

PROTOMODELO PARA LA EVALUACIÓN DE LA SOSTENIBILIDAD EN DIRECCIÓN DE PROYECTOS

La sostenibilidad ocupa un lugar cada vez más importante en la toma de decisiones en la Ingeniería y dirección de proyectos de diseño y desarrollo de productos a lo largo del ciclo de vida del producto. Ello determina el interés de disponer de un protomodelo de diseño y evaluación de la sostenibilidad que de soporte a los equipos de ingeniería en las distintas fases del ciclo del producto. Los aspectos de la dirección de proyectos sostenible afectará por tanto a todas las decisiones que llevan asociados los distintos niveles: estratégica de producto, diseño conceptual y de materialización, que permitan el desarrollo de un proyecto sostenible bajo la triple E, acentuando el equilibrio entre los aspectos económicos, ecológicos y sociales.

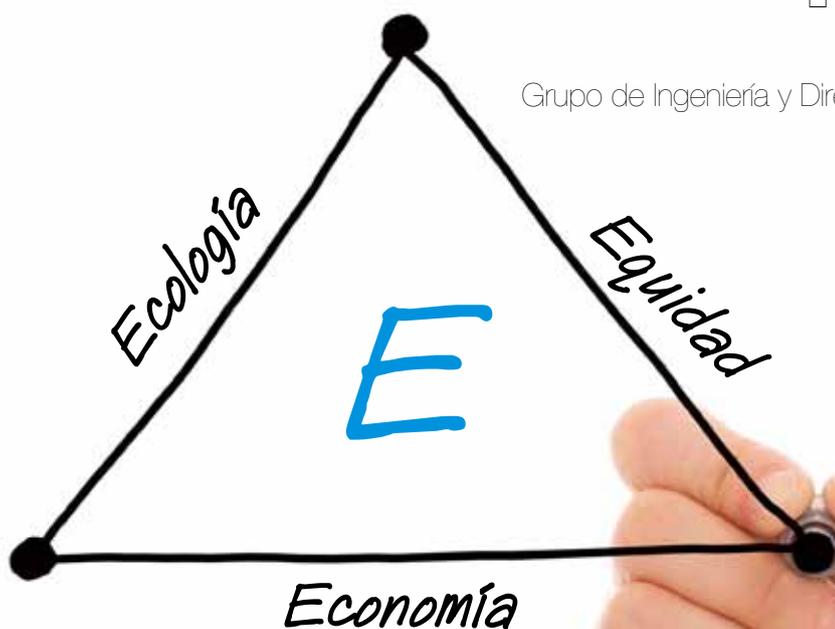
▣ Ana De las Heras García de Vinuesa

▣ Juan Ramón Lama Ruíz

Grupo de Ingeniería y Dirección de Proyectos y de la Innovación,
Universidad de Sevilla.

▣ Juan María Campos Gómez

▣ Rafael Serrano Bello
Instituto Andaluz de Tecnología.



SOSTENIBILIDAD: CONCEPTO Y FORMAS DE REPRESENTACIÓN

El término sostenibilidad es un concepto asociado a la situación en la que se encuentra el mundo como fruto de la industrialización masiva de las últimas décadas por el sistema económico desarrollado basado en la máxima producción, el consumo, la explotación ilimitada de recursos y el beneficio como únicos criterios. Un planeta limitado no puede suministrar indefinidamente los recursos que esta explotación exigiría. Por ello, se ha impuesto la idea de que hay que ir a un desarrollo real, que permita la mejora de las condiciones de vida, pero compatible con una explotación racional del planeta que cuide el medio ambiente, es decir, un desarrollo sostenible.

La definición con la que actualmente es conocido el concepto de sostenibilidad surgió en 1987 cuando se formalizó en el *Informe Brundtland* por parte de una comisión encabezada por la doctora G.H. Brundtland con participación de las distintas naciones para la ONU.

“La sostenibilidad o desarrollo sostenible es aquel que satisface las necesidades del presente sin comprometer las necesidades de las futuras generaciones”.

Este nuevo giro del concepto implica un cambio muy importante en cuanto a la idea de sostenibilidad ya que enfatiza en la dimensión ecológica, introduciendo dos nuevas dimensiones, economía y equidad (social) que crearán la triada más significativa, la conocida como triple E, sobre la que se formularán nuevos conceptos. Como todo concepto que engloba a otros, y en base a sus necesidades de operatividad, se estudiarán las distintas formas de representación para entender cuál de ellas es la más adecuada para facilitar la Ingeniería y dirección de proyectos en la Pequeña y mediana empresa.

A continuación, teniendo en cuenta la importancia de la representación visual

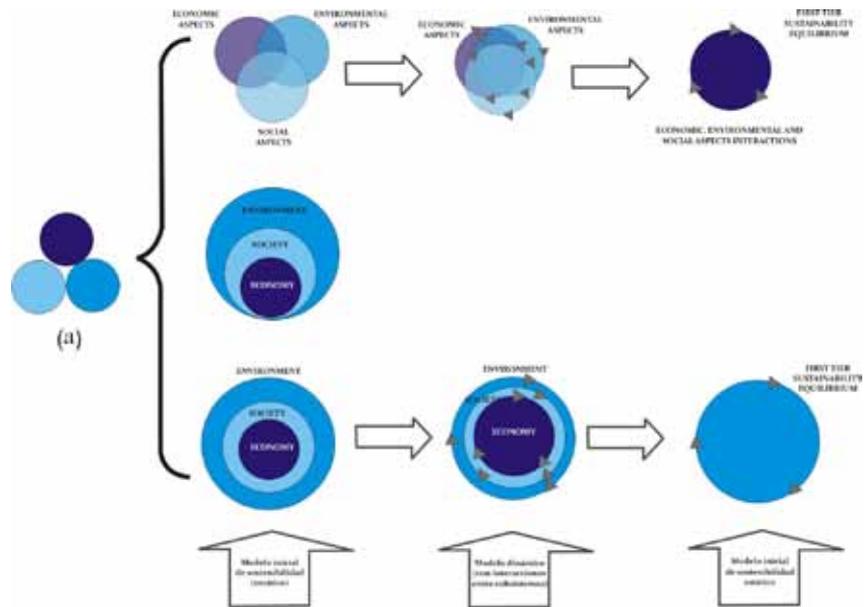


Figura 1. Representación como diagramas de Venn y círculos concéntricos y no-concéntricos de autores varios. Fuente: Adaptado [6].

El nuevo giro del concepto de sostenibilidad implica un cambio muy importante ya que enfatiza la dimensión ecológica, e introduce dos nuevas: economía y equidad (social) que crean la triada conocida como triple E

como medio para avanzar en el desarrollo de conceptos y soluciones proyectuales [11] se presentan algunas de las principales interpretaciones visuales de la sostenibilidad, las cuales están supeditadas a un modelo conceptual específico. Antes de mostrar los modelos de representación existentes, se hace hincapié en subrayar que cada uno de los conceptos o dimensiones que conforman la sostenibilidad deben tener el mismo nivel de importancia, siendo uno de los pilares más importantes para su representación.

Como primera representación, en la figura 1 se contienen las interpretaciones visuales más comunes de las tres dimensiones básicas de la Sostenibilidad, planteadas como diagramas de Venn y círculos concéntricos y no-concéntricos [6]. Es importante resaltar que se parte de un sistema base (apartado “a” de la figura 1), creando diferentes gráficos.

Existen también otras propuestas como la del ‘Triángulo 3D de la Sostenibilidad’ de Dyllick & Hockers [6], la cual se basa en los capitales de cada subsistema. Este modelo resalta la eficiencia, la efectividad, la suficiencia y la equidad, y es usado principalmente en el sector industrial-empresarial.

Hasta ahora, se han desarrollado diferentes formas de representación basadas en las tres dimensiones, pero si se focaliza en hacer operativa la sostenibilidad es de gran importancia la inclusión de una cuarta dimensión, la político-institucional, ya que esta dimensión “contiene las estructuras y procesos que permiten a una sociedad regular sus acciones orientados a sus objetivos”. [2].

La dimensión político-institucional se construye a partir de los marcos normativos establecidos por la sociedad, a través de normas, reglas, leyes, convenciones, acuerdos, tratados, política y estrategia de empresa, etc., e incluye a todos los agentes (actores e instituciones) vinculadas con todas y cada una de las dimensiones. Es, por tanto, la dimensión que debería garantizar la acción integrada, y que funciona a través de procesos y acuerdos, a diversas escalas y niveles [8].

En esta línea aparece la siguiente representación, figura 2, que se centra en la existencia de cuatro esferas formando una pirámide donde la cuarta dimensión se encuentra situada en el vértice superior, integrando las tres dimensiones básicas de sostenibilidad y velando por el cumplimiento y regulación de la normativa, y procedimientos establecidos. Con ello, se busca garantizar una sostenibilidad integral, superando las accio-

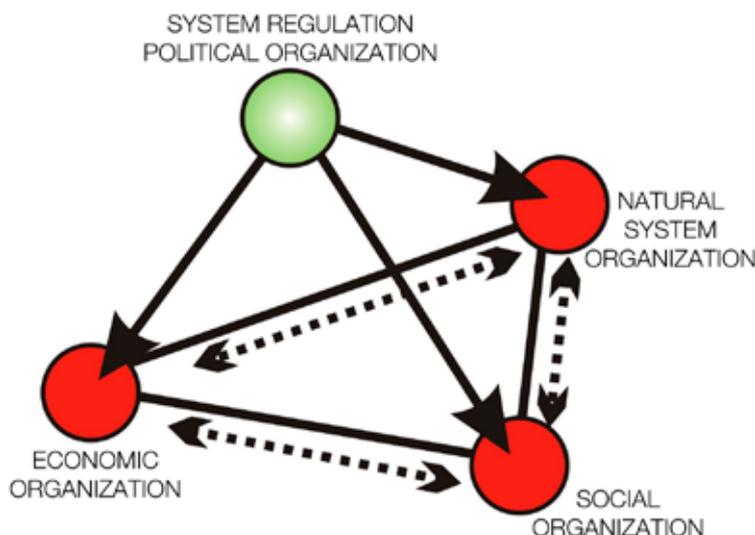


Figura 2. Gobernanza orientada a la Sostenibilidad: las 'Cuatro Esferas'.

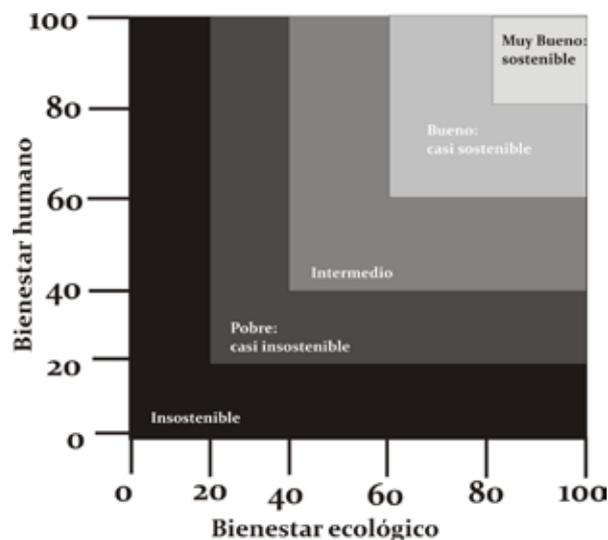


Figura 3. Barómetro de la sostenibilidad de Prescott-Allen.

nes unilaterales, sectoriales, de departamentos y unidades funcionales que promueven una sostenibilidad parcial.

En la misma línea se encuentra la propuesta conocida como el 'Prisma de la Sostenibilidad', promovido por una serie de instituciones como la Sustainable Europe Research Institute (SERI) y Factor 10 Institute. Esta propuesta usa un modelo basado en el Prisma de la Sostenibilidad, con sus cuatro pilares, en el cual, la dimensión institucional o empresarial corresponde a los mecanismos y orientaciones, y no sólo hace referencia a las organizaciones específicas de un proyecto o división empresarial. Esta propuesta

también define los imperativos que derivan de la Comisión Bruntland, además de permitir el trabajo por indicadores clave de cada dimensión con sus respectivas interdependencias para la dirección de un proyecto concreto [11].

Tras estas dos propuestas que sustentan el desarrollo en la inclusión de la cuarta dimensión, aparece otro tipo de representación de la sostenibilidad basada en la evaluación de ésta. Esta propuesta la presenta Robert Prescott-Allen, con el denominado 'Barómetro de la Sostenibilidad' (figura 5) basado en el uso de indicadores e índices y orientado a la “medición del bienestar de la sociedad (para el caso del proyecto se refiere a los interesados o stakeholders) y su progreso hacia la Sostenibilidad” [4].

El bienestar humano se focaliza en el estado del desarrollo humano y contiene las dimensiones social y económica, mientras que el bienestar ecológico se centra en el estado del medio ambiente.

Por otro lado, Rocuts [9], propone un modelo vectorial, que sitúa espacialmente el subsistema ecológico, el subsistema social y el subsistema económico. La cuarta dimensión (político-institucional) no se representa como un eje, sino como una 'esfera' de mínimos, es decir, indica los niveles de obligado cumplimiento para cada eje (dimensión).



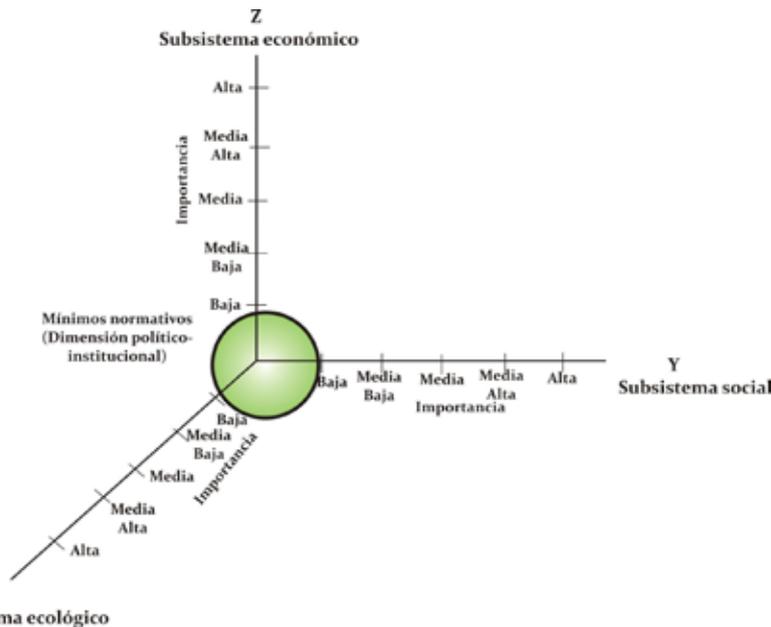


Figura 4. Propuesta vectorial de la Sostenibilidad.

La representación planteada es vectorial porque cumple las características básicas de los mismos: tiene dirección y sentido, lo cual implica que se puede establecer con gran aproximación el énfasis que se le está dando a cada subsistema, es decir, determinar si la decisión está más inclinada hacia el subsistema económico, social o medioambiental. La valoración de cada dimensión va de 0 (importancia nula) a 5 (importancia alta) y su representación traducida se observa en la figura 4.

LA SOSTENIBILIDAD BAJO LA TRIPLE E COMO BASE METODOLÓGICA PARA LA DIRECCIÓN DE PROYECTOS

En el desarrollo del protomodelo para la evaluación de la sostenibilidad en dirección de proyectos, se parte de la representación de la sostenibilidad con la triple E y los conceptos que dicho marco paradigmático lleva asociados. Dado el interés de los mismos, se han de tener en cuenta a lo largo de la creación del marco metodológico que se propone del proceso de evaluación, diseño de producto para sostenibilidad y de las tareas de dirección de un proyecto de producto.

Antes de presentar el protomodelo y las fases y tareas de dirección de proyecto asociadas, es necesario enumerar el campo conceptual que vertebra la Triple E, junto a otros métodos y técnicas como son las normas de ecodiseño y *análisis de ciclo de vida* (ACV), que han sido contemplados en el diseño y desarrollo de la aplicación informática, soporte de trabajo para la implementación de la Ingeniería y dirección de proyectos.

Conceptos articulados en la formalización del protomodelo y la aplicación informática que lo soporta

- Representación de la sostenibilidad: 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 de toda Ingeniería y dirección del proyecto de un producto o sistema.
- Ecoinnovación. Este concepto comprende la modificación de patrones de producción y consumo y el desarrollo de tecnologías, productos y

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



Figura 5. Representación fractal de la sostenibilidad. Elaboración propia.

servicios para reducir el impacto en el medio ambiente y por tanto una de las dimensiones de la sostenibilidad.

- Normas de Ecodiseño. Integración con las actuales normas de ecodiseño ISO14006, de ecoetiquetado y sistema de certificación de la Cuna a la Cuna (C2C) [1].
- Enfoque del análisis de ciclo de vida (ACV) de la cuna a la cuna. Presencia constante del ciclo de vida del producto completo a la hora de analizar

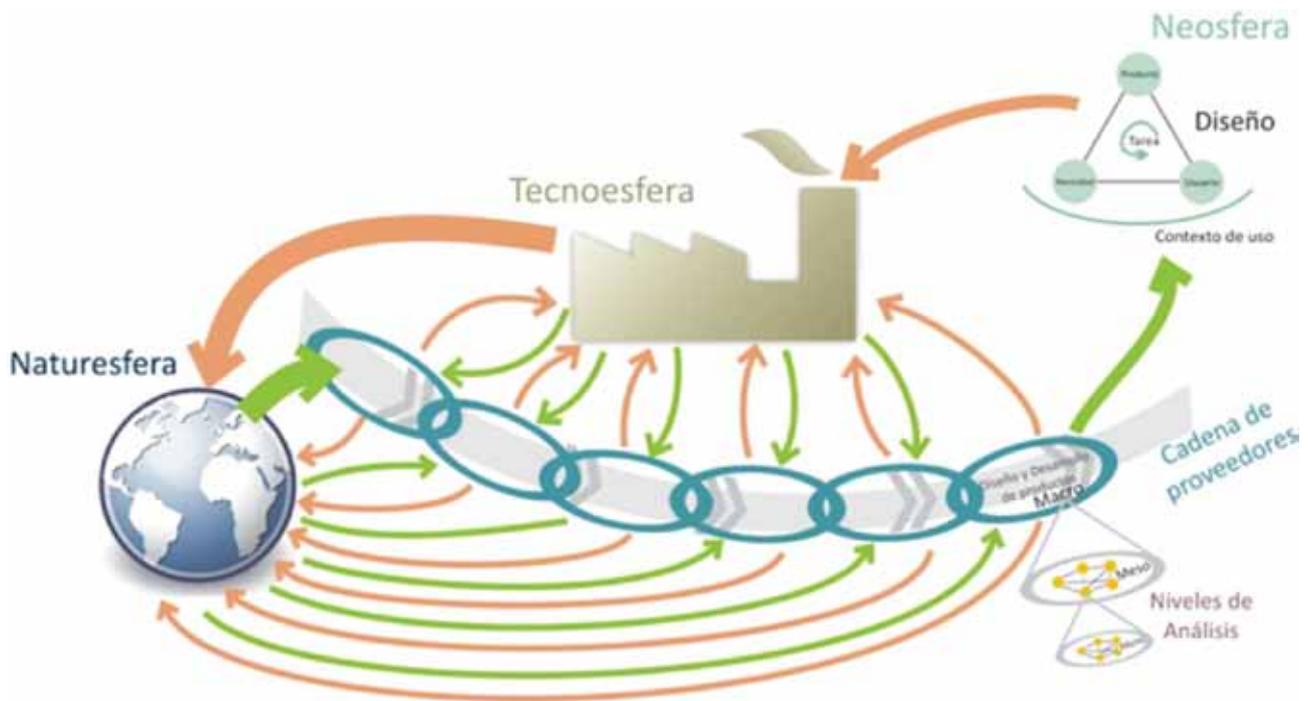


Figura 6. Eslabones de la cadena de proveedores. Gráfico elaboración propia.

situaciones, proponer mejoras y evaluar las decisiones tomadas.

- Modelo mental sistémico orientado a la sensibilización y construcción de un pensamiento orientado a la sostenibilidad en el proyecto, en los niveles operacionales, tácticos y estratégicos.
- Construcción de una visión compartida de la sostenibilidad. El modelo y la herramienta desarrollada constituyen un instrumento para la creación de una visión compartida basada en la sostenibilidad, que pueda articularse en la empresa y en la dirección de proyectos de forma sinérgica e integrada.
- 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 a un proyecto. Para ello se ha establecido una división de análisis en sub-etapas para cada una de las dimensiones: Análisis Estratégico, Diseño Conceptual y Diseño de Materialización.
- Integración de la cadena de proveedores. La herramienta permite inte-

grar en la evaluación y diseño a la cadena de proveedores y de usuarios o clientes posibilitando la retroalimentación de la sostenibilidad y la conexión con la "cuna" de los materiales y procesos en cada eslabón, tanto con enfoque Top-down como Bottom-up.

PROTOMODELO PARA LA EVALUACIÓN DE LA SOSTENIBILIDAD EN DIRECCIÓN DE PROYECTOS

El presente proyecto de desarrollo del protomodelo para la evaluación de la sostenibilidad en dirección de proyectos desarrollado para el Instituto Andaluz de Tecnología en el contexto de proyecto ISOPRO, se encuentra dividido en las siguientes fases:

1. Desarrollo del protomodelo de evaluación de la sostenibilidad en proyectos.
2. Implantación del software para aplicación online.
3. Validación del método.

El protomodelo está soportado en for-

ma de aplicación informática para la evaluación y diseño de la sostenibilidad en la dirección de proyectos y está destinado a todo tipo de proyectos de diseño y desarrollo de productos ya que recorre las fases de diseño de proyectos que soportan todas las metodologías.

Se parte del análisis fractalizado de cada dimensión de la triple E (Economía, Ecología e Equidad), es decir, teniendo siempre presente cuando se analiza una de ellas a las otras dos dimensiones de la sostenibilidad y su yacimiento de valor potencial. La idea que se desarrolla se basa en la investigación y búsqueda de mejoras del proyecto en cada una de estas tres dimensiones integradas en un proceso global para que, en la última fase, donde se presenta la visión general de la sostenibilidad, se integren los resultados obtenidos en cada una de estas vertientes de la sostenibilidad.

La figura 7 muestra los elementos estructuradores de la metodología, teniendo los siguientes conceptos asociados:

4. El concepto central: el triángulo de la sostenibilidad con sus tres ejes o dimensiones (Economía, Ecología y



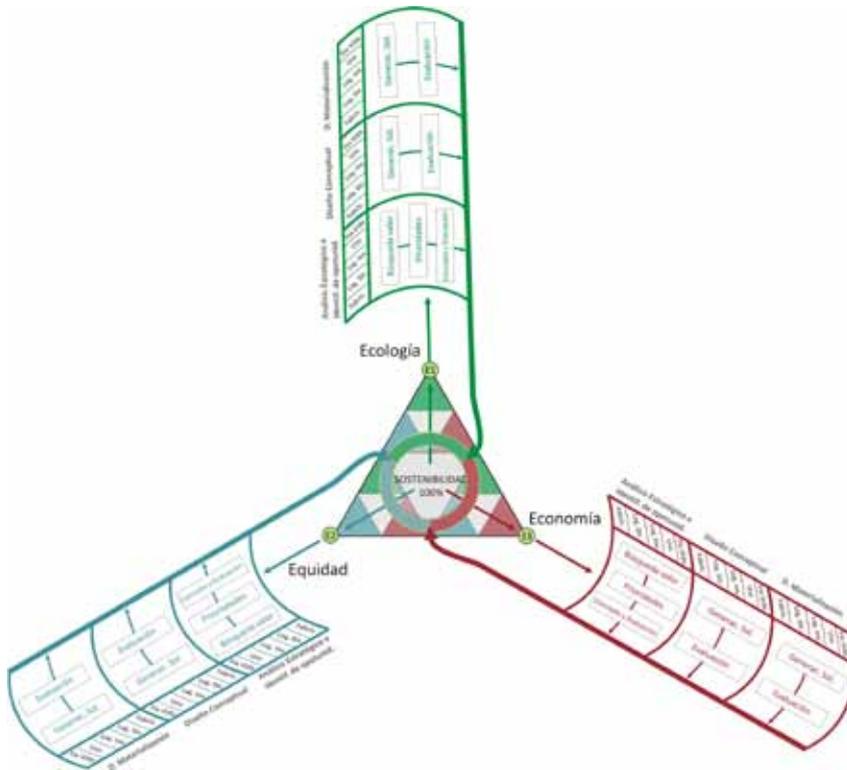


Figura 7. Estructura de la metodología. Gráfico elaboración propia.

La idea que se desarrolla en este protomodelo se basa en la investigación y búsqueda de mejoras del proyecto en cada una de las tres dimensiones integradas en un proceso global

Equidad). En él se puede observar como en cada uno de ellos existen tres etapas internas para el análisis concreto y la generación de mejoras y soluciones ligadas con las diferentes fases del proceso de diseño y desarrollo de proyectos. En este punto se contempla que el ACV tiene presencia durante todo el desarrollo de la metodología.

5. Las fases de Evaluación y Diseño en cada una de las sub-dimensiones del triángulo de sostenibilidad. Estas son: Análisis Estratégico e Identificación

de Oportunidades, Diseño Conceptual y Diseño de Materialización.

6. Las fases del ciclo de vida y los sistemas asociados al producto bajo el enfoque "C2C". Estas son Fabricación, Logística Directa, Uso, Logística Inversa y Fin de Vida Útil sobre la tecnosfera y naturaleza.
7. Las actividades a desarrollar por el equipo de dirección de proyectos son las de evaluación y diseño sostenible en cada una de las fases del ciclo de vida.

- Fase de análisis estratégico e identificación de oportunidades: Búsqueda de valor, Prioridades, concepto y evaluación.
- Diseño Conceptual: Generación de soluciones, evaluación.
- Diseño de materialización: Generación de soluciones, evaluación.

A la hora de comenzar con la dinámica de la metodología de evaluación de la sostenibilidad en la dirección de proyectos, se parte de la dimensión economía (está establecido el orden siguiente: Economía, Equidad, Ecología) y se procede a desarrollar en la primera fase, Análisis estratégico e Identificación de Oportunidades. El objetivo es llegar a unas posibles mejoras, tras esto, se lleva a cabo esta misma fase para la dimensión de Equidad y después para Ecología, dejando esta fase y este estado de análisis preparado con sus radares correspondientes (método de representación de los resultados). Tras ello, se inicia la siguiente fase, diseño conceptual, con la misma dinámica, es decir, pasar por las tres dimensiones ya descritas. Por último, la tercera fase, diseño de materialización que se fractaliza para las tres dimensiones.

El diseño y evaluación con dicho protomodelo será desarrollado online bajo la supervisión de un director de proyectos, el cual dirigirá al equipo de trabajo y tendrá acceso a todas las herramientas y funciones posibles de la aplicación. Así mismo el sistema permite fijar distintos roles para los demás componentes del equipo de proyectos, que tendrán un acceso restringido a la base de datos del proyecto dependiendo de su cargo y responsabilidad en el proceso de evaluación de la sostenibilidad. Así mismo se pretende el desarrollo de una herramienta intuitiva y simple que facilite la incorporación de los aspectos sostenibles a todo tipo de proyectos de ingeniería.

En la figura 8 se observa un ejemplo del diseño de la interfaz de la aplicación informática que soporta el protomodelo para la dirección de proyectos sostenibles, que se encuentra en fase de desarrollo.

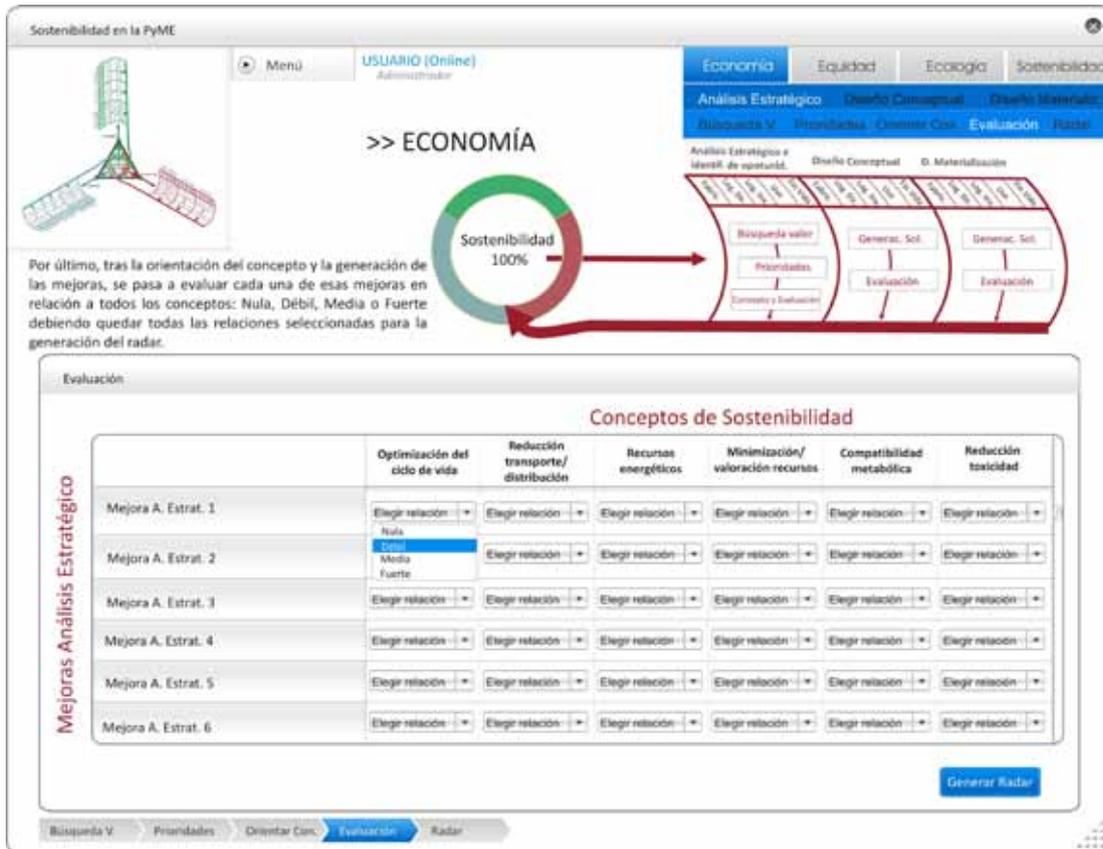
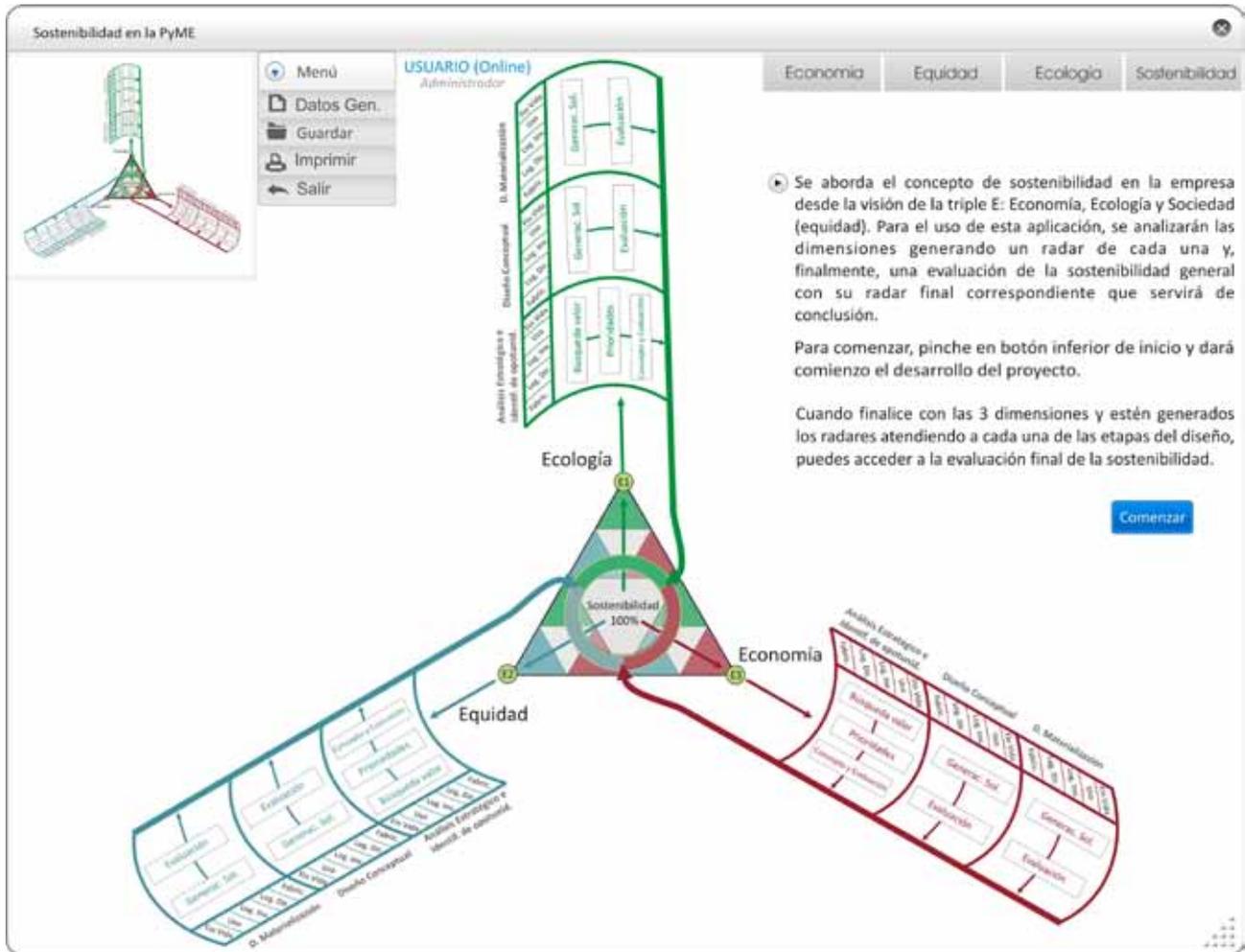


Figura 8. Interfaz. Gráfico elaboración propia.



La aplicación informática se encuentra en una primera fase de desarrollo, aún con falta de funcionalidad completa y está en proceso de aplicación y puesta en marcha por parte del IAT

CONCLUSIONES

- El desarrollo del protomodelo se encuentra entre la fase B (Implantación del software de la aplicación online) y la fase C (Validación del modelo) por lo que los resultados y discusión de estos se encuentran aún en fase teórica y de espera a la validación del software en vías de desarrollo. Se trata de un trabajo de colaboración con el IAT en el marco del proyecto INSOPRO que realizan en dicho organismo.
- Cabe resaltar el interés de la representación de la sostenibilidad para la metodología mediante la triple E, 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.
- Aporte de valor en la incorporación de la filosofía C2C [1] al protomodelo como forma de articular sus tres principios básicos: establecimientos de ciclos cerrados, uso de energías renovables, y el fomento de la diver-

sidad, 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.

La aplicación informática se encuentra en una primera fase de desarrollo, aún con falta de funcionalidad completa y está en proceso de aplicación y puesta en marcha por parte del IAT, 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.

Agradecer al Instituto Andaluz de Tecnología de Sevilla la financiación, desarrollo y puesta en marcha del proyecto de investigación en colaboración con el grupo de investigación Diseño Industrial e Ingeniería del Proyecto y la Innovación. 

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Aguayo, F., Peralta, E., Lama, J.R., Soltero, V.M., .2011. *Ecodiseño: Ingeniería sostenible de la cuna a la cuna*, RC Libros, Madrid.
- [2] Gallopin G. 2006. *Los indicadores de desarrollo sostenible: Aspectos conceptuales y metodológicos*. Ponencia realizada para el Seminario de expertos sobre Indicadores de Sostenibilidad en la formulación y seguimiento de políticas. Fodepal. Santiago de Chile.
- [3] González, A e Isaac C. 2004. *Enfoque para el diseño del Sistema de Gestión Integrada*.
- [4] Grenier, L. 1999. *Conocimiento indígena: Guía para el investigador*. Editorial Tecnológica de Costa Rica y Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo de Canadá, Costa Rica, Ottawa.
- [5] IAT. 2010. *Proyecto de investigación de sostenibilidad de productos y procesos industriales*. Subvencionado por la Junta de Andalucía. Sevilla.
- [6] Lozano, R. 2008. *Envisioning sustainability three-dimensionally*, *Journal of Cleaner Production* 16 (17), pp.1838-1846.
- [7] McDonough, W., Braungart, M. 2008. *Cradle to Cradle. De la Cuna a la Cuna. Rediseñando la forma de en que hacemos las cosas*. Ed. McGraw-Hill/ Interamericana, México.
- [8] Rocuts, A, Jiménez Herrero, L, Navarrete P. 2009. *Interpretaciones visuales de la sostenibilidad: Enfoques comparados y presentación de un Modelo Integral para la toma de decisiones*. Revista Internacional de Sostenibilidad, Tecnología y Humanismo nº4. Barcelona.
- [9] Rocuts, A. 2009. *Afrontar los Asuntos Globales: Fundamentación teórica y propuesta metodológica para la creación de Alianzas Estratégicas entre Organizaciones de la Sociedad Civil*. Tesis Doctoral.
- [10] Schnotz, W. 2002. *Towards an Integrated View of Learning from Text and Visual Displays*, *Educational Psychology Review* 14, pp. 101-120.
- [11] Spangenberg, J.H. 2001. *Environmental space and the Prism of Sustainability: frameworks for indicators measuring sustainable development*. SERI Sustainable Europe Research Institute Cologne.

