

## **MEDESEA A MODEL FOR ECO-INNOVATION IN SME AND THE LIFE CYCLE ANALYSIS OF ITS SUSTAINABILITY**

Ávila Gutiérrez, María Jesús<sup>1</sup>; De las Heras García De Vinuesa, Ana<sup>1</sup>;  
Aguayo González, Francisco<sup>1</sup>; Lama Ruiz, Juan Ramón<sup>1</sup>; Marcos Bárcena, Mariano<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidad de Sevilla, <sup>2</sup> Universidad de Cádiz

MEDESEA is a model for the development of eco-innovative products projects integrating the three aspects of sustainability under the 3E approach, developed by the University of Seville and the Andalusian Institute of Technology in the context of project ISOPRO Research. In this paper, it shows the characteristics of the proposed methodology by MEDESEA a detailed, site identification strategies sustainable value through top-down analysis and button-up of social networks and how they can be integrated set out the Sustainability Life Cycle with different level of granularity.

**Keywords:** *Sustainability; Triple E; Life Cycle Analysis; Social Networking*

## **MEDESEA UN MODELO PARA LA ECOINNOVACIÓN EN LAS PYMES Y EL ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA DE SU SOSTENIBILIDAD**

MEDESEA es un modelo para el desarrollo de proyectos Ecoinnovadores de productos integrando los tres aspectos de la sostenibilidad bajo el enfoque de la 3E, desarrollado por la Universidad de Sevilla y el Instituto Andaluz de Tecnología en el contexto de proyecto de Investigación ISOPRO. En el presente trabajo se expone las características de la metodología propuesta por MEDESEA de una forma detallada, estrategias de identificación de yacimiento de valor sostenible mediante análisis top-down y button-up de redes sociales y la forma en que puede integrarse el Análisis de la Sostenibilidad del Ciclo de Vida con distinto nivel de granularidad.

**Palabras clave:** *Sostenibilidad; Triple E; Análisis del Ciclo de Vida; Redes sociales*

## 1. Introducción

El proyecto que centra las investigaciones y el trabajo que se exponen en esta comunicación vienen derivados del Proyecto Investigación de la Sostenibilidad de Productos y Procesos Industriales que realizó el IAT dentro del programa INSOPRO (IAT, 2010) para el tejido empresarial de pequeña y mediana empresa andaluza. La evaluación de la sostenibilidad comienza a ser el centro de investigaciones y análisis durante todo el proceso de diseño y desarrollo de productos dada la importancia que proyecta hasta el usuario final.

A la luz de la investigación y análisis bibliográfico del estado del arte de los modelos y métodos de sostenibilidad en el diseño y desarrollo de productos que existen en la actualidad, el objeto del proyecto supone el desarrollo de una metodología de evaluación de la sostenibilidad que agrupe nuevos conceptos y paradigmas. Para ello, junto a los análisis bibliográficos realizados, se lleva a cabo la inclusión científica en las técnicas y herramientas que aportan una evaluación de la sostenibilidad en el ámbito de la economía, ecología o equidad (los tres ámbitos de la sostenibilidad). El nuevo modelo integrará dichos pilares de la sostenibilidad desde la perspectiva de la cadena del valor con diferentes niveles de análisis (macro, meso y micro). Mediante el enfoque propuesto, los objetivos de diseño y desarrollo de productos sostenibles serán expandibles a través de la cadena del valor en sentido bidireccional y en los niveles macro (ingeniería), meso (microingeniería) y micro (nanoingeniería) del eslabón en que se desarrolla la ingeniería bajo el doble enfoque de triple bottom line y cradle to cradle.

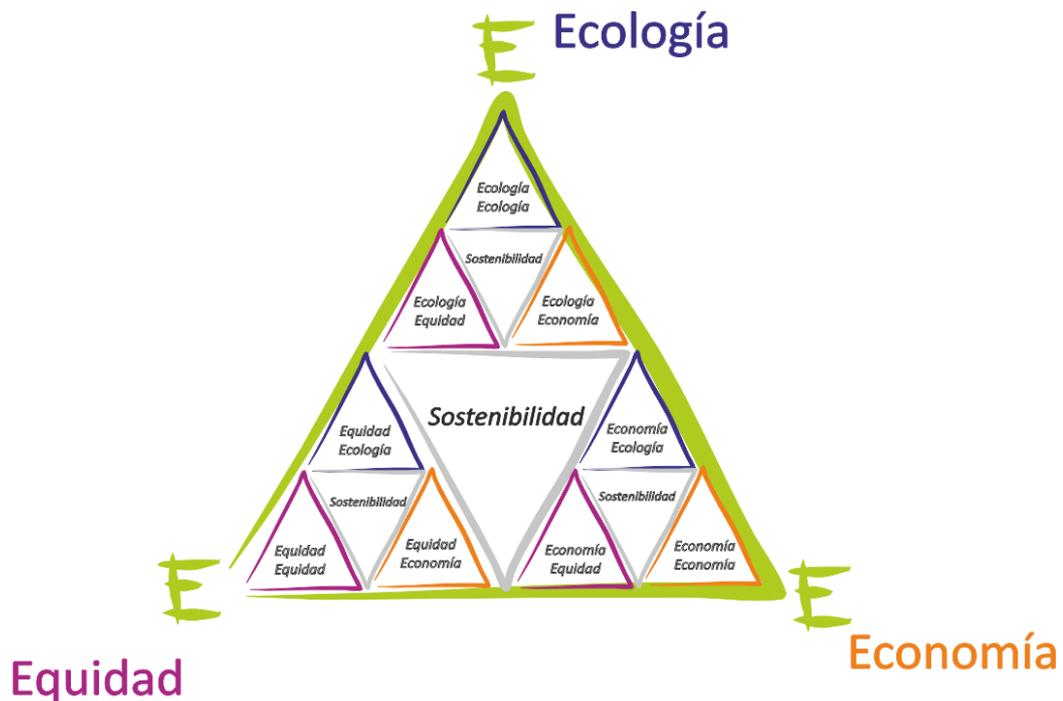
El proyecto desarrollado pretende satisfacer la necesidad de generar una visión compartida de la sostenibilidad en la empresa a través de un análisis guiado por conceptos y con la propuesta de preguntas derivadas de las tres dimensiones y las relaciones entre ellas (fractalización).

Debido a la heterogeneidad del mapa de pequeñas y medianas empresas de Andalucía, el objetivo de la simplicidad a la hora del proceso de razonamiento de la metodología englobando la innovación sostenible de las propuestas de mejoras y posibles soluciones, es uno de los aspectos más importantes. La máxima de englobar a todos los departamentos implicados en una empresa en el ciclo de vida del producto supone el eje de desarrollo de la metodología

Para el desarrollo del proyecto y de la herramienta informática, se parte de unos conceptos y requerimientos que se tienen en cuenta a lo largo de la creación de los procesos de evaluación de la sostenibilidad con la metodología y herramienta que se propone. Son conceptos y requerimientos que actúan como ejes para la propuesta metodológica con los aspectos destacados y más importantes que se han obtenido del análisis del estado del arte.

- Triángulo de la sostenibilidad con las tres dimensiones fractalizadas (Economía, Ecología, Equidad). En él, se integran las dimensiones de la sostenibilidad económica, social y ambiental que constituyen el yacimiento de valor a explorar de forma fractal en los procesos de diseño y evaluación sostenible.

Figura 1. Representación fractal de la sostenibilidad



- Ecoinnovación. La ecoinnovación comprende la modificación de patrones de producción y consumo y el desarrollo de tecnologías, productos y servicios para reducir el impacto en el medio ambiente y por tanto una de las dimensiones de la sostenibilidad.
- Normas de Ecodiseño. Se refiere a las actuales normas de ecodiseño ISO14006, de ecoetiquetado y sistema de certificación C2C (Aguayo, F., Peralta, E., Lama, J.R., Soltero, V.M., 2011).
- Enfoque del ciclo de vida de la cuna a la cuna. (McDonough, W., Braungart, M. 2008). Se prevé la presencia constante del ciclo de vida del producto completo a la hora de analizar situaciones, proponer mejoras y evaluar las decisiones tomadas.
- Modelo mental sistémico. Se trata de la representación mental orientado a la sensibilización y construcción de un pensamiento dirigido a la sostenibilidad en la empresa, en los niveles operacionales, tácticos y estratégicos.
- Construcción de una visión compartida de la sostenibilidad. Este requerimiento es el objetivo a conseguir durante el proceso de uso del sistema propuesto.
- Método y herramienta inclusiva. Los principios de concepción parten de la necesidad de integrar en el proceso de evaluación a los distintos departamentos que pueden incorporarse en un proyecto. Ello hace que la herramienta propuesta sea intuitiva y se incardine en los modelos de diseño existente. Para ello, se ha establecido una división de análisis en subetapas para cada una de las dimensiones en: Análisis Estratégico, Diseño Conceptual y Diseño de Materialización.
- Sentido de realidad y orientación hacia la sostenibilidad. Se ha de partir de la situación real y orientar la actividad de diseño hacia la sostenibilidad, para ello se parte de la situación actual y, tras realizar el proceso de análisis y búsqueda de mejoras y propuestas estratégicas a llevar a cabo, comparar con el objetivo que se desea cumplir.

- Integración de la cadena de proveedores. La herramienta permite integrar en la evaluación y diseño a la cadena de proveedores y de los usuarios o clientes de manera que, como se observa en el gráfico siguiente, en cualquiera de los eslabones de la cadena de proveedores y del diseño y desarrollo del producto, es posible la retroalimentación de la sostenibilidad y la conexión con la “cuna” de los materiales y procesos.

## **2. Arquitectura del sistema y proceso de diseño sostenible.**

El desarrollo de la metodología tiene un soporte digital accesible a cualquier empresa, sustentado por un diseño que refleja una arquitectura basada en la sostenibilidad y sus tres dimensiones (Triple E). Se busca que los resultados obtenidos de la evaluación reflejen el estado actual de la empresa, gracias al análisis que se realiza en la primera fase y que atiende a una visión global de ésta, y que, al final del proceso, proyecte el estado futuro que plantean las mejoras que se propondrán en base a los requisitos y aspectos que invitan a analizar en cada una de las dimensiones. Éstas siempre trabajarán de forma fractalizadas y unidas entre sí para una globalización de las acciones en cuanto a la sostenibilidad final de la empresa.

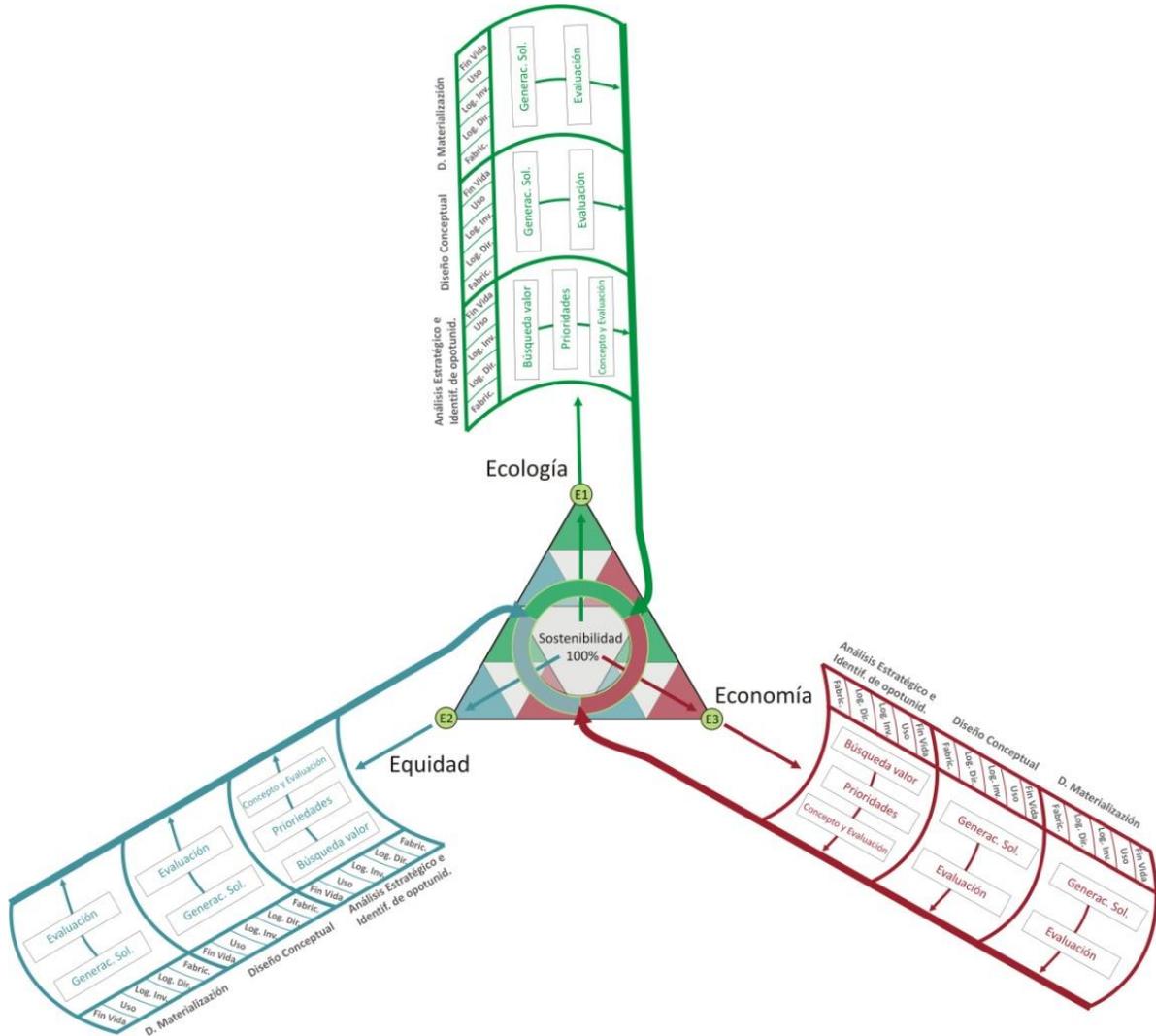
### **2.1. Arquitectura**

Teniendo presente el desarrollo de una aplicación para la evaluación de la sostenibilidad destinado a todo el tejido empresarial andaluz y sus necesidades de diseño y desarrollo de productos, se parte del triángulo de la sostenibilidad en el centro objetivo de la herramienta (figura 2) y a partir de donde se estructura y articulan las tres ramas de la metodología. Cada dimensión presenta un análisis fractalizado, es decir, teniendo siempre presente cuando se analiza uno de los pilares de la sostenibilidad (economía, ecología o sociedad) a las otras dos dimensiones restantes. Dentro de cada una de ellas, se realiza el análisis del proceso de diseño y desarrollo de producto y la proyección de la sostenibilidad en él en tres fases:

- Análisis Estratégico
- Diseño Conceptual
- Diseño de Materialización

Como se apuntó anteriormente, en la primera fase de las tres dimensiones se plantea una visión actual de la situación de la sostenibilidad de la empresa de manera que durante todo el proceso se camine hacia la propuesta de mejoras en todos los campos y pueda compararse el estado actual con el deseado.

Figura 2. Estructura de la metodología. Gráfico elaboración propia



El desarrollo y uno de los fines principales que persigue la metodología es crear un equipo de trabajo dentro de la PyMe que evalúen los aspectos de la empresa en cuanto a la sostenibilidad creando una visión compartida de la situación y de las propuestas de mejoras o soluciones para cada uno de los dominios. La aplicación, desarrollada online bajo el control de un administrador general el cual guiará al grupo de trabajo y que, tendrán acceso a todas las herramientas y funciones posibles de la aplicación, fomenta la interconexión de las diferentes visiones de la empresa y los departamentos formando un grupo heterogéneo de trabajo. Todos ellos trabajarán online con diferentes niveles de acceso creando un espacio de trabajo compartido que fomente la visión de un grupo que representa a una sola empresa. El desarrollo online fomentará que no todos los componentes se encuentren en el mismo espacio, pero si existe la situación de que estén reunidos, se desarrolla la sesión con un registro de reunión física para no perder ninguna información del proyecto.

Las FASES DEL PROCESO de evaluación de diseño sostenible son:

1. Acceso. Dar de alta a la empresa y al grupo (administrador) para tener acceso a la aplicación
2. Registrar los datos de la empresa y el proyecto que se realizará, así como a los componentes del grupo de trabajo con los roles, los objetivos generales y comentarios necesarios.

3. Visión general de la estructura de la aplicación y explicación de la dinámica de trabajo (soporte de ayuda y explicación siempre presente).
4. Comenzar Fase de Análisis Estratégico: Dimensión Economía. Evaluación de la situación actual y visión compartida de la sostenibilidad.
5. Fase Análisis Estratégico: Dimensión Economía. Obtención del Radar de Economía para dicha fase.
6. Comenzar Fase Análisis Estratégico: Dimensión Equidad. Evaluación de la situación actual y visión compartida de la sostenibilidad.
7. Fase Análisis Estratégico: Dimensión Equidad. Obtención del Radar de Equidad para dicha fase.
8. Comenzar Fase Análisis Estratégico: Dimensión Ecología. Evaluación de la situación actual y visión compartida de la sostenibilidad.
9. Fase Análisis Estratégico: Dimensión Ecología. Obtención del Radar de Ecología para dicha fase. Finalizar Fase Análisis Estratégico.
10. Comenzar Fase Diseño conceptual: Dimensión Economía. Obtención del Radar de Economía para dicha fase.
11. Comenzar Fase Diseño conceptual: Dimensión Equidad. Obtención del Radar de Equidad para dicha fase.
12. Comenzar Fase Diseño conceptual: Dimensión Ecología. Obtención del Radar de Ecología para dicha fase. Finalizar Fase de Diseño Conceptual.
13. Comenzar Fase Diseño de materialización: Dimensión Economía. Obtención del Radar de Economía para dicha fase.
14. Comenzar Fase Diseño de materialización: Dimensión Equidad. Obtención del Radar de Equidad para dicha fase.
15. Comenzar Fase Diseño de materialización: Dimensión Ecología. Obtención del Radar de Ecología para dicha fase. Finalizar Fase de Diseño de materialización
16. Sostenibilidad global, fase de visualización de los resultados de cada una de las dimensiones en conjunto.
17. Sostenibilidad global del Análisis estratégico. Conclusiones y observaciones.
18. Sostenibilidad global del Diseño Conceptual. Conclusiones y observaciones.
19. Sostenibilidad global del Diseño de Materialización. Conclusiones y observaciones.
20. Informe final.

## **2.2. Proceso de Diseño Sostenible**

Una vez presentada la arquitectura de diseño sostenible, se procede al desarrollo detallado de cada una de estas fases que componen el proceso, destacando los aspectos más importantes de ellas.

Es a través de una interfaz de usuario con un rol específico mediante lo cual el grupo de trabajo desarrollará las herramientas en cada una de las dimensiones y requerimientos de la metodología. De esta manera, será más sencillo realizar la evaluación cualitativa y cuantitativa de la sostenibilidad. Al ser 3 dimensiones las que definen la sostenibilidad (economía, ecología y equidad), se llevarán a cabo los análisis de manera paralela, es decir, el análisis estratégico de las tres dimensiones, el análisis de diseño conceptual de las tres dimensiones y, para finalizar, el análisis de diseño de materialización de las tres

dimensiones. Por tanto, no se detallan todos los procesos internos, ya que se repiten los para los tres casos.

### **FASE 1: Acceso. Dar de alta a la empresa y al grupo (administrador) para tener acceso a la aplicación**

El acceso a la aplicación se presenta como primera pantalla una interfaz de introducción de un usuario y contraseña. El gráfico de la figura 2 es el emblema de la metodología y, por tanto estará presente en todas las pantallas, sirviendo además de botón de acceso al principio.

### **FASE 2: Registrar los datos de la empresa y el proyecto que se realizará, así como a los componentes del grupo de trabajo y los objetivos y comentarios necesarios.**

Una vez dentro del proyecto, para comenzar son necesarios los datos básicos de la empresa (figura 3) para el registro en la base de datos del proyecto que comienzan (nombre, empresa, dirección, email de contacto,...) así como la definición de los componentes del grupo de trabajo con los roles que debe asignar el administrador (dependiendo del rol asignado, el componente del grupo tendrá acceso a unos apartados u otros, así como la posibilidad de solo lectura o también de modificación).

Para una definición más concreta del proyecto, se necesita una descripción del mismo (pueden ser los objetivos que se marca el grupo de la empresa para la metodología o los aspectos que desean cambiar o modificar dentro de su diagrama de procesos).

Estos datos estarán siempre accesibles desde el menú general que posee la aplicación durante todo el proceso para su modificación (siempre por parte del administrador) o su verificación.

**Figura 3. Pantalla registro de datos**

Sostenibilidad en la PyME

Bienvenido **USUARIO**:

Para comenzar el proyecto de Sostenibilidad en la PyME Andaluza es necesario rellenar los datos de la empresa y del equipo del proyecto.

Nombre del Proyecto:

Empresa / Cliente:

Dirección:

Email:

Componentes del grupo de trabajo:

Componente 1: <input type="text"/>	Rol: <input type="radio"/> Administrador <input checked="" type="radio"/> Coordinador <input type="radio"/> Componentes	Componente 3: <input type="text"/>	Rol: <input checked="" type="radio"/> Administrador <input type="radio"/> Coordinador <input type="radio"/> Componentes
Componente 2: <input type="text"/>	Rol: <input type="radio"/> Administrador <input type="radio"/> Coordinador <input checked="" type="radio"/> Componentes	Componente 4: <input type="text"/>	Rol: <input type="radio"/> Administrador <input checked="" type="radio"/> Coordinador <input type="radio"/> Componentes

[Añadir más componentes](#)

Descripción del proyecto:

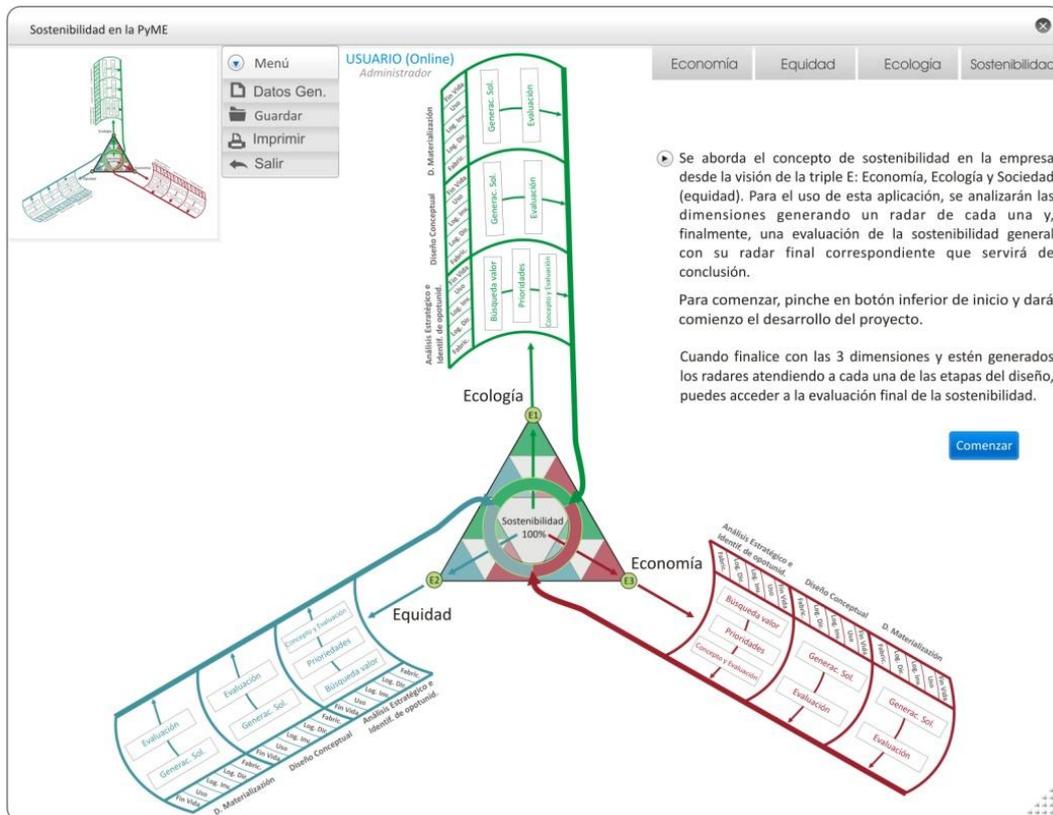
Observaciones:

### FASE 3: Visión general de la estructura de la aplicación y explicación de la dinámica de trabajo (soporte de ayuda y explicación siempre presente).

En la siguiente pantalla (figura 4), se observan los elementos comunes que aparecerán en todas ellas: menú desplegable general de la parte superior izquierda con botones de acceso a los datos generales (pantalla anterior), guardar el proyecto, imprimir y salir de la aplicación. Así mismo, a su lado se encuentra el usuario en el que se está trabajando y su estado actual (online, ausente, no disponible,...). En la parte superior derecha se encuentra el menú de navegación general donde se están botones para las tres dimensiones y para la sostenibilidad global final. En las siguientes pantallas se pueden observar los submenús que se despliegan en cada una de las dimensiones para las diferentes etapas de cada una de ellas.

La estructura general de la aplicación posee siempre botones "llave" (en este caso "comenzar") que son los que permiten continuar al siguiente paso siempre que se haya completado el anterior y, además, con una cronología concreta. Se pueden consultar los diferentes datos durante el proceso pero no adelantarse a otros pasos posteriores.

Figura 4. Gráfico de la estructura metodológica y comienzo del proceso



### FASE 4: Comenzar Fase de Análisis Estratégico: Dimensión Economía. Evaluación de la situación actual y visión compartida de la sostenibilidad. Obtención del Radar de Economía para dicha fase.

Se comienza el proceso metodológico por la fase de análisis estratégico en la dimensión Economía (figura 5) (se observa que en el menú superior derecho se ilumina el apartado en el que se encuentra el proceso con la iluminación de la etapa y la fase, en este caso Análisis Estratégico y en el submenú de Búsqueda del Valor).

En cada una de estas etapas, el desarrollo de las diferentes técnicas de evaluación y propuesta de mejoras y soluciones de diseño se realizan bajo la visión del ciclo de vida del producto atendiendo a aspectos de la fabricación, uso, logística directa e inversa y el fin de vida.

Como fase preliminar (que servirá para la comparación posterior de la situación de la empresa y las mejoras propuestas tras el razonamiento al que lleva la metodología) se realiza una evaluación de la situación actual de la empresa en cuanto a la sostenibilidad focalizada en la dimensión economía actual. Los conceptos de sostenibilidad dividen la caracterización de esta y son 6: Optimización del ciclo de vida, Reducción del transporte y distribución, Recursos energéticos, Minimización y valoración de recursos, Compatibilidad metabólica y Reducción de la toxicidad. Para ordenar dichos conceptos se responden a unas preguntas generales que, la aplicación numérica interna procesará dependiendo de "si=1" o "no=0" para ordenar las prioridades de la empresa en materia sostenible.

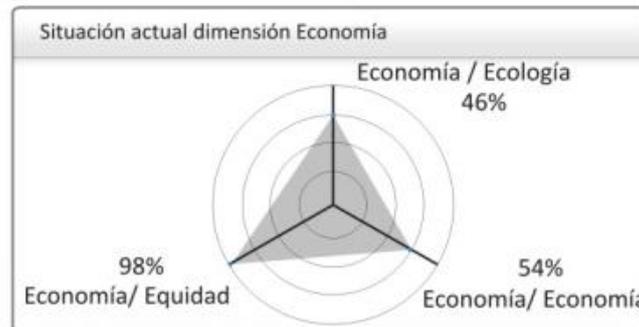
Para concluir esta fase previa, teniendo presente la situación en la dimensión Economía con la relación con las otras dos dimensiones (fractalización), se realiza un brainstorming convergente y divergente de esta dimensión como fase previa de búsqueda de propuestas o análisis de la situación de la empresa ayudados por las preguntas generales de los pares de dimensiones de la figura "Yacimiento de valor de la Sostenibilidad".

Figura 5. Pantalla inicio dimensión economía

The screenshot shows the 'Sostenibilidad en la PyME' application interface. At the top, there's a navigation bar with 'ECONOMÍA' selected, along with 'Equidad', 'Ecología', and 'Sostenibilidad'. Below this, there are tabs for 'Análisis Estratégico', 'Diseño Conceptual', and 'Diseño Materializ', and sub-tabs for 'Búsqueda V.', 'Prioridades', 'Orientar Con.', 'Evaluación', and 'Radar'. A central diagram shows a circular process starting with 'Sostenibilidad 100%' and moving through 'Búsqueda valor', 'Generac. Sol.', and 'Evaluación'. The main content area is titled '>> ECONOMÍA' and contains a questionnaire for 'Situación actual de la empresa' with questions about recycling, transportation, energy, and toxicity. Below the questionnaire are two sections: 'YACIMIENTO DE VALOR DE LA SOSTENIBILIDAD' with a sustainability triangle diagram, and 'BRAINSTORMING BÚSQUEDA VALOR' with 'DIVERGENCIA' and 'CONVERGENCIA' boxes. A navigation bar at the bottom includes 'Búsqueda V.', 'Prioridades', 'Orientar Con.', 'Evaluación', 'Radar', and a 'Ir a Prioridades' button.

Esta fase preliminar arrojará un radar como se puede ver en la figura 6 que será clave en la comparación con los siguientes que se obtendrán del análisis y propuestas de mejoras en las tres dimensiones.

Figura 6. Radar situación actual economía



En esta primera fase de la dimensión economía (figura 7) se parte con un análisis cualitativo de los seis conceptos ya introducidos en la sección anterior de la evaluación de la situación actual de la empresa.

Se plantean una serie de preguntas relacionadas con los seis conceptos (estas preguntas serán propias de la empresa, aunque el soporte propondrá una lista de preguntas que mantienen la fractalización de las dimensiones respecto a los 6 conceptos de la sostenibilidad) donde el grupo de trabajo deberá evaluar el cumplimiento y la relevancia que le adjudica a cada una de estas preguntas. Se persigue en esta fase una priorización de estos conceptos para conseguir los aspectos en los que se debe trabajar y desarrollar soluciones y alternativas de diseño en la empresa para mejorar la sostenibilidad.

Figura 7. Pantalla priorización de conceptos

The screenshot shows a web-based interface for 'Sostenibilidad en la PyME'. The user is logged in as 'USUARIO (Online) Administrador'. The interface is divided into sections for 'Economía', 'Equidad', 'Ecología', and 'Sostenibilidad'. The 'Economía' section is active, showing a progress indicator 'Sostenibilidad 100%' and a process flow diagram with stages: 'Búsqueda valor', 'Generac. Sol.', and 'Evaluación'. Below this is a grid of evaluation questions for six economic concepts:

Concepto	¿Esta es la pregunta?	Cumplimiento	Relevancia
Optimización del ciclo de vida	¿Esta es la pregunta?	<input type="radio"/> Si <input type="radio"/> Media <input type="radio"/> No	<input type="radio"/> Muy imp. <input type="radio"/> Imp. Media <input type="radio"/> No relevante
	¿Esta es la pregunta?	<input type="radio"/> Si <input type="radio"/> Media <input type="radio"/> No	<input type="radio"/> Muy imp. <input type="radio"/> Imp. Media <input type="radio"/> No relevante
	¿Esta es la pregunta?	<input type="radio"/> Si <input type="radio"/> Media <input type="radio"/> No	<input type="radio"/> Muy imp. <input type="radio"/> Imp. Media <input type="radio"/> No relevante
Reducción transporte/distribución	¿Esta es la pregunta?	<input type="radio"/> Si <input type="radio"/> Media <input type="radio"/> No	<input type="radio"/> Muy imp. <input type="radio"/> Imp. Media <input type="radio"/> No relevante
	¿Esta es la pregunta?	<input type="radio"/> Si <input type="radio"/> Media <input type="radio"/> No	<input type="radio"/> Muy imp. <input type="radio"/> Imp. Media <input type="radio"/> No relevante
	¿Esta es la pregunta?	<input type="radio"/> Si <input type="radio"/> Media <input type="radio"/> No	<input type="radio"/> Muy imp. <input type="radio"/> Imp. Media <input type="radio"/> No relevante
Recursos energéticos	¿Esta es la pregunta?	<input type="radio"/> Si <input type="radio"/> Media <input type="radio"/> No	<input type="radio"/> Muy imp. <input type="radio"/> Imp. Media <input type="radio"/> No relevante
	¿Esta es la pregunta?	<input type="radio"/> Si <input type="radio"/> Media <input type="radio"/> No	<input type="radio"/> Muy imp. <input type="radio"/> Imp. Media <input type="radio"/> No relevante
	¿Esta es la pregunta?	<input type="radio"/> Si <input type="radio"/> Media <input type="radio"/> No	<input type="radio"/> Muy imp. <input type="radio"/> Imp. Media <input type="radio"/> No relevante
Minimización/valoración recursos	¿Esta es la pregunta?	<input type="radio"/> Si <input type="radio"/> Media <input type="radio"/> No	<input type="radio"/> Muy imp. <input type="radio"/> Imp. Media <input type="radio"/> No relevante
	¿Esta es la pregunta?	<input type="radio"/> Si <input type="radio"/> Media <input type="radio"/> No	<input type="radio"/> Muy imp. <input type="radio"/> Imp. Media <input type="radio"/> No relevante
	¿Esta es la pregunta?	<input type="radio"/> Si <input type="radio"/> Media <input type="radio"/> No	<input type="radio"/> Muy imp. <input type="radio"/> Imp. Media <input type="radio"/> No relevante
Compatibilidad metabólica	¿Esta es la pregunta?	<input type="radio"/> Si <input type="radio"/> Media <input type="radio"/> No	<input type="radio"/> Muy imp. <input type="radio"/> Imp. Media <input type="radio"/> No relevante
	¿Esta es la pregunta?	<input type="radio"/> Si <input type="radio"/> Media <input type="radio"/> No	<input type="radio"/> Muy imp. <input type="radio"/> Imp. Media <input type="radio"/> No relevante
	¿Esta es la pregunta?	<input type="radio"/> Si <input type="radio"/> Media <input type="radio"/> No	<input type="radio"/> Muy imp. <input type="radio"/> Imp. Media <input type="radio"/> No relevante
Reducción toxicidad	¿Esta es la pregunta?	<input type="radio"/> Si <input type="radio"/> Media <input type="radio"/> No	<input type="radio"/> Muy imp. <input type="radio"/> Imp. Media <input type="radio"/> No relevante
	¿Esta es la pregunta?	<input type="radio"/> Si <input type="radio"/> Media <input type="radio"/> No	<input type="radio"/> Muy imp. <input type="radio"/> Imp. Media <input type="radio"/> No relevante
	¿Esta es la pregunta?	<input type="radio"/> Si <input type="radio"/> Media <input type="radio"/> No	<input type="radio"/> Muy imp. <input type="radio"/> Imp. Media <input type="radio"/> No relevante

At the bottom of the interface, there are navigation buttons: 'Búsqueda V.', 'Prioridades', 'Orientar Con.', 'Evaluación', 'Radar', and 'Obtener prioridades'.

Una vez evaluadas todas las cuestiones planteadas en todos los conceptos (optimización del ciclo de vida, reducción transporte / distribución, recursos energéticos, minimización / valoración de los recursos, compatibilidad metabólica y reducción toxicidad) se pasa a la

siguiente fase con la priorización de los conceptos ya realizada que se arroja del análisis anterior y se realiza la propuesta de mejoras de diseño relacionadas con ellos.

Dichas mejoras de diseño deberán estar relacionadas con aspectos de los procesos de diseño y desarrollo de productos de la empresa, por tanto, previo a la propuesta de estas mejoras, se lleva a cabo, fuera de la metodología, la creación y el análisis del diagrama de procesos de la empresa.

Una vez propuestas todas las mejoras de esta primera fase de análisis estratégico, se procede al último paso. Se trata de una evaluación también cualitativa de los conceptos con las mejoras propuestas en cuanto a su relación (figura 8).

Se deben evaluar todos los conceptos aunque no exista relación entre ellos ya que las posibilidades de relación en el menú desplegable son: Nula, Débil, Media o Fuerte. Esta evaluación cualitativa está soportada por una matriz QFD (Aguayo, F., Lama, J.R., Soltero, V.M., 2002) a la hora de interpretar los datos cuantitativamente de manera de que se pueda obtener una clasificación de la evaluación de los conceptos basada en dicha técnica.

La técnica QFD tiene esta estructura:

Para el análisis se utilizarán las zonas 1,2, 3,4 y 5. La Zona 1 será ocupada por las Mejoras de Análisis Estratégicos (de la 1 a la n), en la zona 3 estarán los conceptos de la sostenibilidad, en la zona 4 es donde se situarán las evaluaciones cuantitativas traducidas de los conceptos Nula (0), Débil (1), Media (3) y Fuerte (5) con su valor asociado, por último estarán las zona 2 y 5 que arrojarán las evaluaciones de los conceptos de sostenibilidad en sentido vertical y la de las mejoras de Análisis estratégicos en horizontal. Para el radar lo que se utilizarán los valores de las mejoras y en el momento en que se hayan evaluado todos los conceptos con todas las mejoras propuestas, se ilumina el siguiente botón de “generación del Radar” para poder obtener el radar de economía con la relación fractalizada con las otras dos dimensiones a partir de la evaluación de las mejoras propuestas y relacionadas con los conceptos.

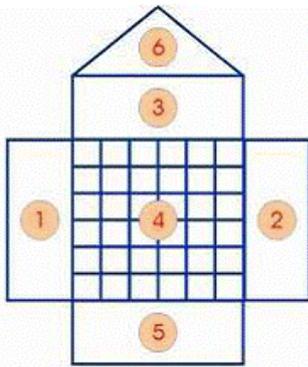
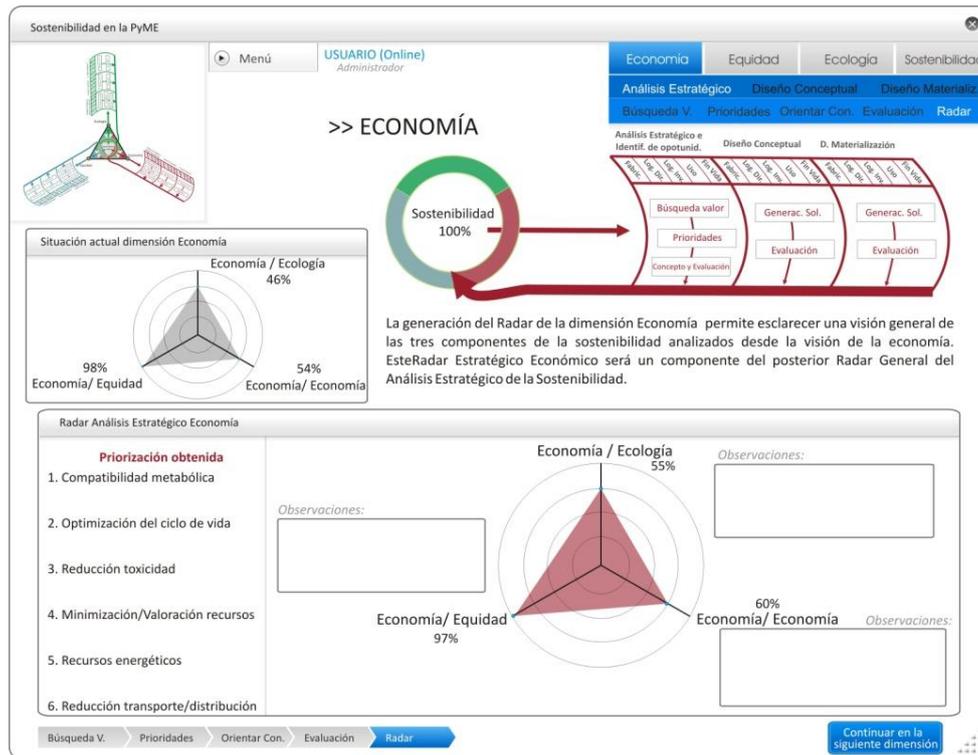


Figura 8. Evaluación de las mejoras con respecto a los conceptos

		Conceptos de Sostenibilidad					
		Optimización del ciclo de vida	Reducción transporte/distribución	Recursos energéticos	Minimización/valoración recursos	Compatibilidad metabólica	Reducción toxicidad
Mejoras Análisis Estratégico	Mejora A. Estrat. 1	Elegir relación → Nula	Elegir relación →	Elegir relación →	Elegir relación →	Elegir relación →	Elegir relación →
	Mejora A. Estrat. 2	Elegir relación → Débil	Elegir relación →	Elegir relación →	Elegir relación →	Elegir relación →	Elegir relación →
	Mejora A. Estrat. 3	Elegir relación → Media	Elegir relación →	Elegir relación →	Elegir relación →	Elegir relación →	Elegir relación →
	Mejora A. Estrat. 4	Elegir relación → Fuerte	Elegir relación →	Elegir relación →	Elegir relación →	Elegir relación →	Elegir relación →
	Mejora A. Estrat. 5	Elegir relación →	Elegir relación →	Elegir relación →	Elegir relación →	Elegir relación →	Elegir relación →
	Mejora A. Estrat. 6	Elegir relación →	Elegir relación →	Elegir relación →	Elegir relación →	Elegir relación →	Elegir relación →

Finalmente se obtiene este radar parcial de la dimensión Economía en la fase de Análisis Estratégico (figura 9). Se denomina parcial porque será 1/3 del Radar general de la sostenibilidad que se llevará a cabo tras el análisis completo de las tres dimensiones. En esta última pantalla se puede, por tanto, observar un radar con un tamaño más pequeño en la parte izquierda de la situación actual de la empresa (evaluación de la fase previa) acompañado del Radar de Análisis Estratégico obtenido en la dimensión Economía. A continuación se realiza esto mismo para equidad y para Ecología. Se salta por tanto a la fase 10.

**Figura 9. Radar de la fase análisis estratégico para la dimensión economía**



## **FASE 10: Comenzar Fase Diseño conceptual: Dimensión Economía. Obtención del Radar de Economía para dicha fase.**

En la segunda fase de diseño conceptual se parte de las mejoras que ha propuesto el grupo de trabajo en la fase anterior de análisis estratégico solo que en esta ocasión, partiendo de estas mejoras propuestas, deberán adentrarse en la fase de diseño conceptual para proponer una serie de soluciones para este dominio en esta dimensión.

Es de libre opción, el grupo podrá proponer tantas soluciones como vean convenientes ya que, en el siguiente paso pasarán a ser evaluadas con respecto a las mejoras de las que se parte. En la primera pantalla, se proponen una serie de herramientas que ayudarán a la generación de dichas soluciones de diseño conceptual.

Como en la evaluación de la fase anterior (análisis estratégico) donde se evaluaban los conceptos con respecto a las mejoras propuestas, en esta parte de la metodología, se pasan a evaluar las relaciones entre las mejoras propuestas en el Análisis Estratégico con respecto a las Soluciones del Diseño conceptual desarrolladas en esta fase.

El modo de relación será el mismo que se utilizó en la fase primera (relación: nula, débil, media o fuerte) con la estructura QFD interna, debiendo estar todos los campos rellenos

para dar paso al radar de la dimensión economía, pero esta vez de la fase de Diseño conceptual.

Tras este paso, se obtiene el Radar de Diseño conceptual de la dimensión economía correspondiente el Diseño Conceptual que, como en la fase anterior, supondrá 1/3 del Radar general de Diseño Conceptual que tendrá en su interior las tres dimensiones que componen la sostenibilidad. A continuación se realiza el proceso cualitativo/cuantitativo para las otras dos dimensiones (Ecología y Equidad).

### **FASE 13: Comenzar Fase Diseño de materialización: Dimensión Economía. Obtención del Radar de Economía para dicha fase.**

En esta última fase de cada dimensión se lleva a cabo un proceso similar al de la fase 2 del Diseño Conceptual solo que, en este caso, se proponen soluciones para el dominio de Materialización. Se parte de nuevo de las mejoras propuestas en la fase primera de Análisis Estratégico para proponer soluciones del Diseño de Materialización. Es de nuevo libre, se pueden proponer la cantidad de soluciones requeridas ya que, posteriormente serán evaluadas con respecto a las mejoras propuestas de la misma manera que en la fase de diseño conceptual con la caracterización de los conceptos y evaluación de la estructura QFD interna, obteniendo el radar correspondiente.

### **FASE 16: Sostenibilidad global, fase de visualización de los resultados de cada una de las dimensiones en conjunto.**

Una vez evaluadas y desarrolladas las tres dimensiones que forman parte del triángulo de la sostenibilidad, se pasa a obtener los radares generales. Se accede por tanto, al último botón del menú de navegación superior derecho para llegar a la primera pantalla de explicación e introducción a esta fase.

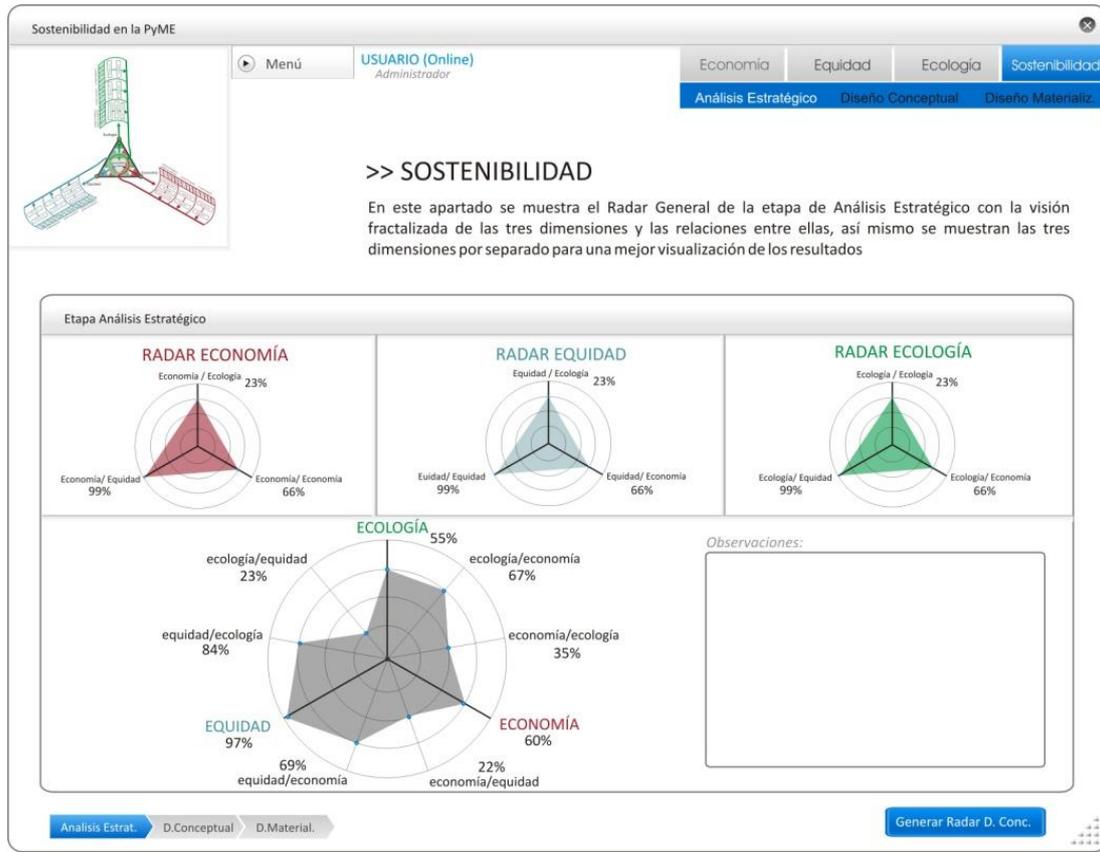
### **FASE 17: Sostenibilidad global del Análisis estratégico. Conclusiones y observaciones.**

El primer Radar general que se obtiene es el Radar de Análisis Estratégico. En la pantalla se observan los tres radares ya obtenidos previamente en las tres dimensiones (radares parciales) con las relaciones de las dimensiones con las otras y, el radar que recoge dichos tres radares y sus relaciones (figura 10).

Se presentan las tres dimensiones generales y, en su entorno, las posibles relaciones entre ellas quedando un espacio para las observaciones y comentarios de esta nueva visión de la fase de análisis estratégico para la empresa.

Acompañando a los diferentes gráficos, mediante la leyenda aclaratoria de cada uno de los vértices de radar, se ha normalizado el resultado obtenido mediante los cálculos derivados de la priorización y evaluación de las mejoras de diseño obteniendo un porcentaje de cada par de relaciones de dimensiones. Ayuda a la mejor comprensión e interpretación de los resultados que se obtienen en esta primera fase.

Figura 10. Sostenibilidad global para fase análisis estratégico



Este mismo gráfico (figura 10) se obtiene para las dimensiones equidad y ecología en la misma representación.

#### FASE 20: Informe final.

Tras finalizar el proceso metodológico, se obtiene el informe final con el resultado de todas las fases para poder elaborar las conclusiones finales del grupo de trabajo y, tras ello, la implantación de las mejoras y las soluciones de los dominios.

La estructura del informe final mantiene el índice del desarrollo de la metodología con el análisis detallado de cada una de las respuestas y diferentes resultados de las fases.

Es importante este documento final por la extracción de conclusiones y el análisis de cada una de las respuestas.

#### 4. Conclusiones

- El proyecto se encuentra, en el momento de elaboración de la presente comunicación, el estado de desarrollo entre las fases a (Desarrollo de la metodología de evaluación de la sostenibilidad) y b (Implantación del software de la aplicación online) por lo que los resultados y, discusión de estos se encuentran aún en fase de pruebas y detección de fallos y validación de la aplicación a través de la inclusión en varias PyMes andaluzas.
- Cabe resaltar el interés de la representación de la sostenibilidad para la metodología mediante la triple, destacando que se trata de una decisión acertada dadas las facilidades que ha aportado al desarrollo de la metodología haciendo que se cree un

sistema intuitivo y sencillo de captar por parte de todos los departamentos de la empresa.

- Aporte de valor en la incorporación de la filosofía Cradle to Cradle (Aguayo, F., Peralta, E., Lama, J.R., Soltero, V.M., 2011) en la metodología MEDESEA como forma de articular sus tres principios básicos a través del fomento de: establecimientos de ciclos cerrados, uso de energías renovables, y el fomento de la diversidad, articulados desde la biomimesis. En cuanto a los metabolismos cabe considerar: Dos metabolismos (el industrial y el biológico), dos nutrientes (biológicos y técnicos) y la retención de nutrientes dentro de su propio metabolismo. Gracias a las preguntas formuladas en la primera fase de análisis estratégico respecto a los 6 ejes o conceptos de la sostenibilidad, se reflejan dichos principios. La elaboración de las preguntas debe hacerse con el asesoramiento por parte de investigadores que desarrollan el programa ya que el proyecto pretende ser portador de una evaluación real y práctica de la sostenibilidad del sistema de diseño y desarrollo de productos de las empresas sea cual sea su sector.
- La visión compartida del concepto de sostenibilidad y la inclusión de las tres dimensiones en un grupo de análisis heterogéneo hace que los resultados arrojen una imagen real y lo más cercana a todos los departamentos que componen la empresa, interactuando entre ellos y creando conceptos e intereses en común.

La aplicación informática se encuentra en una primera fase de desarrollo, aún con falta de funcionalidad completa y está en proceso de aplicación reestructuración y puesta en marcha por parte del IAT siempre teniendo como objetivo el tejido empresarial de la PYME andaluza.

***Proyecto Investigación de la Sostenibilidad de Productos y Procesos Industriales de código PI44097 financiado en la convocatoria 2.010 de Infraestructuras, Equipamiento y Funcionamiento, categoría Proyectos de Aplicación del Conocimiento de la Consejería de Economía, Innovación y Ciencia de la Junta de Andalucía y cofinanciado por el Fondo de Desarrollo Regional de la Unión Europea.***

## **5. Referencias bibliográficas**

- Aguayo, F., Peralta, E., Lama, J.R., Soltero, V.M., (2011) *Ecodiseño: Ingeniería sostenible de la cuna a la cuna*, Madrid, RC Libros.
- Aguayo, F., Lama, J.R., Soltero, V.M., (2002) *Metodología del Diseño Industrial: Un enfoque desde la Ingeniería Concurrente*, Madrid, Ed. RaMa S.A.
- IAT (2010) Proyecto de investigación de sostenibilidad de productos y procesos industriales. *Subvencionado por la Junta de Andalucía*. Sevilla.
- Mcdonough, W., Braungart, M. (2008). *Cradle to Cradle. De la Cuna a la Cuna. Rediseñando la forma de en que hacemos las cosas*. México, Ed. Mcgraw-Hill/ Interamericana.
- Peralta, E., Aguayo, F., Lama, J.R (2011) Ingeniería Sostenible de la Cuna a la Cuna: una Arquitectura de Referencia Abierta para el Diseño C2C. *DYNA Ingeniería e Industria*, 86. Núm. 2, 199-211