madurez digital en Industria 4.0 el cual se basa en el análisis de 5 dimensiones clave en la estrategia y operaciones de las empresas:

- Estrategia y modelo de negocio: se evalúa la capacidad de adaptación de la organización al entorno y al mercado.
- Procesos: Se analizan las capacidades digitales del modelo operativo.
- Organización y personas: Se identifican las capacidades de la organización y su modelo de relación con otros agentes.
- Infraestructuras: Se identifica la capacidad de transformación que sus infraestructuras ciberfísicas permiten.
- Productos y servicios: Se evalúa el nivel de incorporación de tecnología a los productos y servicios existentes, así como su potencial de digitalización.

Al mismo tiempo, para cada una de las dimensiones comentadas, se han identificado los puntos clave que permiten impulsar a las empresas hacia la transformación digital y la Industria 4.0:

Estrategia y modelo de negocio:

- Estrategia y mercado
- Inversiones
- Innovación
- Sostenibilidad

Procesos:

- Digitalización
- Integración
- Automatización

Organización y personas:

- Modelo de organización y colaboración
- Habilidades y cualificaciones
- Formación digital

Infraestructuras:

- Infraestructuras digitales
- Soluciones de negocio y control
- Plataformas colaborativas

Productos y servicios:

- Componentes y funcionalidades digitales
- Productos y servicios interconectados
- Recopilación, análisis y uso de datos

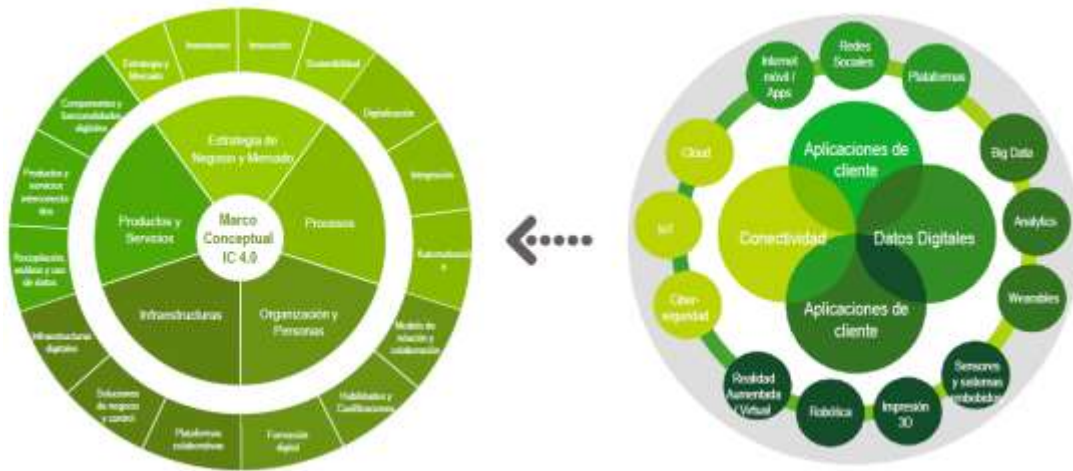


Figura 3. Modelo de transformación digital HADA. Fuente: MINECO.

La herramienta HADA analiza de manera completa todos los aspectos comentados de cada uno de las empresas que introducen la información relevante. Para ello, se pide un registro inicial dónde se indican datos básicos y de caracterización estadística de la empresa y posteriormente se implementa un cuestionario de evaluación compuesto por 68 preguntas agrupadas en las 5 dimensiones anteriormente comentadas y en sus respectivos puntos clave. Las preguntas se evalúan del 0 al 10 de menor a mayor importancia y pueden añadirse comentarios. Para finalizar se genera un informe dónde se muestran las respuestas y el grado de madurez de la empresa.



Figura 4. Resultados HADA. Fuente: MINECO.

### Tecnoiplant- Autoevaluación de Fabricación Avanzada. Diagnóstico integral de Industria 4.0

Tecnoiplant es una herramienta de autodiagnóstico creada por Sisteplant, empresa de servicios líder en el sector de la ingeniería industrial ubicada en el Parque Tecnológico de Vizcaya, con el objetivo de que las empresas puedan saber en qué

punto se encuentran en cuanto a Industria 4.0, también en comparación con la media industrial.



Figura 5. Tecnoiplant. Fuente: Sisteplant.

El principal objetivo de la herramienta es el de agilizar la transformación de planta industrial a fábrica avanzada de las empresas, ayudándoles a priorizar acciones estratégicas a corto, medio y largo plazo para avanzar hacia la industria 4.0.

El cuestionario a responder está enfocado hacia la medición de 6 aspectos clave del proceso de transformación:

- Agilidad
- Robustez
- Supply Chain
- Fábrica inteligente
- Fábrica humana
- Fábrica digital

Después de rellenar el cuestionario se genera un informe final de resultados que se manda a cada una de las empresas para que tengan claro cuál es su estado actual en cuanto a digitalización e Industria 4.0.

### **Industry 4.0 Readiness- Online Self-check for Businesses**

Esta es una herramienta online de autodiagnóstico que permite saber a las empresas en que aspectos están ya preparados para la industria 4.0 y en cuales tiene aún margen de mejora. Esta herramienta fue encargada por la fundación IMPULS de la Federación Alemana de Ingeniería (VDMA) y desarrollada por IW Consult (una filial del Instituto de Colonia para la investigación económica) y el Instituto de Gestión Industrial (FIR) en RWTH en la Universidad de Aachen.

Este modelo de preparación es la base para una autoevaluación y comparación por parte de las empresas mediante el self-check, siendo este el objetivo principal de esta herramienta online.

En la herramienta se diferencian 6 dimensiones clave en la Industria 4.0 que son la base de la misma:



Figura 6. Industry 4.0 Readiness. Fuente: IMPULS.

- Estrategia y organización: La implementación del concepto de Industria 4.0 es de gran importancia estratégica. Estos los criterios que se estudian en esta primera dimensión:
  - o Estado de implementación de la estrategia Industry 4.0
  - o Operacionalización y revisión de estrategia a través de un sistema de indicadores
  - o Actividad de inversión relacionada con Industry 4.0
  - o Uso de la tecnología y la gestión de la innovación
- Fábrica inteligente: La fábrica inteligente depende de los sistemas ciberfísicos que unen los mundos físico y virtual al comunicarse a través de una infraestructura de TI, el Internet de las cosas. Industria 4.0 también involucra el modelado digital a través de la recopilación inteligente, almacenamiento y procesamiento de datos. Estos son los criterios a través de los cuales se mide el progreso de una empresa en esta dimensión:
  - o Modelado digital
  - o Infraestructuras de equipos
  - o Uso de datos
  - o Sistemas de TI
- Operaciones inteligentes: Se llaman operaciones inteligentes a las tareas básicas de planificación de la producción.

Estos son los cuatro criterios en los que se basa el análisis dentro de esta dimensión:

- o El intercambio de información
- o Uso de la nube
- o Seguridad informática
- o Procesos autónomos

- Productos inteligentes: Son productos equipados con componentes TIC que recopilan datos sobre su entorno y su propio estado. El grado de adaptación de las empresas a esta dimensión se determina al observar las funcionalidades complementarias de TIC de cada producto y la medida en que se analizan los datos durante el tiempo de uso.
- Servicios basados en datos: El objetivo de los servicios basados en datos es alinear futuros modelos comerciales y mejorar el beneficio para el cliente. La preparación en esta dimensión se determina a partir de los siguientes criterios:
  - o Disponibilidad de servicios basados en datos
  - o Porcentaje de ingresos derivados de servicios basados en datos
  - o Parte de los datos utilizados
- Empleados: Los empleados ayudan a las empresas a realizar su transformación digital y son los más afectados por los cambios en el lugar de trabajo digital. La preparación en la dimensión de los empleados se determina mediante el análisis de las habilidades de los empleados en diversas áreas y los esfuerzos de la compañía para adquirir nuevos conjuntos de habilidades.

### **Industry 4.0-Enabling Digital Operations. Self-Assessment**

La siguiente autoevaluación ha sido creada por la consultora PwC, nombrada en 2017 y por segundo año como la más innovadora del año. Esta herramienta está pensada para proporcionar el posicionamiento de las empresas que la realicen con respecto a la industria 4.0 analizando el grado de madurez a través de 6 dimensiones, identificando también que necesidades de acción tiene, es decir, que pasos debe dar con respecto a su situación actual y su industria, de manera que sepan cómo tiene que posicionarse frente a los competidores en su industria.

En la siguiente imagen se aprecia las dimensiones que se incluyen en el modelo de madurez definido por PwC, el cual consta de 33 preguntas, y las etapas de madurez en las que puede estar una empresa. Este modelo de madurez sirve como base para el proceso de autoevaluación, por lo que su nivel de madurez actual se mostrará como parte del resultado.

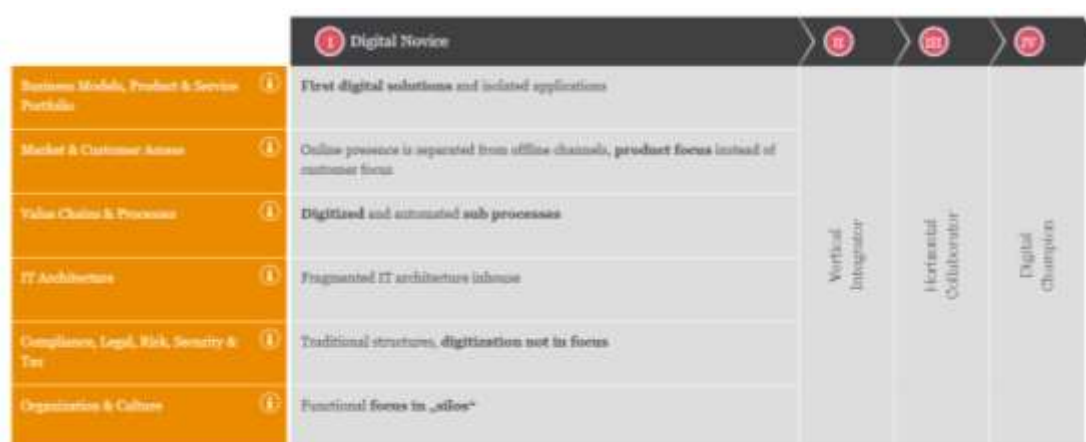


Figura 7. Self-Assessment PwC. Fuente: PwC.

Es interesante también reflejar el trabajo realizado por **TECNALIA: Modelo de diagnóstico e impacto 4.0 (MDI-4.0)**<sup>1,2</sup>. La herramienta desarrollada por Tecnalia pretende tener una visión de todos aquellos aspectos y características que influyen en la transformación industrial y cuyos beneficios para la empresa son:

- Establecer oportunidades de mejora e impacto relevante
- Identificar nuevos servicios
- Obtener un roadmap tecnológico de acciones a futuro

MDI-4.0 permite la identificación en las empresas de necesidades y retos con impacto potencial alineados con la estrategia industria 4.0. En concreto consiste en captar el estado actual en algunas áreas y su vinculación con las tecnologías (*análisis de espacios*), compararlas con lo que sería un estado óptimo en su sector dentro del concepto de industria 4.0, e identificar oportunidades de mejora con impacto relevante que puedan ayudarle a posicionarse mejor en el mercado. Para ello se basa en **7 áreas y espacios de análisis** en cada una de ellas, cubriendo todas las dimensiones implicadas: clientes, procesos, plantilla, proveedores, sostenibilidad y conectividad.

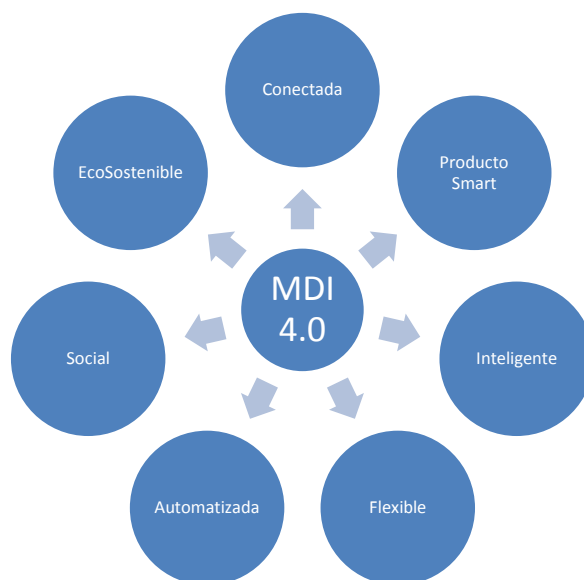


Figura 8. Áreas de análisis MDI 4.0. Fuente: Tecnalia y elaboración AIDIMME.

Las áreas *conectada*, *producto Smart* y *social externa* permitirían valorar su eficacia en su relación exterior. Las áreas *conectada*, *inteligente*, *flexible* y *automatizada* permitirían valorar la eficiencia en sus procesos internos. Las áreas “*automatizada* y *social interna*” analizarían el atractivo para los trabajadores y el área *eco-sostenible* la sostenibilidad medioambiental.

1

[http://www.elara.es/documentos/TECNALIA\\_Industry%204.0\\_IVJornada%20de%20Productividad\\_Elara.pdf](http://www.elara.es/documentos/TECNALIA_Industry%204.0_IVJornada%20de%20Productividad_Elara.pdf)

<sup>2</sup> <http://www.2016cbimobilbao.com/archivo/ficheros/laka.pdf>

A modo de ejemplo se detalla el área “conectada”. Su objetivo es que la industria sea capaz de obtener e intercambiar datos e información de sus procesos, almacenarlos, y gestionarlos de forma segura y accesible en remoto, interna y externamente, en tiempo real. Consta de 5 espacios:

- Obtener datos. Monitorización planta y procesamiento seña.
- Protocolos y estándares de comunicación (para la obtención de los datos).
- Acceso a almacenamiento de datos. Arquitecturas descentralizadas y repositorios remotos.
- Cooperación e interrelación: intercambiar datos. Integración de herramientas, sistemas y procesos.
- Ciberseguridad.

En la siguiente tabla comparativa se resumen las herramientas presentadas en este apartado:

HERRAMIENTA	DIMENSIONES	PREGUNTAS	OBJETIVO
HADA	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Estrategia y modelo de negocio</li> <li>· Procesos</li> <li>· Organización y personas</li> <li>· Infraestructuras</li> <li>· Productos y servicios</li> </ul>	68	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Evaluar el grado de preparación y madurez de las empresas a la hora de afrontar los retos de la Industria 4.0 (digitalización de la economía)</li> <li>· Estudiar cuál es la situación de la empresa desde un punto de vista individual</li> <li>· Ver cuál es la situación relativa de la empresa, cómo se compara con otras empresas de su mismo sector, de su mismo tamaño, de su mismo ámbito o territorio.</li> <li>· Se pretende llegar a elaborar lo que se ha llamado Barómetro de Industria 4.0, llegar a tener cuál es la situación en términos de transformación digital de la empresa en nuestro país, dará lugar una serie de valores absolutos pero también será interesante ver cuál es la evolución a lo largo de los meses.</li> </ul>
TECNOIPLANT	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Agilidad</li> <li>· Robustez</li> <li>· Supply Chain</li> <li>· Fábrica inteligente</li> <li>· Fábrica humana</li> <li>· Fábrica digital</li> </ul>	-	Agilizar la transformación de planta industrial a fábrica avanzada de las empresas, ayudándoles a priorizar acciones estratégicas a corto, medio y largo plazo para avanzar hacia la industria 4.0.
ONLINE SELF-CHECK BUSINESSES. IMPULS	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Estrategia y organización</li> <li>· Fábrica inteligente</li> <li>· Operaciones inteligentes</li> <li>· Productos inteligentes</li> <li>· Servicios basados en datos</li> <li>· Empleados</li> </ul>	-	informar a las empresas en que aspectos están ya preparados para la industria 4.0 y en cuales tiene aún margen de mejora



<p>SELF-ASSESSMENT. PWC</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Modelos de negocio, productos y servicios</li> <li>· Acceso al mercado y a clientes</li> <li>· Cadena de valor y procesos</li> <li>· Arquitectura IT</li> <li>· Cumplimiento, legal, riesgo, seguridad e impuestos</li> <li>· Organización y cultura</li> </ul>	<p>33</p>	<p>Proporcionar el posicionamiento de las empresas que la realicen con respecto a la industria 4.0 analizando el grado de madurez e identificando también que pasos debe dar con respecto a su situación actual y su industria, de manera que sepan cómo tiene que posicionarse frente a los competidores en su industria.</p>
<p>MODELO DE DIAGNÓSTICO E IMPACTO (MDI 4.0) TECNALIA</p>	<p>Área <i>conectada</i> Producto <i>Smart</i> <i>Social externa e interna</i> Área <i>inteligente</i> Área <i>flexible</i> Área <i>automatizada</i> Eco – sostenible</p>	<p>-</p>	<p>Permite la identificación en las empresas de necesidades y retos con impacto potencial alineados con la estrategia industria 4.0. En concreto consiste en captar el estado actual en algunas áreas y su vinculación con las tecnologías (<i>análisis de espacios</i>), compararlas con lo que sería un estado óptimo en su sector dentro del concepto de industria 4.0, e identificar oportunidades de mejora con impacto relevante que puedan ayudarle a posicionarse mejor en el mercado.</p>

*Tabla 2. Tabla comparativa herramientas similares. Fuente: ITE, AIDIMME*

Después de analizar las herramientas existentes, tanto a nivel nacional como internacional, no se detecta ninguna como la que se propone en este proyecto.

Se diferencian principalmente en la aproximación que hace esta de orientar los análisis de las tecnologías digitalizadoras fijándolas en el ámbito de la mejora energética y de eficiencia de proceso.

Además, ninguna de las herramientas comentadas evalúa el estado energético-productivo, con lo que no se cuantifican mejoras tecnológicas en ese aspecto. Al mismo tiempo, ninguna de las herramientas comentadas indica la hoja de ruta a seguir en cuanto a coste y tiempo de retorno de las mejoras a implementar.

Aun así, el análisis realizado sobre las herramientas existentes en la actualidad nos ayuda a plantear las dimensiones de análisis que debemos integrar en nuestra herramienta para tener una visión completa de la industria 4.0. Como se aprecia en *la Tabla 2*, dimensiones como la estrategia de la organización, los recursos humanos o la gestión de los datos están muy relacionadas con el nivel de industrialización 4.0 de las empresas por lo que, aunque no estén relacionadas directamente con las medidas de mejora que se plantearán como resultado de la herramienta a desarrollar en el marco del presente proyecto, deberán ser tenidas en cuenta durante la caracterización inicial de la empresa.

## 3.2. Autodiagnóstico energético-productivo: Energía Industrial 4.0

La mayor parte de empresas industriales desconoce las tecnologías basadas en la digitalización industrial, como la forma en que deberían ser aplicadas, dado que no existe un sistema de apoyo a la toma de decisiones que tenga en cuenta las necesidades reales de la empresa, y la adecuación de las mejores tecnologías disponibles para conseguir los objetivos de eficiencia deseados. El proyecto **Energía Industrial 4.0** se centra en el objetivo de unir:

- Las últimas tendencias de eficiencia de procesos y mejora energética en la Industria con las metodologías digitales clave facilitadoras de la Industria 4.0.
- Facilitar el acceso de las empresas industriales a las tecnologías clave que les permitan mejorar su eficiencia energética y la eficiencia de sus procesos de fabricación, teniendo en cuenta ambos factores simultáneamente.
- Incrementar el nivel de digitalización en el área de producción y en la gestión energética por medio de una herramienta de apoyo a la toma de decisiones.

Para ello, se propone el desarrollo de una metodología de análisis y posterior herramienta de simulación interactiva que analice de manera personalizada y automática a cada empresa manufacturera:

- 1) En qué estado energético y productivo se encuentra la factoría para poder cuantificar la implantación de las mejores tecnologías energéticas, productivas y digitales que les aplican.
- 2) Y, qué hoja de ruta puede seguir para su correcta asimilación y beneficios a obtener con ello.

Con la aplicación de estas tecnologías las empresas manufactureras conseguirían:

- Un menor consumo energético y de materias primas y consumibles, y mayor rentabilidad. Así como un mejor aprovisionamiento, consciente y rentable, de la energía y otros insumos necesarios para la fabricación.
- Mayor integración digital de la planta productiva, obteniendo como resultado un incremento en la eficiencia productiva.
- Mayor integración en la Red Inteligente energética de la planta productiva y de la empresa.
- Posibilidad de adquisición argumentada y asimilación rápida de Mejores Tecnologías de proceso y energéticas.

Así, el beneficio de adoptar el arquetipo de Industria 4.0 con las mejores prácticas digitales energéticas y productivas, revierte en beneficio de ambos conceptos, y permitirá una asimilación de dichas estrategias con una mayor eficacia e integración a todos los niveles empresariales.

La herramienta que se pretende desarrollar se diferencia de las ya existentes en la aproximación que hace de orientar los análisis de las tecnologías digitalizadoras fijándolas en el ámbito de la mejora energética y de eficiencia de proceso. Además destacar el enfoque de aplicación en un primer momento al sector metalmeccánico y en concreto al subsector del galvanizado, aspecto que la hará de mayor impacto de análisis y resultados. Teniendo la posibilidad de crecimiento del planteamiento a

otros subsectores del metal y otros sectores industriales con una alta personalización hacia los mismos.

### 3.3. Estructuración de la información

Como ya se ha explicado en el entregable 2.1, se ha decidido caracterizar las empresas siguiendo un esquema general estructurado en varias áreas clave seis respecto a eficiencia energética en la industria, y seis en cuanto a eficiencia productiva, divididas cada una de ellas a su vez en niveles de digitalización asociados al grado de implantación de dichas técnicas. Las medidas que se puedan plantear deberán por ello ser desarrolladas siguiendo este esquema con el fin de uniformizar la estructura general de la información que la herramienta trata.

Se asociará una media orientativa de entre 2 y 3 medidas por bloque siguiendo el esquema ya expuesto en el anterior entregable, como se muestra la siguiente figura:

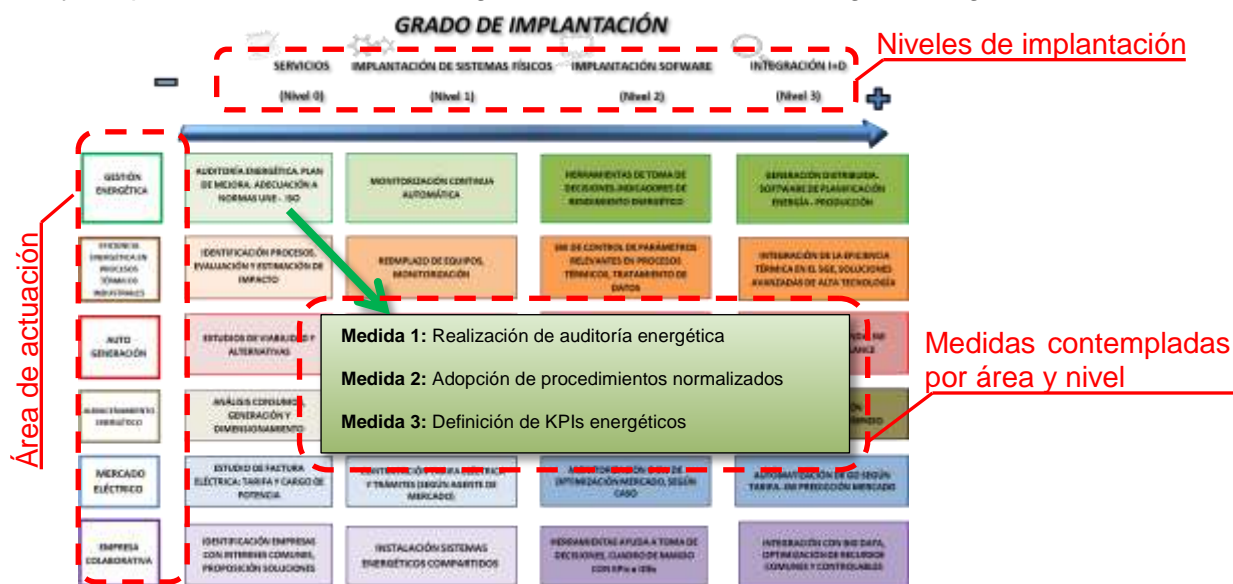


Figura 8. Estructura información según mapa de conocimiento EI4.0. Fuente: ITE

Ello lleva a la creación de una nueva matriz de información con la misma estructura general pero teniendo un contenido mayor y más detallado. Conviene señalar la posible interdependencia de medidas tanto ubicadas en la misma área y nivel como en otros niveles o áreas. A su vez, cada medida se caracterizará con una o varias preguntas, pudiendo éstas estar interrelacionadas o no, lo que obliga a plantear un flujo de entrada de información coherente con dicho planteamiento.



Figura 9. Estructuración general de la información. Fuente: ITE

### 3.4. Componentes, arquitectura y funcionalidades

En este apartado se determinan los diferentes **componentes** en los que se estructura el software propuesto, con el fin de entender la función de cada uno de ellos y las interrelaciones necesarias tanto a nivel interno como externo.

La siguiente figura ilustra, de manera general, las interacciones esperables, tanto internas como externas.

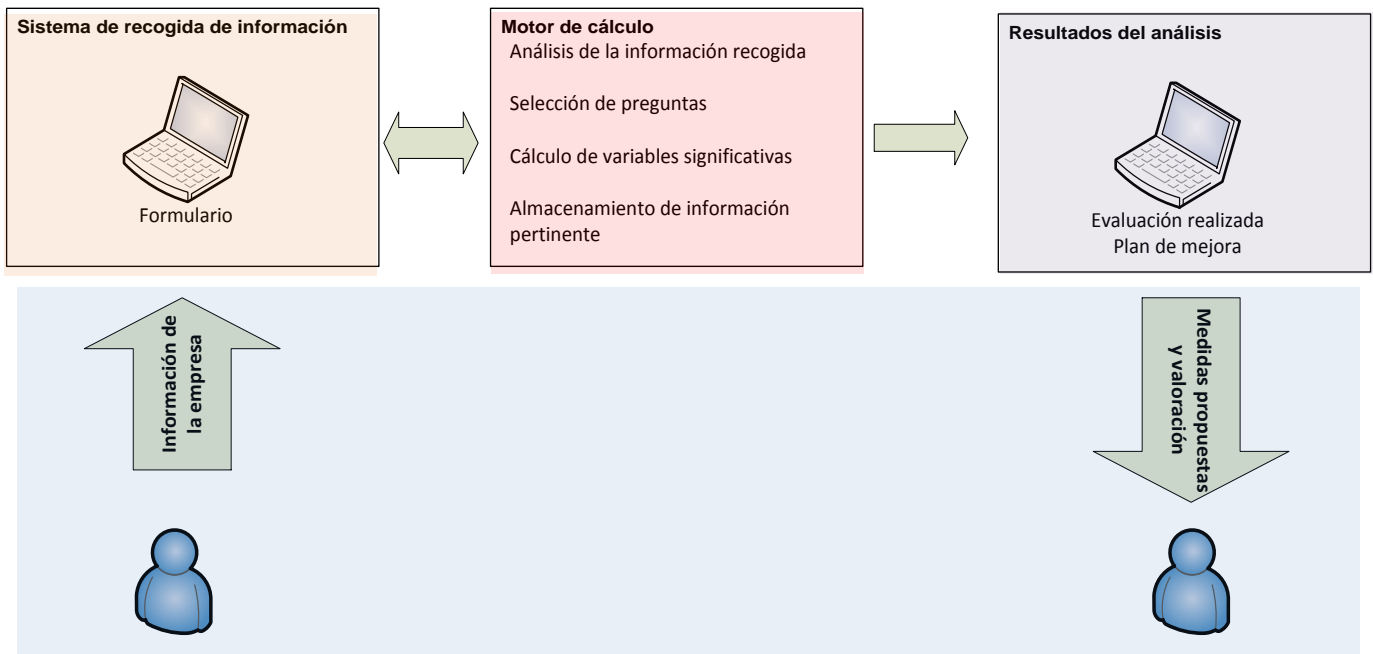


Figura 10. Componentes de la herramienta. Fuente: ITE

COMPONENTES	DESCRIPCIÓN de componente
Usuario/Empresa	Empresas que introducen los datos a la aplicación y reciben el diagnóstico y plan de mejora.
Sistema de Recogida de Información	A través de un formulario Web la empresa introduce los datos necesarios que va a tratar y manejar la aplicación.
Motor de Cálculo (Tratamiento de datos y Lógica)	Mediante varios mecanismos de tratamiento de datos y análisis inteligente de información la aplicación inferirá los resultados de situación de la empresa y plan de mejora.
Sistema de Muestra de Resultados	Mediante un visor Web la aplicación muestra los resultados del diagnóstico y plan de mejora.
Flujo de datos e información	Diferentes transferencias y transformación de datos e información entre elementos del sistema.

Tabla 3. Componentes y descripción. Fuente: ITE

La herramienta tecnológica Energía Industrial 4.0 se encuentra estructurada según la siguiente **arquitectura**:

1. La aplicación web a través de cuya interfaz el usuario puede introducir los datos de la empresa
2. El servidor de datos en el que se aloja la información recogida
3. El conjunto de algoritmos planteados
4. Una base de datos con la que interaccionan los algoritmos implementados

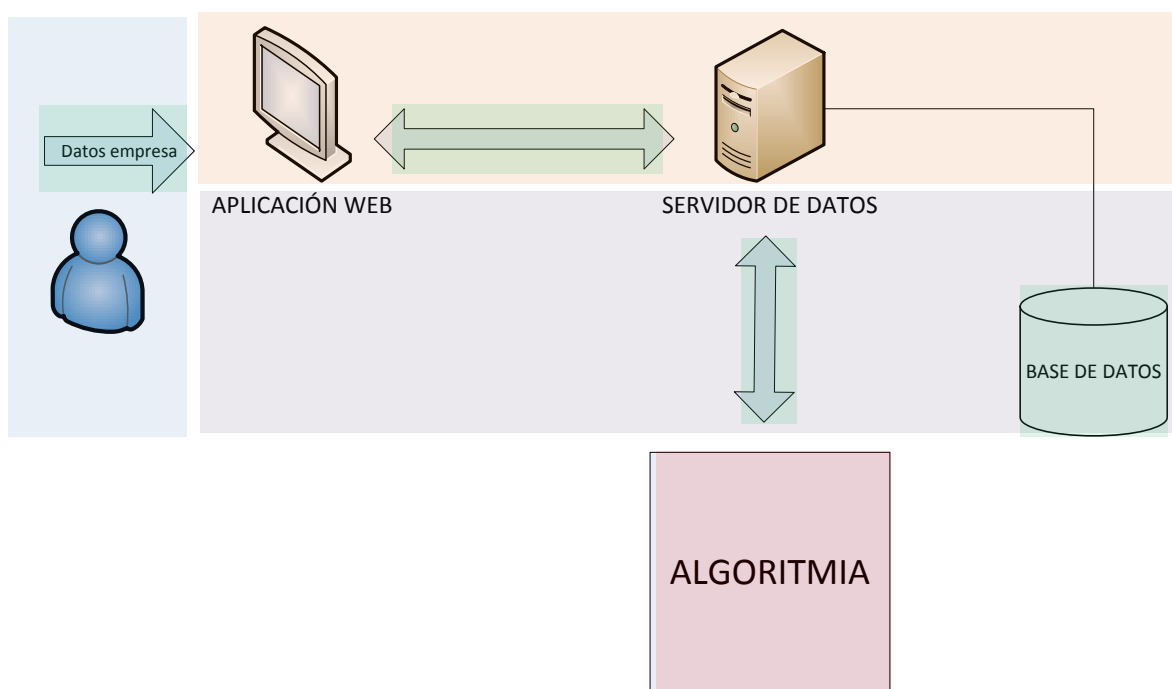


Figura 11. Arquitectura del sistema Energía Industrial 4.0. Fuente: ITE

El punto de entrada de información del usuario es el formulario al que puede acceder en la aplicación web tras identificarse. Así, éste introducirá manualmente la información siguiendo las pantallas que se le van mostrando. Con cada pantalla, una vez el usuario confirme la introducción de dichos datos, éstos serán temporalmente almacenados en el servidor, de manera que puedan ser tratados mediante algoritmos que permitan obtener nuevos datos, caracterizar la empresa, y reorganizar las siguientes preguntas según la información que se pueda requerir.

Las principales funcionalidades de la aplicación son las siguientes:

ELEMENTO	FUNCIÓN	DESCIPCIÓN DE FUNCIÓN
Usuario y Sistema de Recogida de Información	Identificación de Usuario y empresa	Entrada identificada de los usuarios a la aplicación, que tienen relación con la empresa que representan. Punto de partida de acceso a Configuración de Usuario, Guardado de Datos, Introducción de Datos y Entrada a Otras Funciones.
	Configuración de Usuario y empresa	Introducción de datos de persona y contextuales de empresa, posibilidad de guardado y cambio de datos.
	Introducción de Datos de Test parte 1	A través de un formulario Web datos referidos a aspectos de energéticos y productivos de la empresa – parte 1
	Introducción de Datos de Test parte N	A través de un formulario Web datos referidos a aspectos de energéticos y productivos de la empresa – parte N
	Guardado de Datos de entrada por usuario y empresa	Guardado de datos introducidos a través de los formularios. Posibilidad de modificación de datos.
	Modificación de Datos	Posibilidad de modificación de datos de Identificación, Usuario/Empresa y Datos de Test
	Entrada a Otras Funciones	Acceso a otras funciones no relacionadas con el sistema de Recogida de Información.
Motor de Cálculo (Tratamiento de Datos y Lógica)	Función nº 1: selección de áreas prioritarias de actuación	Mecanismo que determina las áreas que se van a evaluar, y cómo se van a evaluar éstas, haciendo un análisis del grado de digitalización y eficiencia de la empresa. Esta selección de áreas se verá reflejada directamente en el conjunto de preguntas formuladas en cada nivel.
	Función nº 2: reestructuración del formulario según las respuestas obtenidas	Mecanismo de reestructuración paulatina de los bloques de preguntas planteados en función de las respuestas que el usuario vaya introduciendo.
	Función nº 3: Evaluación del grado de implantación existente y deseable	Mecanismo de elaboración de evaluación de la empresa en cada una de las áreas energéticas y de eficiencia de proceso analizadas en función a modelos determinados.
	Función nº 4: Elaboración del plan de mejora	Mecanismo de establecimiento y desarrollo de plan de mejora por medio de la valoración del estado actual en lo que a desarrollo de digitalización y eficiencia y de posibles acciones cuantificadas a llevar a cabo para mejorar el estado de industrialización 4.0 de la empresa.
Usuario y Sistema de Muestra de Resultados	Salida de datos parte 1	Mediante visor Web muestra de datos de resultados inferidos 1
	Salida de datos parte N	Mediante visor Web muestra de datos de resultados inferidos N
	De usuario a aplicación	Todos los datos introducidos a partir de test. Preguntas iniciales y si procede alguna durante la ejecución de la resolución de la algoritmia y muestra de resultados.
Flujo de datos e información	De aplicación a usuario	Toda la información de conclusiones de la ejecución de la aplicación
	Aplicación - Algoritmia	Flujo de datos internos de la aplicación entre interfaces de entrada y salida, algoritmia y bases de datos
	Aplicación – Base de datos	Flujo de datos internos de la aplicación entre interfaces de entrada y salida, algoritmia y bases de datos

Tabla 4. Función de aplicación y descripción. Fuente: ITE

## 4. Especificaciones y diseño de la herramienta

### 4.1. Especificaciones de programación

La herramienta va a estar implementada en una aplicación web. Teniendo en cuenta los diferentes módulos a desarrollar en el proyecto, el desarrollo software se centraliza en tres módulos de la plataforma claramente diferenciables:

- 1) Módulo 1. Aplicación web.
- 2) Módulo 2. Servidor de datos.
- 3) Módulo 3. Algoritmos.

A continuación se resumen las especificaciones técnicas que pueden utilizarse en cada uno de ellos:

- Aplicación web: Desarrollo en Visual Studio 2017 sobre ASP.NET.
- Servidor de datos: Desarrollo en Visual Studio 2017 como servicio de Windows, haciendo uso de C# como lenguaje de programación.
- Algoritmos: Desarrollo en Visual Studio y PROLOG
- Base de datos: Los datos se almacenarán utilizando una estructura de base de datos relacional. Para ello se propone el uso del sistema de gestión MySQL.

Con la arquitectura definida, el intercambio de información permite realizarse tanto en JSON, como XML o cualquier formato de texto que suponga un procesado sencillo y permita una escalabilidad del sistema además de la integración en plataformas externas que necesiten información de ésta, sin importar el lenguaje de programación sobre el que se desarrolle.

Además, el interfaz para el intercambio de los datos entre el servidor de datos y la aplicación web puede realizarse a través de una arquitectura REST a través del protocolo HTTP o HTTPS y así permitir también la escalabilidad del sistema y una fácil integración con otras plataformas externas, como ocurre en el intercambio de información.

En el caso de optar por el desarrollo de la aplicación web haciendo uso del entorno de programación ASP.NET, el servidor de alojamiento será necesario que contenga Windows Server como Sistema Operativo, además de un servidor web IIS.

En el caso de optar por el desarrollo del servidor de datos como servicio de Windows, el servidor de alojamiento será necesario contenga Windows Server como Sistema Operativo.

### Aplicación Web (Identificación, Entrada y Salida de datos)

En primer lugar se tiene el desarrollo de la aplicación web. Para llevar a cabo la aplicación web, se debe tener en cuenta la arquitectura que va a tener la aplicación.

Una propuesta de especificaciones puede ser, como se ha comentado el desarrollo sobre Visual Studio 2017 haciendo uso de ASP.NET permite desde el desarrollo de un formulario sencillo hasta una arquitectura más compleja que implemente el Modelo-Vista-Controlador (MVC). El desarrollo en este entorno permite tanto el uso de herramientas web de código abierto (framework web) como la integración de diferentes lenguajes de programación (HTML, javascript, jQuery, entre otros) de manera sencilla. Además, haciendo uso de estas herramientas web, permite el desarrollo del diseño visual de manera sencilla.

Haciendo uso de JSON, XML o cualquier otro formato de texto fácilmente interpretable, como intercambio de datos entre la aplicación web y el servidor de datos permite al sistema a llevar a cabo de manera rápida y sencilla este intercambio de información necesario. Además de permitir, en caso de ser necesario en un futuro, la integración con otros dispositivos en la plataforma.

El objetivo de la aplicación web consiste en crear una interfaz entre el usuario final y el servidor de datos. Para ello, es necesario que dicha interfaz sea amigable y de fácil uso para usuarios del tipo gestores industriales. Así mismo, la información a mostrar debe ser de concisa y de fácil interpretación para el usuario final.

Por ello, se propone la siguiente arquitectura:

- Registro e identificación.
- Entrada de datos.
- Resultado final.

### Servidor de datos

Como ocurre en la aplicación web, el desarrollo del servidor de datos también debe tener en cuenta la arquitectura de la plataforma completa.

Una propuesta para el desarrollo del servidor de datos, consiste en el desarrollo de un servicio de Windows desarrollado bajo Visual Studio 2017. La utilización del lenguaje de programación C# permite, de una manera sencilla, el desarrollo de un servidor de datos conformando una arquitectura REST sobre protocolo HTTP o HTTPS y, a su vez, el intercambio de información con la aplicación web. Además, la arquitectura propuesta permite el uso de diferentes métodos de autenticación para el acceso a las distintas interfaces.

De la misma manera que la aplicación web, haciendo uso de JSON, XML o cualquier otro formato de texto fácilmente interpretable por la plataforma, permitirá a ambos comunicarse de manera satisfactoria siempre y cuando se establezca el mismo formato de texto.

Por otra parte, debe existir una conexión directa con la base de datos encargada de almacenar toda la información requerida por la plataforma. Para ello se utilizará el lenguaje SQL (lenguaje de consulta estructurada) obteniendo el acceso a todos los campos necesarios.



### Motor de cálculo y algoritmos

El desarrollo del algoritmo puede estar integrado dentro del servidor de datos o formar un módulo independiente. Los datos de entrada al algoritmo pueden provenir tanto de la información enviada por la aplicación web como de los datos almacenados en base de datos. De cualquier modo, el servidor será el encargado de formalizar la entrada de información manteniendo una estructura definida que, independientemente de la fuente de los datos, estos deben simular una única estructura. En el caso de su integración con el servidor de datos la transferencia de información no debe cumplir con ninguna arquitectura de comunicaciones en concreto ya que el módulo tendría acceso directo a las variables formadas por el servidor de datos.

En caso de que el algoritmo forme parte de un módulo independiente, como ocurre con la aplicación web, será necesaria la implementación de comunicaciones con el servidor de datos del mismo modo. Por una parte, manteniendo una arquitectura REST específica para el mismo, sobre protocolo HTTP o HTTPS y, por otra parte, utilizando el mismo formato de texto que se defina en el servidor de datos.

## 4.2. Diseño módulo de Identificación y Datos de Usuario / Empresa

En primer lugar para poder tener un control de acceso a la aplicación, el usuario final debe registrarse en la aplicación. Este registro pedirá al usuario un nombre de usuario y contraseña para su posterior identificación.

Estos formularios permitirán al usuario el almacenamiento de información que podrá ser necesaria para la posterior utilización o evaluación de los resultados.

Un ejemplo de maquetación del formulario de identificación puede observarse en la figura siguiente.

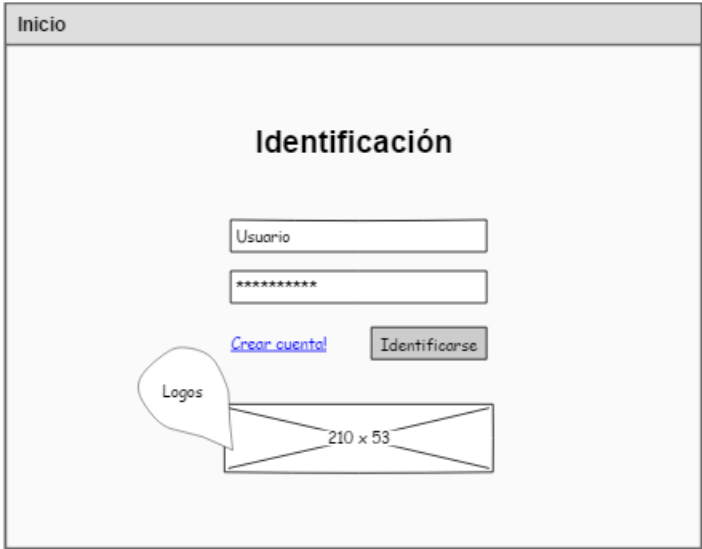


Figura 12. Maqueta del formulario de identificación. Fuente: ITE

La **Identificación** estará relacionada a persona y empresa con los siguientes campos de información:

- Log in: Nombre de Usuario, Clave
- Persona log: Nombres, Apellidos, Cargo
- Empresa log: Nombre, Ubicación, Actividad, Logotipo

Al realizar la **primera identificación** el usuario podrá introducir esta información mencionada y guardarla.

Seguiría completando el test de situación de la empresa, tantos formularios como los definidos para su necesidad, guardándolos conforme vaya completando el test. Habrá una barra de indicación de grado de cumplimentación.

Al realizar **las siguientes entradas al sistema** el usuario se registrará y podrá variar la información de entrada de los distintos niveles definidos (Identificación, Configuración y Test) o podrá acceder a otras funciones de la aplicación.

La estructura de operación de este módulo será la siguiente:

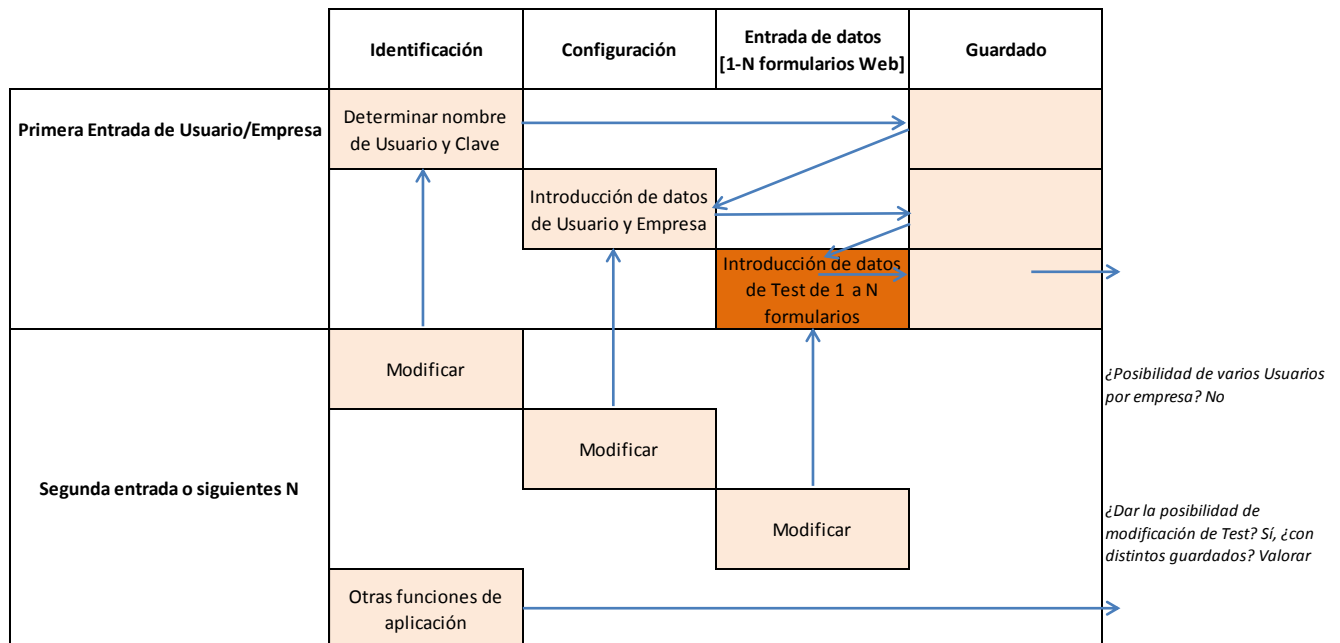


Figura 13. Estructura de operación Identificación y Entrada de Datos. Fuente: ITE

**Nota:** la **fase de Entrada de Datos de Test** (marcado en el diagrama en color naranja fuerte) se explica en detalle en el siguiente apartado.

Los datos a introducir en **Configuración de Usuario y Empresa** son los siguientes:

- Nombre de usuario
- Nombre comercial de la empresa
- Razón social de la empresa
- Municipio de ubicación de la planta evaluada

**Otros comentarios** a tener en cuenta, tendrán que ver con:

- La posibilidad de definir varios usuarios por empresa. En el prototipo en principio no se considera
- Posibilidad de modificación del Test con la posibilidad de distintos guardados.

### 4.3. Diseño módulo de Entrada Datos de Test

El sistema de recogida de información, Entrada de Datos de Test, está compuesto por un formulario dinámico que se va reconfigurando según la información introducida. La información obtenida del usuario (**inputs**) se puede clasificar desde dos puntos de vista complementarios:

#### Según el grado de especificidad de la información

**Información general:** Aquella información común a distintas áreas y niveles de implantación. Relativos al tamaño de la empresa, la ubicación de la planta, el consumo energético, la facturación y el área de actividad. Dentro de este nivel de concreción se incluirán también cuestiones relacionadas con la implicación de la empresa y de sus empleados en la evolución hacia una industria 4.0.

**Información específica:** Relativa a determinar si la empresa ha adoptado, ya sea totalmente o en parte, las medidas que se considere necesario plantear según su perfil, pudiendo así evaluar tanto su posicionamiento en cada área seleccionada como la integración de nuevas tecnologías y medidas de eficiencia en la actividad diaria de la empresa.

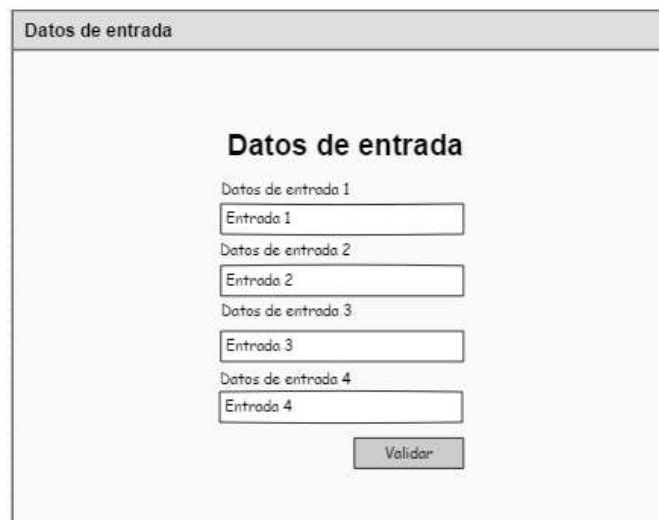
#### Según el método de obtención de la información:

**Información explícita:** Información obtenida del usuario mediante preguntas directas

**Información implícita:** Información obtenida a partir de información explícita, mediante procesos de inferencia o cálculo intermedios.

Por ello es necesaria la inserción de datos que relacionen la empresa con diferentes datos mencionados. Por ello, se proponen diferentes formularios en los que se pedirán una serie de datos al usuario a completar para poder llevar a cabo un resultado final.

Un ejemplo tipo de formulario de entrada de datos puede observarse en la siguiente figura:



Datos de entrada

**Datos de entrada**

Datos de entrada 1  
Entrada 1

Datos de entrada 2  
Entrada 2

Datos de entrada 3  
Entrada 3

Datos de entrada 4  
Entrada 4

Validar

Figura 14. Maqueta del formulario de entrada de datos. Fuente: ITE

Con el fin de proceder de manera coherente y estructurada en la creación del cuestionario de preguntas que se mostrará al cliente, se ha planteado una metodología de actuación dividida en las siguientes partes:

**Planteamiento inicial:** recopilación de medidas a valorar, relación entre ellas, clasificación por área y nivel de implantación

**Diseño del cuestionario:** partiendo de una primera propuesta elaborada a partir de los datos obtenidos en el planteamiento inicial, se relaciona éste con un mapa secuencial del proceso lógico que, a grandes rasgos, la herramienta debe construir y seguir en función de la información necesaria y obtenida. Tras la elaboración de dicho mapa, se realiza una segunda propuesta de cuestionario ajustada a la estructura de aquél.

**Ajuste final de diseño:** tras el proceso iterativo anterior, se procede a validar y modificar o ampliar el contenido del cuestionario mediante su aplicación a casos reales. En esta etapa se pretende así confirmar la utilidad de las preguntas y las secuencias lógicas descritas en la etapa anterior, ajustándolas, si es necesario, en función de los requisitos adicionales detectados en su valoración.

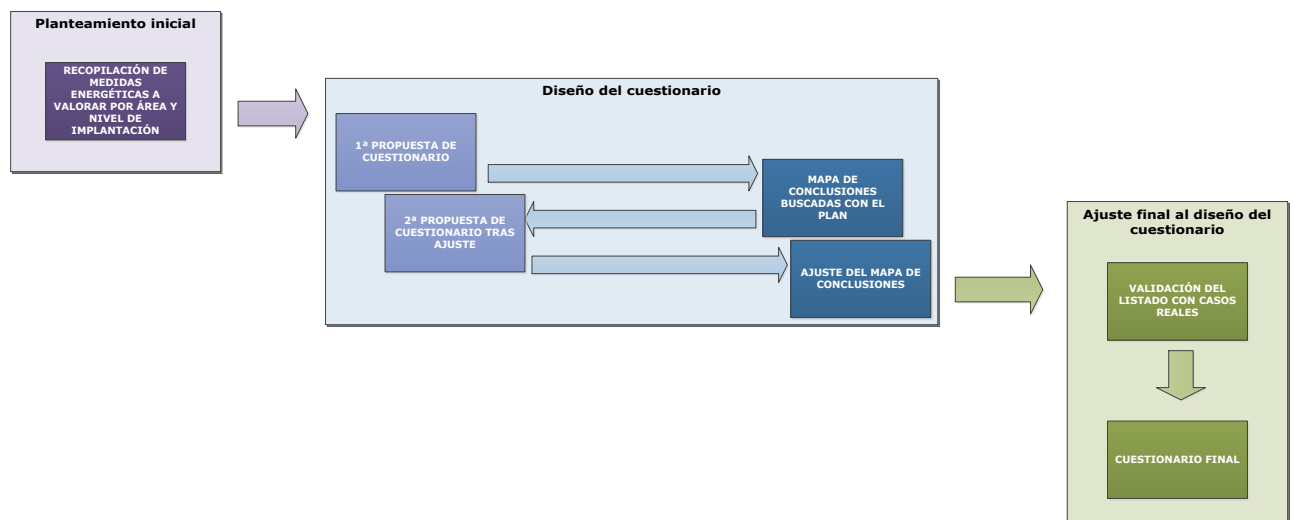


Figura 15. Proceso seguido para el diseño del cuestionario. Fuente: ITE

### **Determinación de las medidas de mejora de aplicación**

Así, una vez conocida la naturaleza de la información, el siguiente paso es definir los aspectos que se van a valorar en cada nivel de aplicación de cada grupo de técnicas. Las siguientes tablas resumen dichas valoraciones siguiendo la clasificación planteada por áreas de actuación y niveles del entregable E2.1.

Como ya se había avanzado anteriormente, a través de la información recogida en esas tablas, se observa cómo según se profundiza en los niveles de implantación de la industrialización 4.0 la información requerida y las medidas a adoptar en las diferentes áreas analizadas se superponen, por lo que una misma actuación podrá tener repercusión en distintas áreas. Esto será tenido en cuenta en el motor de cálculo.

NIVEL	0	1	2	3
<b>Área Nº1: Gestión energética</b>	Realización de auditoría energética y frecuencia	Sistema de monitorización energético	Existencia de mantenimiento energético predictivo	Planificación de la producción según criterios de coste energético y económico
	Ajuste a normativa y estándares de referencia	Nivel de implantación del sistema de monitorización	Cálculo automático de IDEs (KPI energéticos) actualizado	Estimación de la facturación y análisis de desviaciones
	KPIs energéticos definidos	Idoneidad energética según el tipo de parámetros monitorizados	Nivel de tratamiento de la información recopilada (por definir) Implementación de alarmas	Gestión activa de la demanda
<b>Área Nº2: Eficiencia energética en procesos térmicos industriales</b>	Identificación y caracterización de procesos críticos	Reemplazo reciente de equipos, mejoras en aislamiento	Control de temperatura de trabajo según rango óptimo de referencia	Balance integral de flujos de calor a nivel de proceso y planta (relacionar con resto)
	Estudios termográficos de fugas	Monitorización de temperatura en procesos críticos	Control de emisiones contaminantes	
	Estudios de potencialidad de recuperación de calor residual	Recuperación de calor entre diferentes etapas del proceso	Control de otros parámetros relevantes (caudal, oxígeno, ...)	
<b>Área Nº3: Autogeneración</b>	Estudios de disponibilidad de recurso (solar térmico y eléctrico, eólico, otros)	Instalación de generación renovable: generación de electricidad (usos variados)	Monitorización de variables ambientales (irradiación, velocidad del viento, similares )	Predicción de recurso disponible en base a históricos (horas de sol, viento, temperatura del subsuelo, ...)
	Estudio de viabilidad de implantación (arquitectónico, de impacto en el proceso, económico)	Instalación de generación renovable: generación de ACS (uso terciario) Instalación de generación renovable: generación de vapor industrial (uso en secado)	Monitorización de variables no ambientales Sistemas de seguimiento óptimo	Balance energético global: integración actualizada de uno (o más) recursos en el proceso Predicción de ahorro energético y económico
<b>Área Nº 4: Almacenamiento o energético</b>	Caracterización del perfil de consumo y la estacionalidad	Información relacionada con la instalación y factura eléctrica.	Nivel de control de los sistemas de almacenamiento.	Nivel de optimización del sistema de almacenamiento energético.
	Existencia de sistemas de almacenamiento energético.  Disponibilidad de datos de consumo y autogeneración no gestionable.	Información detallada de la instalación de los sistemas de almacenamiento existentes. Información detallada de curva de consumo y su curva de autogeneración no gestionable anual.	Detalle de la monitorización del flujo energético de los sistemas de almacenamiento y del resto de la instalación.	
<b>Área Nº5:Mercado eléctrico</b>	Información del contrato eléctrico.	Información relacionada con la instalación eléctrica (potencia nominal).	Nivel de gestión y control de los costes asociados al consumo eléctrico.	Nivel de automatización de la compra-venta de energía en el mercado eléctrico.
	Identificación de sobrecostes.  Caracterización del perfil de consumo y la estacionalidad.	Información detallada de su curva de consumo. Información sobre la capacidad de ser agente de mercado.	Existencia de herramientas para la compra-venta de energía en el mercado eléctrico y caracterización.	Capacidad de adaptar los consumos eléctricos en función del precio de la energía (gestión de la demanda según tarifa).
<b>Área Nº6: Empresa colaborativa</b>	Predisposición de la empresa a compartir información e identificación de los datos concretos que va a compartir.	Información detallada de su proceso productivo.	Nivel de control del sistema energético compartido.	Nivel de automatización de la gestión de los recursos energéticos compartidos.
	Caracterización global de la empresa: instalación, consumos, almacenamiento, autogeneración, tarifa eléctrica y cadena de suministro	Información detallada de su curva de consumo y autogeneración	Nivel de control del gasto energético en la cadena de suministro.	Nivel de automatización del gasto energético en la cadena de suministro.
		Información detallada de su tarifa eléctrica. Existencia y caracterización de sistemas energéticos compartidos		

*Tabla 5. Tabla medidas de EE a valorar por área y nivel de implantación. Fuente ITE.*

NIVEL	1	2	3
<b>Área Nº7: Diseño de bastidores y posicionamiento de piezas</b>	Generación de indicadores de resultados por pieza Control de tiempos de carga y descarga Auditoria de proceso y posicionamiento de piezas. Medición de resultados (calidad recubrimiento)	Medición de variables en puntos críticos del bastidor mediante “pieza sensorizada”  Monitorización de variables del baño.	Automatizar carga y descarga del bastidor  Modelizar proceso
<b>Área Nº8: Gestión de entradas</b>	Realización de auditoria de EE Medición de aislamiento y fugas Definición de KPIs	Monitorización de consumos Monitorización de temperaturas y pérdidas de calor Aprovechamiento de calor residual	Modelizar proceso y automatizar acciones correctivas y preventivas
<b>Área Nº9: Consumos de agua</b>	Auditoria sistemática de consumos Registro de control Evaluar eficacia del lavado	Monitorización de consumos y gestión de alarmas. Reutilización automática de agua	Automatizar proceso de gestión del agua. Automatizar lavados según modelo
<b>Área Nº 10: Reducción del arrastre</b>	Análisis de la disposición de piezas Análisis y gestión de tiempos de escurrido Obtención de KPIs	Medición de variables en puntos críticos del bastidor mediante “pieza sensorizada”  Monitorización de variables del baño: temperatura, concentración, viscosidad, etc	Desarrollar modelos predictivos de arrastre  Ajuste automático de variables para minimizar el efecto arrastre.
<b>Área Nº 11: Enjuague</b>	Desarrollo de metodología ad-hoc para el enjuague en cada proceso particular. Definir KPIs Seleccionar la metodología adecuada en función de resultados	Medición de eficacia del enjuague en diferentes puntos críticos del bastidor mediante “pieza sensorizada”  Monitorización de variables del baño: temperatura, concentración, pH, resultados obtenidos, etc.	Desarrollar modelos predictivos de enjuague  Ajuste automático de variables para mejorar la eficiencia productiva
<b>Área Nº12: Mantenimiento de soluciones de proceso</b>	Auditoria de procesos para evaluar metodología actual frente a resultados Ajuste de metodología actual	Monitorización de variables de proceso y automatización de los sistemas de regulación, en función de variables de control	Modelizar el proceso en su conjunto. Automatizar la gestión del baño.

Tabla 6. Tabla de medidas de EP a valorar por área y nivel de implantación. Fuente AIDIMME.

### **Selección y construcción del contenido del cuestionario**

A partir de la tabla anterior, donde se contemplan las distintas medidas a valorar en el diagnóstico, se presentará una serie de preguntas al usuario con el fin de obtener dicha información, de tal manera que cada medida puede tener asociada una o más preguntas, según los aspectos que se necesiten conocer. Con el fin de procesar con mayor facilidad la información, las preguntas se estructurarán en bloques por nivel, cada uno de ellos con una función definida según se explica en la siguiente tabla:

Nivel	Características	Ejemplo
Preliminar (Nivel -1)	Bloque de preguntas generales previas. Su función principal es recopilar información básica de la empresa, como su tamaño, su facturación o consumo anual, etc. Además, permite seleccionar las áreas de actuación prioritarias para dicha empresa, sobre las que se plantearán las medidas.	¿Cuál ha sido el consumo total energético de su empresa en el último año? ¿Conoce su nivel de productividad? ¿Cuál es el coste de fabricación?
Nivel 0	Bloque de preguntas encuadradas en el grado inicial de implantación de técnicas; es decir, correspondientes al nivel 0, en el que la empresa está todavía valorando y estudiando la implantación de sistemas digitales.	¿Ha realizado recientemente estudios de viabilidad para la instalación de paneles fotovoltaicos?
Nivel 1	Bloque de preguntas correspondientes al grado de implantación de sistemas físicos, identificables con el nivel 1.	¿Ha llevado a cabo alguna mejora sustancial en el aislamiento de sus hornos? ¿Ha realizado análisis, estudios o auditorias de proceso?
Nivel 2	Bloque de preguntas correspondientes al nivel 2 de implantación de soluciones de software en la empresa.	¿Dispone de sistemas de mantenimiento energético predictivo? Indique las variables de proceso que está controlando periódicamente y la frecuencia.
Nivel 3	Bloque de preguntas asociadas al nivel 3 de tratamiento avanzado de información, predicciones, sistemas de ayuda a la toma de decisiones y sistemas de monitorización y control integrados.	¿El software tiene funciones de balance energético integral? ¿Dispone de sistemas de regulación automática?

Tabla 6. Estructuración niveles de distintos bloques de preguntas. ITE - AIDIMME.

Como se aprecia, la estructuración de la información siempre guarda relación con el mapa de tecnologías y técnicas planteadas anteriormente, y cada uno de los bloques de preguntas (excepto el preliminar) se corresponde con un nivel de asimilación de tecnologías digitales.



Relativo al bloque de preguntas preliminares, se valorarán los siguientes aspectos generales de la empresa:

Aspecto evaluado	Parámetro de medida	Información obtenida
Tamaño	Nº de empleados	Clasificación en Microempresa (<10), PYME (<50), Mediana (<250) y Grande (>250)
Potencial solar	Zona climática (DBHE4)	Clasificación en Zona I, Zona II, Zona III, Zona IV y Zona V
Potencial eólico	Velocidad del viento (Atlas Eólico Europeo)	Velocidad media anual del viento
Implicación de la empresa y sus empleados en I4.0	Porcentaje de empleados que utilizan PC, Tablet o PDA de forma habitual para desarrollar su actividad	Poca implicación (<20%), Implicación media (≥20% y <70%), Alta implicación (≥70%)
Capacidad de potencia necesaria	Potencia contratada (kW)	Pequeña (<15kW), Mediana (<36kW), Grande (<145kW), Muy Grande (≥145kW)
Consumo eléctrico anual	Energía consumida a lo largo del año por tipo (kWh eléctricos, térmicos y otros)	Consumo total anual térmico (kWh gas natural o similar) Consumo total anual eléctrico (kWh electricidad)
Actividad de la empresa	Área de la empresa a elegir en una lista desplegable	Producto o servicio asociado a la actividad de la empresa (según una lista predefinida)
Volumen de producción cualitativo	Tipo de producción a elegir entre un listado	Producción por proyecto, intermitente, por lote, de flujo lineal, continua, servicios (no productivo)
Nivel de uso TIC	Seleccionar aplicaciones informáticas que está utilizando	Nivel tecnológico TIC
Estructura de personal	Seleccionar departamentos de un desplegable y personas que trabajan en él	Nivel técnico de la empresa. Personal directo e indirecto.
Materias primas principales	Consumos de materias primas a elegir de un listado	Rangos de consumo de materiales
Costes de producción	Costes de producción en valor absoluto y en porcentaje, a elegir de un listado	Estructura de costes. Nivel de productividad
Tecnología de producción	Selección de procesos y máquinas de una lista cerrada, indicando antigüedad.	Nivel tecnológico de la empresa
Potencial de recuperación y optimización de calor productivo	Potencia asociada a hornos industriales, secaderos, calentadores industriales y demás máquinas de producción de calor industrial (no incluye producción de ACS)	Selección de máquinas existentes entre un listado (Dato excluyente) kWh térmicos anuales consumidos por dichas máquinas respecto al total térmico anual consumido (Dato adicional) Potencia instalada de dichas máquinas

		respecto a la potencia térmica total estimada (Dato alternativo)
Características constructivas básicas de la planta	Superficie de planta, superficie de tejado, tipo de tejado, orientación de la planta.	Metros cuadrados de planta, metros cuadrados de tejado, orientación de la planta (Norte, sur, este, oeste e intermedios), tipo de tejado (plano, a dos aguas, con cierta inclinación en °)
Datos complementarios	Municipio de ubicación de la planta, nombre de la empresa	Datos de caracterización formal de la empresa

*Tabla 7. Parámetros a valorar de información general preliminar. Fuente ITE.*



Algunos aspectos como el potencial de generación renovable se podrían agrupar en un único apartado de “ubicación de la empresa” consiguiendo así simplificar el formulario, aunque se valorará en función de la complejidad de introducción de dichas tablas de datos durante el desarrollo.




Respecto al formato de respuestas aceptadas, inicialmente consideran cuatro tipos:

1. Respuesta simple (Si o No)
2. Respuesta abierta en formato numérico
3. Lista desplegable
4. Lista de opciones con selección por casilla

La siguiente imagen representa un ejemplo del aspecto y formato que podría presentar la pantalla de introducción de información:

**BLOQUE DE PREGUNTAS NIVEL 0**

	RESPUESTA
¿Ha realizado la empresa algún tipo de auditoría energética?	<input type="button" value="SI"/>
¿Cuántos años?	<input type="text" value="5"/>
¿Dicha auditoría se ajusta al RD 96/2016?	<input type="button" value="SI"/>
¿Dispone de un sistema de gestión energética de acuerdo a la Norma ISO 50001?	<input type="button" value="NO"/>
En caso afirmativo, ¿dicho SGE se encuentra integrado en alguno de los siguientes sistemas de gestión?	
Medio Ambiente - ISO 14001	<input type="text" value="-"/>
Calidad - ISO 9001	<input type="text" value="-"/>
¿Dispone de indicadores energéticos (KPIs)?	<input type="button" value="SI"/>
Indique cuáles:	
1	<input type="text" value="kWh / kg"/>
2	<input type="text" value="kWh / año"/>
3	<input type="text" value="-"/>
4	<input type="text" value="-"/>
En caso afirmativo, ¿Considera alguno de dichos indicadores la incidencia de la producción en el consumo?	<input type="button" value="NO"/>

Figura 16. Ejemplo formato y tipos de preguntas y respuestas posibles. Fuente: ITE

Como ya se ha explicado, uno de los grandes objetivos de la herramienta es que ésta resulte accesible al mayor número de empresas posibles. Dado que no todas las empresas, y sobre todo aquellas de menor tamaño, tienen a alguien en plantilla con conocimientos básicos de eficiencia energética, se debe asegurar evitar todo tipo de ambigüedad y dobles interpretaciones en la formulación de las preguntas, con el fin de maximizar la objetividad de la información recogida. Para ello, se tendrá especial cuidado en la formulación de las preguntas, realizando anotaciones cuando se considere necesario, siempre teniendo en cuenta el grado de conocimiento que una persona perteneciente a un departamento tipo de gestión de la empresa pueda tener.

Además, en preguntas que puedan resultar críticamente ambiguas o difíciles de sintetizar, se habilitará un texto o imagen desplegable para facilitar su comprensión y como soporte a la introducción de la información, accesible mediante un objeto gráfico integrado tipo “interrogación” o similar.

El guardado de la información se efectuará según se ha descrito en la figura 13.

#### 4.4. Diseño módulo Tratamiento de Datos y Lógica

El motor de cálculo de la herramienta tendrá como objetivo principal seleccionar las preguntas adecuadas a incluir en cada bloque de los expuestos anteriormente, analizar los resultados obtenidos de ésta mediante una lógica interna predefinida y arrojar los resultados y conclusiones a incluir en el informe final para el usuario.

Este motor de cálculo, para poder llevar a cabo su función correctamente, va a ser implementado con una serie de algoritmos de tratamiento de datos y sistema experto a través de un motor de inferencias. Se ha considerado que este sistema computacional es idóneo para implementar la lógica que sigue el proceso y, al mismo tiempo, generar la respuesta de la herramienta.

Se identifican **4 funciones principales** que el motor debe llevar a cabo:

#### Función nº 1: Selección de áreas prioritarias de actuación

La herramienta debe de tener la capacidad de determinar las áreas que se van a evaluar, y cómo se van a evaluar éstas, haciendo un análisis del grado de digitalización y eficiencia de la empresa. Esta selección de áreas se verá reflejada directamente en el conjunto de preguntas formuladas en cada nivel, tal y como se puede ver en el esquema que definía el proceso que sigue la herramienta.

Como punto de partida, para poder hacer un análisis específico de la empresa, se ha planteado un bloque de preguntas preliminares en el cual se hacen una serie de preguntas que ayudan a caracterizar dicha empresa. En base a esa caracterización, se definen las áreas que van a ser evaluadas a lo largo de los distintos niveles, haciendo así un análisis de la empresa lo más detallado posible que se acople a las necesidades y posibilidades reales de la empresa sujeta a estudio. Para llevar a cabo la caracterización se evaluarán los parámetros ya definidos con anterioridad, como son el tamaño de la empresa, su consumo anual o la ubicación de la planta, entre otros.

Por último, dadas las áreas de actuación definidas, cabe destacar que todas ellas se consideran de igual importancia a la hora de ser priorizadas en el proceso de selección y serán evaluadas en la medida de lo posible dependiendo de la caracterización preliminar que haga la herramienta y de las respuestas aportadas por la empresa. La selección de un área determinada dependerá del estudio preliminar para determinar el estado en el que se encuentra la empresa, de las potenciales medidas a adoptar preseleccionadas y del análisis final de rentabilidad de las medidas propuestas.

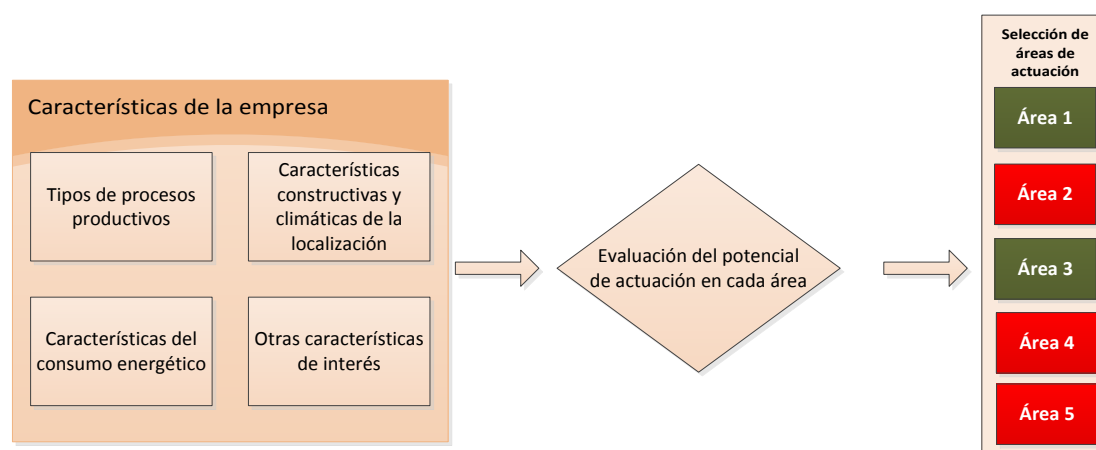


Figura 17. Selección áreas de actuación según las características de la empresa. ITE

#### Función nº 2: reestructuración del formulario según las respuestas obtenidas

Otra de las funciones que ha de realizar el motor de cálculo es la reestructuración paulatina de los bloques de preguntas planteados anteriormente en función de las respuestas que el usuario vaya introduciendo.

El siguiente esquema ilustra dicho funcionamiento de manera simplificada:

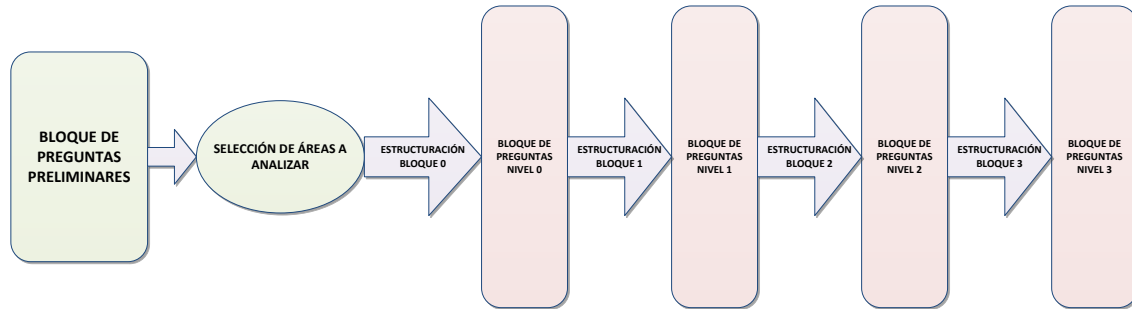


Figura 18. Proceso de estructuración de las preguntas a formular. Fuente: ITE

Así, las preguntas se formularán agrupadas en niveles de forma consecutiva, nivel tras nivel, de manera que la información recabada en el nivel anterior condicione las preguntas del nivel siguiente.

### Función nº 3: Evaluación del grado de implantación existente y deseable

Al mismo tiempo que el motor va recogiendo información en cada pantalla de nivel, irá elaborando una evaluación de la empresa en cada una de las áreas seleccionadas, según los planteamientos anteriores. Un posible planteamiento es partir de una industria ficticia básica, con los requisitos mínimos exigibles y por tanto que la empresa debería cumplir según sus condiciones. Además, se establecerá otra valoración de objetivos en que la empresa

En cuanto al proceso de valoración, habrá dos casos generales a los que el motor de cálculo se deberá enfrentar:

- 1) La empresa no ha llevado las medidas correspondientes al nivel y área analizadas, de manera que su grado de implantación puede ser asociado a dicho nivel. Por ejemplo, una empresa que haya realizado una auditoría energética pero no haya definido IDEs (AENOR, 2015), cumpliría el primer nivel definido, si bien si no dispone de un sistema de monitorización (nivel 2 según la tabla 5), su grado de implantación de técnicas de gestión energética sería bajo, preliminar.
- 2) La empresa ha planteado y aplicado las medidas asociadas al nivel y área considerados, de manera que se deben reestructurar las preguntas del nivel siguiente en función de lo que se estime conveniente conocer. Siguiendo el ejemplo anterior, si la empresa dispusiera de un sistema de monitorización energética (independientemente de las características de dicho sistema), el siguiente paso sería averiguar si dicho sistema incluye alarmas o cálculo automático de IDEs, que serían medidas correspondientes al nivel 2.

#### Función nº 4: Elaboración del plan de mejora

Basado en las respuestas de las empresas y en el análisis anterior de las mismas por parte del programa, el sistema desarrollará el plan de mejora. Como consecuencia del proceso de evaluación de la empresa, gracias a la información recabada, la herramienta emite un plan de mejora. Dicho plan de mejora consiste, por una parte en una valoración del estado actual de la empresa, en lo que a desarrollo de digitalización y eficiencia se refiere; y por otro lado, en un plan de posibles acciones a llevar a cabo para mejorar el estado de industrialización 4.0 de la empresa.

La valoración de la empresa consiste en tomar como referencia un modelo de empresa que tenga plenamente desarrollado cada área evaluada teniendo en cuenta el estado actual de la tecnología, y otra que no la tenga desarrollada, situando a la empresa evaluada en el punto en el que se encuentre entre ambas empresas en cada una de las seis áreas definidas. La valoración se llevará a cabo de distintas maneras, tanto por un sistema de puntos por área, como mostrando gráficas de resultados de análisis. También se considera la posibilidad de situar a la empresa evaluada dentro de una escala de comparación con otras empresas del sector que ya han realizado el test, una vez se tenga un volumen de datos suficiente.

Al mismo tiempo, esta evaluación, como ya se ha dicho antes, va acompañada de un plan de mejoras. Dicho plan propone una serie de medidas a adoptar para mejorar el estado de la empresa en cada una de las áreas evaluadas, especificando cuáles van a ser los beneficios técnicos y económicos de cada medida del plan y haciendo una valoración económica estimada del coste de implantación de la medida y el tiempo de retorno de la inversión

#### **Método de resolución**

Como se ha comentado a lo largo del documento, los objetivos de la herramienta respecto al tratamiento de los datos de entrada son:

1. Identificar el nivel de industrialización 4.0 actual de la empresa respecto a tecnologías de mejora energética y de proceso.
2. Identificación y cuantificación de las posibles acciones de mejora que le permitan mejorar y avanzar en el proceso.

Para alcanzar el primero de los objetivos, se definirán dos empresas tipo ficticias respecto de las cuales se realizará una comparación con la empresa a analizar. Los perfiles de dichas empresas serán, por un lado, se definirá una empresa de referencia la cual será considerada como la mejor empresa posible teniendo en cuenta el estado de la tecnología actual, por otro lado, se definirá un perfil de empresa con los requisitos mínimos que debe tener una empresa para empezar a ser considerada como industria 4.0. A partir de estos dos extremos, se realizará una clasificación de la empresa determinando el estado de industrialización 4.0 que posee en la actualidad.

En paralelo, para la implementación del módulo de tratamiento de los datos de entrada y la lógica de decisión de las posibles acciones de mejora, se utilizará un sistema experto basado en reglas el cual determinará la mejor solución posible a través del uso de un motor de inferencias el cual determinará el mejor camino a seguir teniendo en cuenta las respuestas de los usuarios. En concreto, los

componentes básicos que deberemos tener en cuenta en la definición del presente módulo son ( De Andrés Suárez, 2000):

- a. La base de datos, memoria de trabajo o modelo situacional. Se trata de la información o memoria intermedia con la información del problema a resolver y sobre cómo evoluciona el sistema a lo largo del proceso de inferencia.
- b. Motor de inferencias. Se trata de la parte del programa que relaciona la información auxiliar de la memoria de trabajo con el conocimiento del experto en la materia y, a través del cual, se llega al resultado final. Las principales operaciones que realiza el motor de inferencias son tres: identificar las posibles reglas a aplicar, decidir qué regla debe ser aplicada y, finalmente, aplicar la regla seleccionada.

Para el diseño del motor de inferencias se utilizará un software comercial como LPA el cual permite programar en lenguaje de programación PROLOG a través de una interfaz gráfica sencilla de diagrama de bloques (ver ejemplo Figura 19)

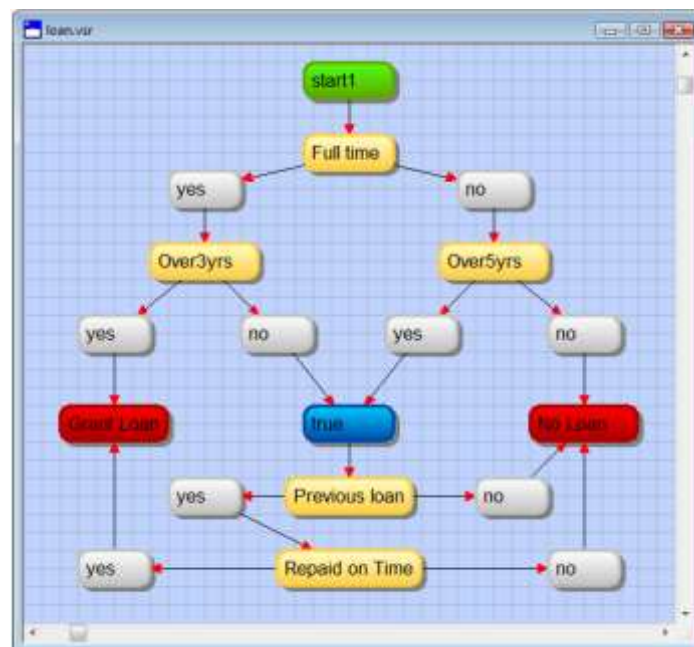


Figura 19. Ejemplo interfaz de diseño. Fuente: LPA

Finalmente, a partir de los resultados seleccionados por el sistema experto, se realizará una valoración de cada una de las soluciones. Dicha valoración incluirá tanto un estudio económico de la solución como el nivel de mejora que conseguiría la empresa en el proceso de industrialización 4.0 en el caso de implantar dichas medidas.

A través del diagrama de la siguiente figura se recogen los diferentes elementos que deberán ser tenidos en cuenta en el presente módulo y su interacción con las diferentes bases de datos.

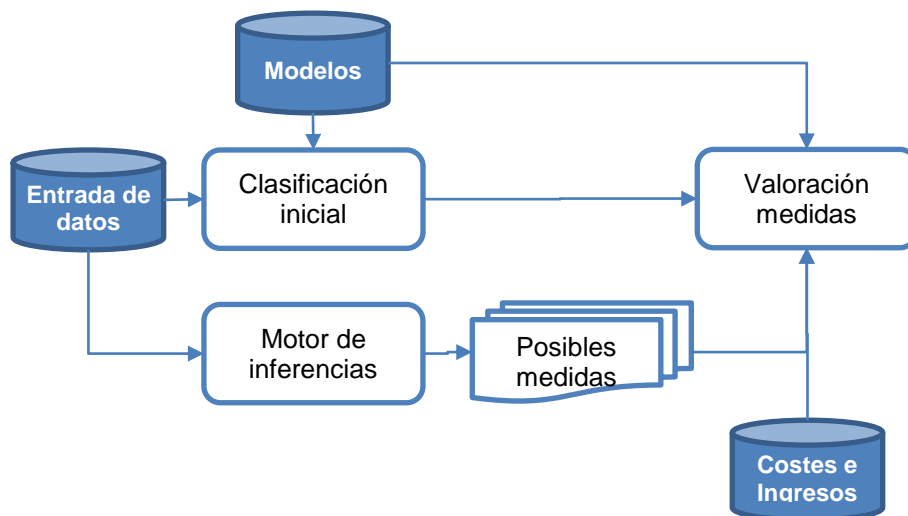


Figura 20. Módulo tratamiento de datos y lógica. Fuente: ITE

## 4.5. Diseño módulo Muestra de Resultados

Por otro lado, la herramienta debe proporcionar al usuario la siguiente información (**outputs**):

**Grado de implantación:** la herramienta valorará el estado de la empresa y dará una medida del grado de industrialización 4.0 en cuanto a tecnologías energéticas y mejora de proceso en cada una de las áreas en estudio.

Para ello se partirá de una serie de itinerarios (con los requisitos mínimos de industrialización 4.0) particularizadas ambas para el sector metalmecánico y en concreto al subsector del galvanizado.

**Propuestas de acción:** la herramienta dará una serie de propuestas personalizadas según toda la información de la que dispone, buscando incrementar el nivel de industrialización 4.0 en las áreas clave identificadas. Dicho plan evaluará los siguientes aspectos:

- **Ahorro energético alcanzable:** se dará una idea del orden de magnitud de ahorro energético que se puede conseguir con la implantación de las técnicas y medidas propuestas. Los ahorros deberán, además, tener en cuenta la interrelación entre medidas aplicadas sucesivamente. Para el cálculo del ahorro, se emplearán tanto porcentajes de ahorro referidos al consumo inicial, como valores absolutos si se estima conveniente.
- **Inversión económica necesaria:** de manera equivalente al anterior, se dará una cantidad orientativa de inversión necesaria para aplicar cada medida, teniendo en cuenta las mismas consideraciones que antes.
- **Retorno de la inversión esperable:** empleando de los dos parámetros definidos anteriormente se efectuará un análisis simple del tiempo de retorno de la inversión que el usuario podría esperar, con el fin de permitirle valorar la implantación de cada técnica.



Por ello el objetivo de la aplicación web consiste en proporcionar al usuario final información relativa plan de mejora más apropiado para la empresa. Para obtener este resultado final, los datos de entrada son evaluados mediante un algoritmo para la obtención de este resultado final.

El resultado podría mostrarse tanto en formato de tipo texto, imagen, gráfica o incluso en la descarga o el envío de un fichero digital. El formato de salida dependerá de la información que se necesite mostrar, facilitando la representación e interpretación de los resultados.

Un ejemplo tipo de formulario de salida de datos puede observarse en la figura siguiente:

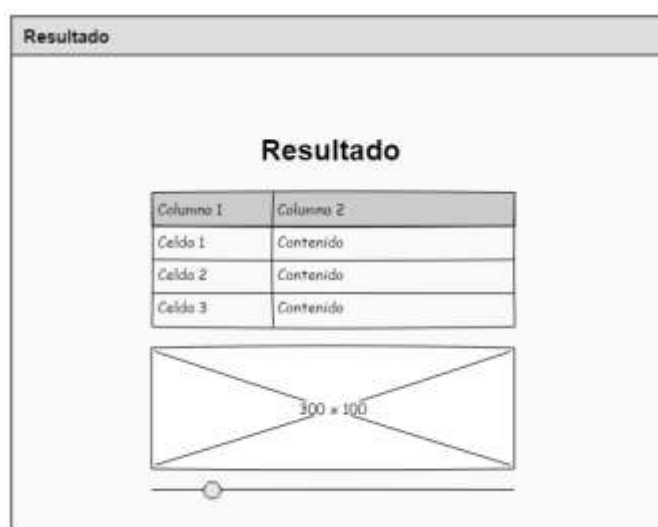


Figura 21. Maqueta del formulario de resultado. Fuente: ITE

Además, se presentará al usuario una serie de gráficas mostrando su estado energético y el camino óptimo de inversión. Para ello, una vez la empresa haya sido evaluada en las distintas áreas consideradas, se mostrará una gráfica que represente, en un formato compacto y de rápida identificación, los resultados de la evaluación. También se plantea la inclusión de una evaluación superpuesta de los resultados obtenibles y deseables tras la implantación de las medidas propuestas.

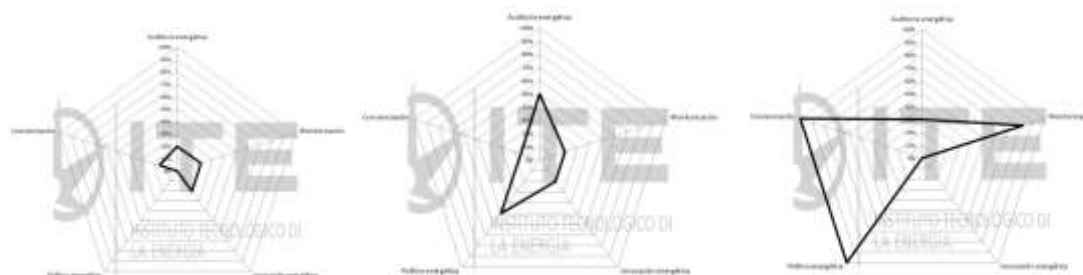


Figura 22. Ejemplo gráficas de evaluación nivel alcanzado perfil de EE. Fuente: ITE

Por otro lado, otra de las gráficas que se plantea incluir considera una clasificación puramente cuantitativa del retorno de inversión alcanzable en cada uno de los casos, distinguiendo en casos de ROI favorable y desfavorable, siguiendo el formato de la siguiente gráfica presentada como ejemplo:

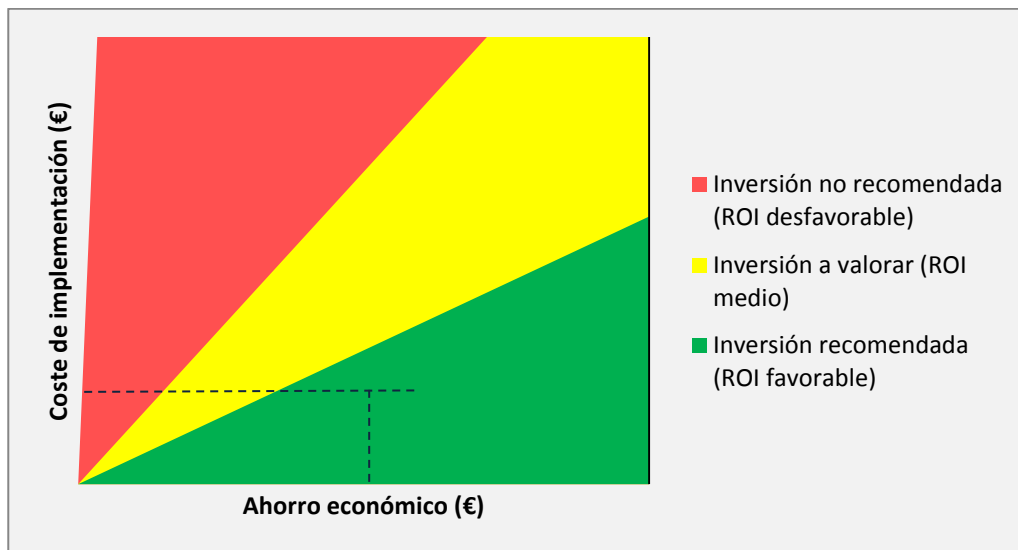


Figura 23. Gráfica ejemplo valoración cuantitativa de cada inversión estudiada. ITE

## 5. Conclusiones

Se ha constatado que, tras efectuar una búsqueda de herramientas similares a la propuesta en el proyecto, o bien dichas herramientas adolecen de una cierta especificidad que limita su espectro de aplicación, o bien están basadas en una valoración subjetiva que induce a errores en los diagnósticos desde el mismo momento en que la evaluación del estado actual es incorrecta. En este punto, la herramienta de Energía Industrial 4.0 se ha desarrollado siguiendo una estructura lógica y gradual, siguiendo una clasificación de medidas y caracterización por nivel de implantación y área de mejora.

A partir de ahí, la definición de la arquitectura se basa fundamentalmente en este ordenamiento de las medidas, permitiendo un desarrollo de la lógica de la herramienta basada en la secuencialidad y las distintas rutas óptimas a recorrer en función de las características de la empresa. De esta manera, y mediante el uso de un sistema experto, la herramienta será capaz de obtener información objetiva, determinar el estado de la empresa, razonar el camino óptimo que debe recorrer para alcanzar un objetivo deseable y realista, y cuantificar la valoración coste-beneficio de dichos itinerarios, presentándolos como plan de acción que el usuario podrá seguir total o parcialmente.

## 6. Bibliografía

De Andrés Suárez, J. (2000). *Técnicas de inteligencia artificial aplicadas al análisis de la solvencia empresarial*. Oviedo: Universidad de Oviedo.

AENOR. (2015). *Gestión de la eficiencia energética: cálculo del consumo, indicadores y mejora*.