

MODELO DE SOSTENIBILIDAD GLOBAL PARA EL DISEÑO Y DESARROLLO DE PRODUCTOS EN LA CADENA DEL VALOR

Francisco Aguayo González, Ana de las Heras García de Vinuesa, Juan Ramón Lama Ruíz

Departamento de Ingeniería del Diseño.
Escuela Politécnica Superior. Universidad de Sevilla.
C/Virgen de África, nº7. 41011, Sevilla. España
+34 95 455 28 27 / faguayo@us.es, anahgv@gmail.com

Juan María Campos Gómez, Rafael Serrano Bello, Luis Carlos González Valencia

Instituto Andaluz de Tecnología. Sevilla.
Centro de Innovación y Tecnología.
C/ Leonardo Da Vinci, 2,41092 Sevilla. España
+34 95 446 80 10/ jmcampos@iat.es

Abstract

In the way of research and bibliographical analysis of the State of the art of the models and methods of sustainability in the design and development of products as well as techniques and tools that provide an assessment of sustainability in the field of economics, ecology and equity, proposes a new model that it encompasses, in the overview of the value chain with different levels of analysis (macro, meso and micro), the three areas of sustainability. Using this approach proposed, the objectives of design and development of sustainable products are expandable through the chain of value in bi-directional connection and in the levels macro (engineering), meso (micro-engineering) and micro (nano-engineering) of link that is developed engineering under the double triple bottom line approach and cradle to cradle.

Keywords: *sustainability; design; chain of value; C2C; triple-bottom line; engineering*

Resumen

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, así como de las técnicas y herramientas que aportan una evaluación de la sostenibilidad en el ámbito de la economía, ecología o equidad, se propone un nuevo modelo que integra, desde la perspectiva de la cadena del valor con diferentes niveles de análisis (macro, meso y micro), los tres ámbitos de la sostenibilidad. 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.

Palabras clave: *sostenibilidad; diseño; cadena valor; C2C; triple-bottom line; ingeniería*

1. Sostenibilidad: Concepto y formas de representación

El término sostenibilidad es un concepto producto de 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 esto 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 ambiente, es decir, un desarrollo sostenible.

De aquí surge la definición como actualmente es conocido el concepto de sostenibilidad que data del 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.

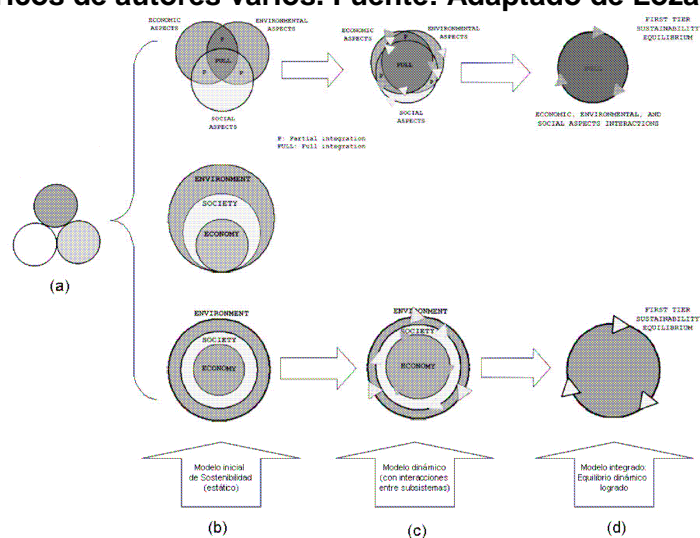
“La sostenibilidad o desarrollo sostenible es aquel que satisface las necesidades del presente sin comprometer las necesidades de las futuras generaciones”

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 las nuevas dos dimensiones, economía y equidad (social) que crearán la triada más significativa y sobre la que se formulan nuevos conceptos conocida como la triple E. Como todo concepto que engloba a otros, se requiere una importancia a la representación de éste contando con diversas interpretaciones visuales que ayuden a su representación.

A continuación, teniendo en cuenta la importancia de la representación visual como medio para avanzar en el desarrollo de conceptos (Schnotz, W. 2002) 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.

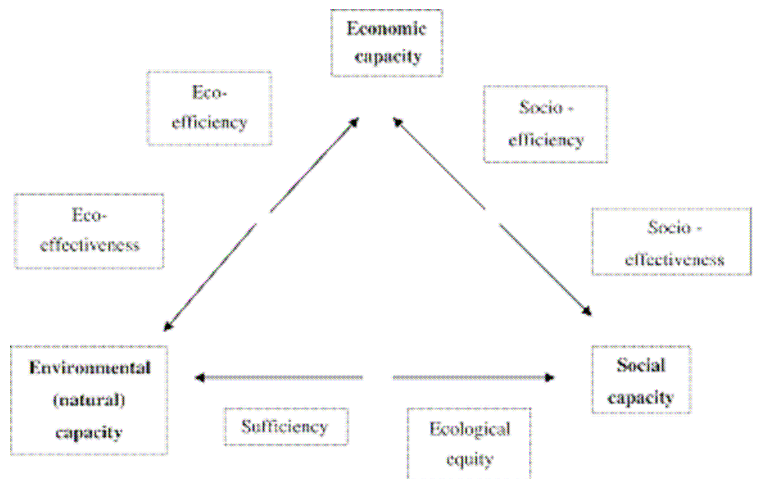
Como primera representación se tiene la siguiente figura contiene las interpretaciones visuales más comunes de las tres dimensiones básicas de la Sostenibilidad, planteadas como diagramas de Venn y, círculos concéntricos y no-concéntricos (Lozano, R. 2008). Es importante resaltar que se parte de un sistema base (apartado a de la figura), creando diferentes gráficos.

Figura 1. Representación como diagramas de Venn y círculos concéntricos y no-concéntricos de autores varios. Fuente: Adaptado de Lozano (2008).



Existen también otras propuestas como la del 'Triángulo 3D de la Sostenibilidad' de Dyllick & Hockers (Lozano, R. 2008), 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.

Figura 2: Triángulo 3D de la sostenibilidad de Dyllick & Hockers. Fuente: Mauerhofer (2008)

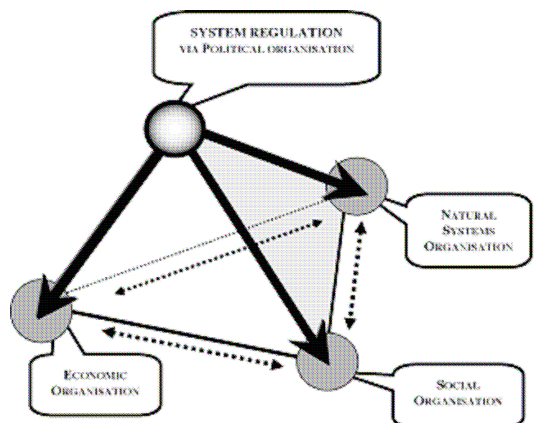


Hasta ahora, se han desarrollado diferentes formas de representación basadas en las tres dimensiones pero es la inclusión de una cuarta dimensión, la político-institucional, sobre todo si se focaliza en hacer operativa la sostenibilidad, pues esta dimensión “contiene las estructuras y procesos que permiten a una sociedad regular sus acciones en pos de sus objetivos” (Gallopín G. 2006).

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, 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 (Rocuts, A, Jiménez Herrero, L, Navarrete P. 2009).

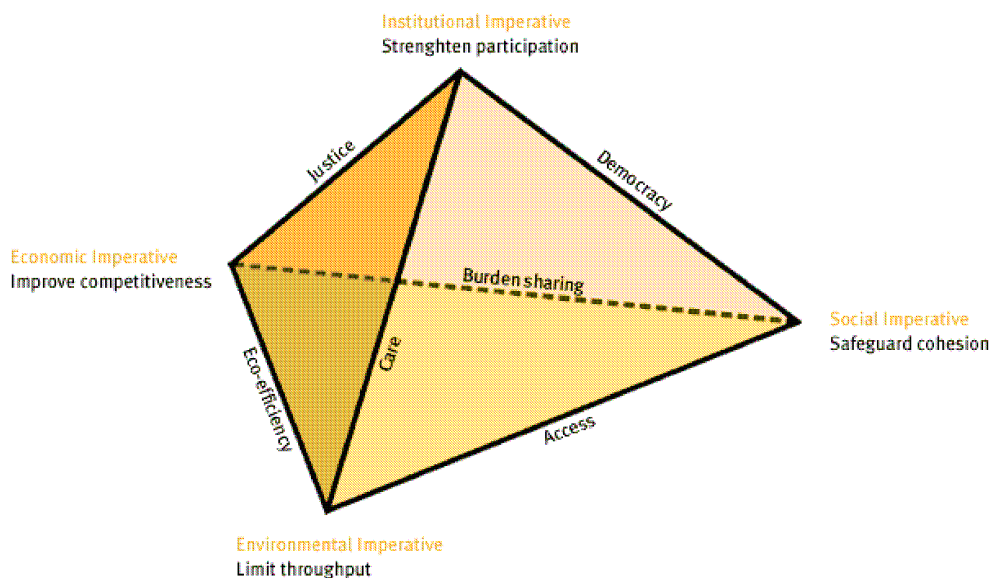
En esta línea aparece la siguiente representación que se centra en la existencia de cuatro esferas formando una pirámide donde la cuarta dimensión se encuentra situado en el pico superior, integrando las tres dimensiones básicas de la sostenibilidad y velando por el cumplimiento y regulación de la normativa. De esta forma, se busca garantizar una sostenibilidad integral, superando las acciones unilaterales y sectoriales que promueven una sostenibilidad parcial.

Figura 3: Gobernanza orientada a la Sostenibilidad: las ‘Cuatro Esferas’. Fuente: O’Connor (2006).



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 que usa un modelo que se basa en el Prisma de la Sostenibilidad, con sus cuatro pilares, en el cual, la dimensión institucional corresponde a los mecanismos y orientaciones, no sólo hace referencia a las organizaciones. Esta propuesta también define los imperativos que derivan de la Comisión Bruntland, además que permite el trabajo por indicadores clave de cada dimensión con sus respectivas interdependencias (Spangenberg, J.H. 2001).

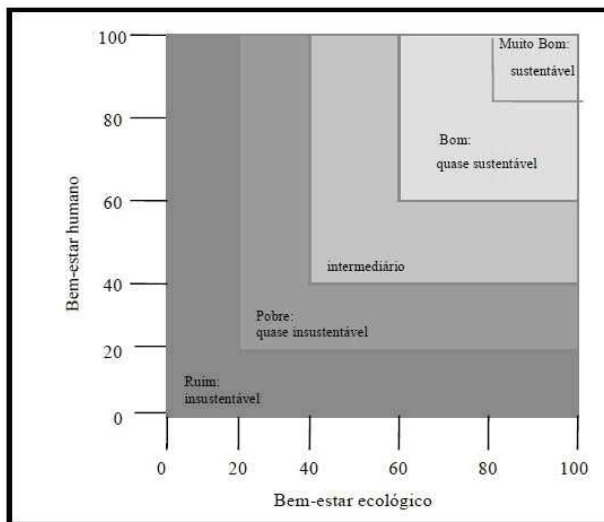
Figura 4: Prisma de a la Sostenibilidad. Fuente: Spangenberg, J. SERI



Tras estas dos propuestas que basan su desarrollo en la inclusión de la cuarta dimensión, aparece otro tipo de representación de la sostenibilidad basada en la evaluación de ésta. Es una propuesta de Robert Prescott-Allen, llamada ‘Barómetro de la Sostenibilidad’ (figura 5) basada en el uso de indicadores e índices y está orientada a la “medición del bienestar de la sociedad y su progreso hacia la Sostenibilidad” (Grenier, L. 1999).

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

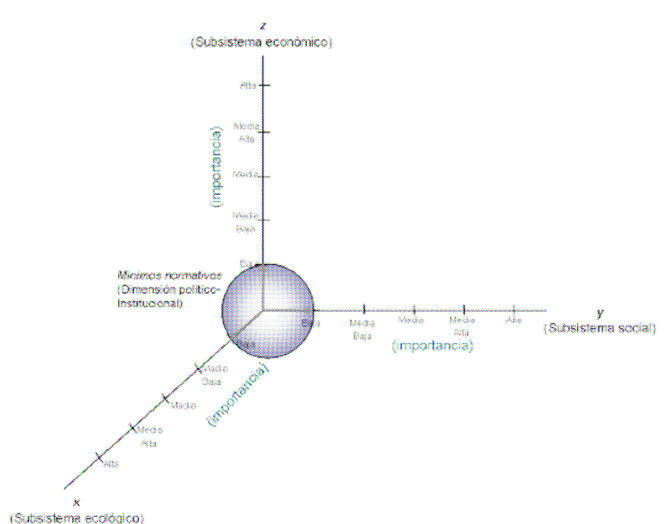
Figura 5: Barómetro de la sostenibilidad de Prescott-Allen. Fuente: Kronemberger (2008)



Por otro lado, Rocuts (Rocuts, A. 2009) por su parte, 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).

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 siguiente figura.

Figura 6: Propuesta vectorial de la Sostenibilidad



2. La sostenibilidad bajo la triple bottom-up como base metodológica

En el desarrollo de la metodología de diseño sostenible propuesta dentro del proyecto INSOPRO, 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 del proceso de evaluación y diseño de producto para sostenibilidad.

Para el desarrollo de la metodología se ve 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, que han sido contemplados en el diseño y desarrollo de la aplicación informática para su implementación.

2.1 Conceptos de partida para el desarrollo de la aplicación:

- 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.

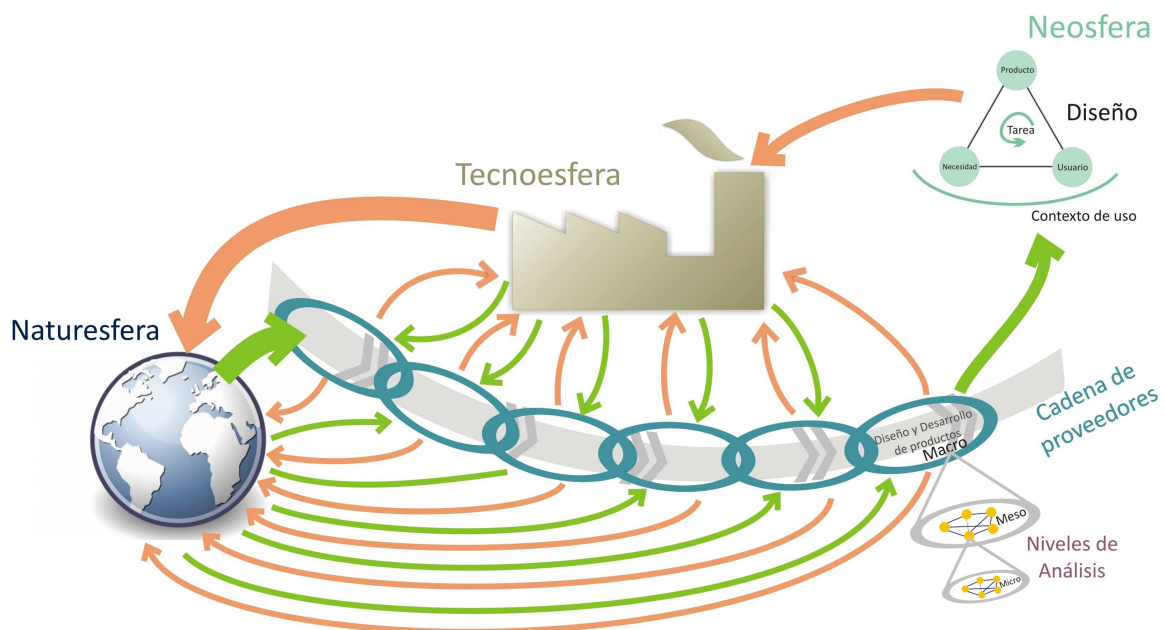
Figura 7.- Representación fractal de la sostenibilidad



- 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. Integración con 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. 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 orientado a la sensibilización y construcción de un pensamiento orientado a la sostenibilidad en la empresa, en los niveles operacionales, tácticos y estratégicos.
- Construcción de una visión compartida de la sostenibilidad. El modelo y la herramienta desarrollada constituye un instrumento para la creación de una visión compartida basada en la sostenibilidad, que pueda articularse en la empresa 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 en un proyecto. Ello hace que la herramienta 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.

Figura 8. Eslabones de la cadena de proveedores. Gráfico elaboración propia



3. Metodología MEDE³SEA

El presente trabajo se incardina dentro del proyecto INSOPRO de la Junta de Andalucía a través del Instituto Andaluz de Tecnología concentrándose en uno de los tres puntos que tiene como objetivo desarrollar: El diseño y desarrollo de productos.

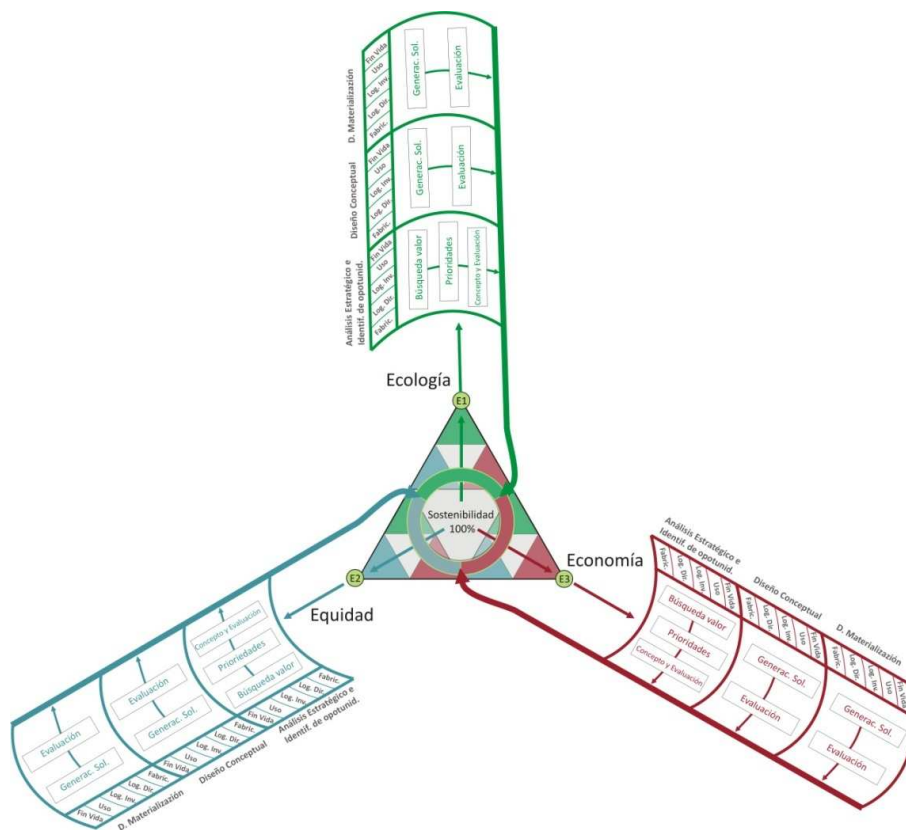
Las fases en las que se dividen proyecto son:

- a) Desarrollo de la metodología de evaluación de la sostenibilidad
- b) Implantación del software de la aplicación online
- c) Validación de la metodología.

La metodología, como se apunta, está soportada en forma de aplicación informática, a partir de ahora MEDE³SEA, para la evaluación y diseño de la sostenibilidad y está destinada a todo el tejido empresarial andaluz y sus necesidades de diseño y desarrollo de productos.

Se parte del análisis fractalizado de cada dimensión, 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 de la situación actual de la empresa 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.

Figura 9. Estructura de la metodología. Gráfico elaboración propia



El gráfico muestra los elementos estructuradores de la metodología. Teniendo los siguientes conceptos asociados:

1. El concepto central el triángulo de la sostenibilidad con sus tres ejes (dimensiones): Economía, Ecología y Equidad, se puede observar que 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 (análisis del ciclo de vida) tiene presencia durante todo el desarrollo de la metodología.
2. Las fases de Evaluación y Diseño en cada una de las subdimensiones del triángulo de sostenibilidad. Estas son Análisis Estratégico e Identificación de Oportunidades, Diseño Conceptual, Diseño de Materialización.
3. Las fases del ciclo de vida y los sistemas asociados al producto bajo el enfoque "cradle to cradle". Estas son Fabricación, Logística Directa, Uso, Logística Inversa y Fin de Vida Útil sobre la tecnoesfera o naturalesfera.
4. Actividades a desarrollar por el equipo de evaluación y diseño sostenible en cada una de las fases del ciclo de vida. Estas son:
 - 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, se parte de la dimensión economía (está establecido el orden siguiente: Economía, Equidad, Ecología) y se lleva a cabo la primera fase, Análisis estratégico e identificación de oportunidades, y se llegan a unas posibles mejoras, tras esto, se lleva a cabo esta misma fase para Equidad y después para Ecología, dejando esta fase y este estado de análisis listo con sus radares correspondientes (método de representación de los resultados). Tras ello, se lleva a cabo la segunda fase, diseño conceptual, con la misma dinámica, es decir, pasar por las tres dimensiones, y por último, la tercera fase, diseño de materialización.

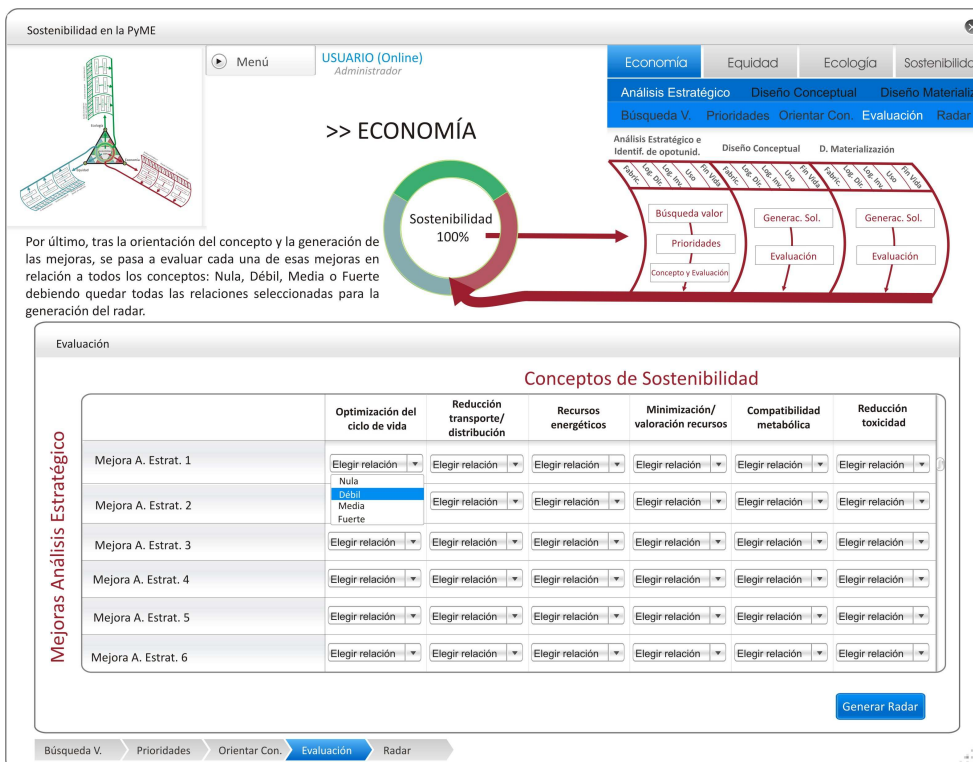
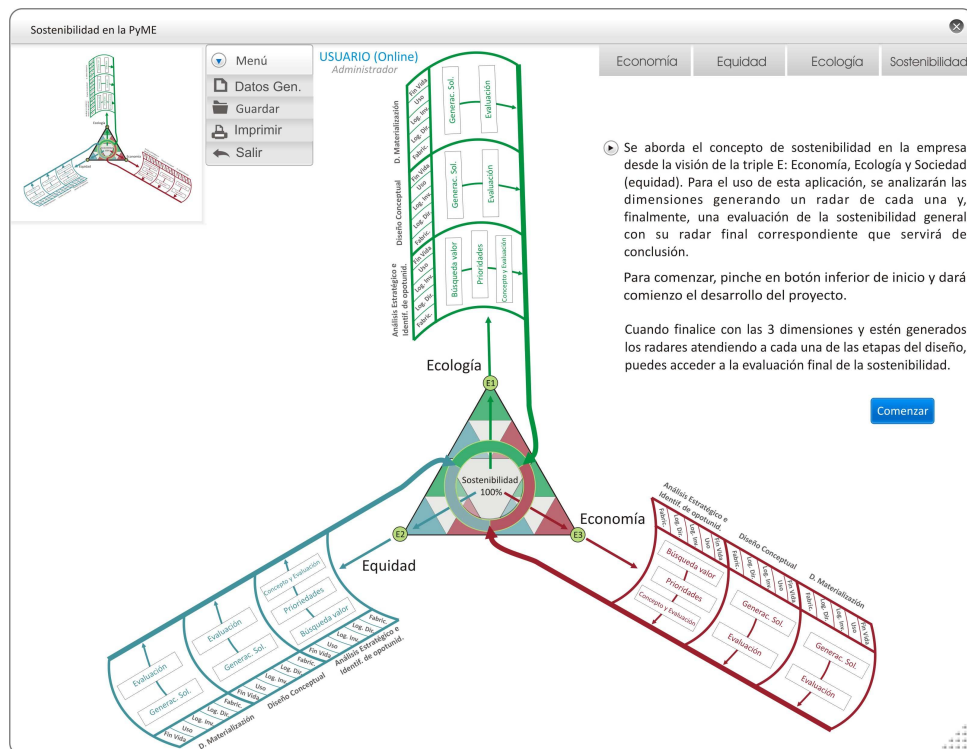
MEDE³SEA, en cuanto metodología y aplicación informática asociada a la misma, ha sido concebida para posibilitar el trabajo en equipo, de modo que se evalúen los aspectos de la empresa en cuanto a la sostenibilidad, creando una visión compartida de la situación y de las propuestas de mejoras o soluciones para cada uno de los dominios. Una vez culminada esta fase se pasaría a las fases de diseño conceptual y de materialización. MEDE³SEA constituye una herramienta para la simulación, diseño y modelado de productos industriales.

El diseño y evaluación con MEDE³SEA será desarrollado online bajo de un administrador de proyectos, el cual dirigirá al equipo de trabajo y que, tendrán acceso a todas las

herramientas y funciones posibles de la aplicación. Así mismo el sistema permite fijar distintos roles para los demás componentes de equipo de trabajo que tendrán un acceso restringido a la base de datos, dependiendo de su cargo y responsabilidad en el proceso de evaluación de la sostenibilidad.

Se observa aquí un ejemplo del diseño de la interfaz para la aplicación informática que, se encuentra en fase de desarrollo.

Figura 10. Interfaz. Gráfico elaboración propia



4. Conclusiones

- El proyecto se encuentra, en el momento de elaboración del presente paper, 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 teórica y de espera a la validación del software en vías de desarrollo.
- 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.
- 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 MEDE3SEA como forma de articular sus tres principios básicos: 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.

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. Agradecimiento

Por último, agradecer al Instituto Andaluz de Tecnología de Sevilla por 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.

6. Referencias bibliográficas

Aguayo, F., Peralta, E., Lama, J.R., Soltero, V.M., (2011) *Ecodiseño: Ingeniería sostenible de la cuna a la cuna*, RC Libros, Madrid.

- Gallopín 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.
- González, A e Isaac C. (2004). *Enfoque para el diseño del Sistema de Gestión Integrada*.
- 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.
- IAT (2010) *Proyecto de investigación de sostenibilidad de productos y procesos industriales*. Subvencionado por la Junta de Andalucía. Sevilla.
- Lozano, R. (2008). *Envisioning sustainability three-dimensionally*, *Journal of Cleaner Production* 16 (17), pp.1838-1846.
- 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.
- 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.
- 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.
- Schnotz, W. (2002) *Towards an Integrated View of Learning from Text and Visual Displays*, *Educational Psychology Review* 14, pp. 101-120.
- Spangenberg, J.H. (2001). *Environmental space and the Prism of Sustainability: frameworks for indicators measuring sustainable development*. SERI Sustainable Europe Research Institute Cologne.