

TECNOLOGÍA: RESULTADOS DE INVESTIGACIÓN

Evaluación heurística para el diseño de ciclos de vida de productos sostenibles

Heuristic evaluation for sustainable product life cycle design

Edición Nº 24 – Noviembre de 2015

Artículo Recibido: Septiembre 28 de 2015

Aprobado: Octubre 16 de 2015

AUTOR

Manuel Trujillo Suárez
Diseñador Industrial D.I., y Máster en Artes Industriales M.A.I.A.
Profesor Adjunto Fundación Universitaria Autónoma de Colombia FUAC – Diseño Industrial,
Facultad de Ingeniería - Grupo INGESTA. Profesor Asociado Universidad Nacional de Colombia -
Diseño Industrial, Facultad de Artes- Grupo ILLATIO.
Bogotá, Colombia.
Correo electrónico: manuel.trujillo@icloud.com

Resumen

Los mercados actuales están inundados de productos orientados a generar beneficios económicos, incentivando el consumo y generando desechos, por lo cual las empresas deben desarrollar productos basados en Ciclos de Vida de Producto CVP sostenibles, para satisfacer a los consumidores, generando beneficios económicos, pero reduciendo la huella medioambiental y la desigualdad social. Sin embargo, los métodos para el desarrollo de productos sostenibles no han sido claramente descritos. Entonces, este documento propone una heurística de 15 directrices a través de todo el CVP; basada en las “10 reglas de oro” del Eco-Diseño y complementada con 5 directrices de los lineamientos de *Crecimiento Económico y Equidad Social*, para ser desplegada en Pymes. Aunque esta heurística no ha sido validada de manera sistemática, ha habido casos positivos de despliegue por estudiantes de diseño industrial en Pymes colombianas. Se evidencia, primero, que las 15 directrices pueden ser desplegadas en Pymes, ya que no siempre tienen los recursos para certificarse en complejos estándares

internacionales. Segundo, por ser unas directrices generales, permiten ser personalizadas según el contexto productivo. Tercero, para que los desarrollos sostenibles sean más generalizados, debe haber cambios hacia una responsabilidad en la legislación productiva, las capacidades de las Pymes y en la demanda de productos sostenibles.

Palabras claves: Sostenibilidad, Ciclos de Vida de Producto, Desarrollo de Productos,

Abstract

Due to production trends that flood markets aimed at generating economic benefits, stimulating consumption and generating waste, companies are challenged to design sustainable Product Lifecycle PLC, to satisfy consumers, creating economic benefits while reducing environmental footprint and social inequality. However, the methods for sustainable products development, have not been clearly established; hence, this paper proposes a heuristic of 15 guidelines and checklists throughout the PLC; based on the Eco-Design "10 golden rules" and complemented by 5 guidelines for *Economic Growth* and *Social Equity*, to be deployed in SMEs. Although this heuristic has not been systematically validated, there have been positive cases of deployment by industrial design students, in Colombian SMEs. Overall, it evidenced first, that the 15 guidelines might be suitable for deployment in SMEs, since they not always have the resources to become certified in complex international standards. Second, being general guidelines, they can be customized according to the productive context. Third, for a more widespread development of sustainable products, there must be profound changes in productive responsibility legislation, the SMEs capabilities and the demand for sustainable products.

Key Words: Sustainability, Product Lifecycle, Product Development.

1 Introducción

Las organizaciones manufactureras orientan generalmente sus esfuerzos al crecimiento económico, a través del desarrollo de negocios dirigidos a diversos sectores de mercado, centrandose sus esfuerzos desde una perspectiva de eficiencia económica (Freeman, 1984; Niemann et al., 2009), pero olvidando la responsabilidad ecológica y social, en beneficio

de productos baratos que inundan el mercado, creando una cultura de consumo y desechos descontrolados (Brown, 2009).

Así, la sostenibilidad se da entre el crecimiento económico, la ecología industrial y la equidad social como pilares para el desarrollo de productos a través de todo el CVP; las empresas deben generar beneficios de capital responsablemente, que permitan sacar al mercado productos con precios competitivos, satisfaciendo las necesidades y reduciendo el impacto ambiental, a su vez hay que tener en cuenta los asuntos políticos, culturales y éticos que generen riquezas sociales al interior y exterior de la organización (Elkington, 1997; McDounogh & Braungart, 2005; Crul & Diehl, 2006).

Ahora bien, los estándares como la ISO 14001 o la Eco-Management and Audit Scheme EMAS, han propuesto buenas prácticas para los criterios de la sostenibilidad, sin embargo, estos modelos son altamente fragmentados, abordando de manera separada la carga ambiental, la gestión de la cadena de suministros, la implementación tecnológica (Hansen et al, 2009) y la responsabilidad social con la ISO 26000. Así mismo por su complejidad, son muy difíciles y costosas de aplicar, especialmente en Pymes; de hecho, los retornos en este tipo de empresas por certificarse, son muy bajos frente a la alta inversión inicial; no obstante lo anterior, las Pymes deben mirar estos modelos como guía, para implementar sus propios sistemas de gestión medioambiental (Chavan, 2005) y de responsabilidad social y económica.

Por lo cual en este documento se propone una heurística con 15 directrices con listas de chequeo para el diseño de productos a través de todo el CVP, debido a su reconocida aceptación en contextos manufactureros (Knight & Jenkins, 2009). Así, se estructura esta herramienta desde las “10 reglas de oro” de la *Ecología Industrial* (Luttropp & Lagerstedt, 2006; CoC DfE, 2004) y se complementan con cinco directrices de los criterios de *Crecimiento Económico y Equidad Social*, (Elkington, 1997; McDounogh & Braungart, 2005; Crul & Diehl, 2006).

Ahora bien, esta herramienta no ha sido validada de una manera sistematizada, sin embargo ha sido desplegada por alumnos en contextos académicos para impulsar el diseño y desarrollo de productos sostenibles en Pymes colombianas.

Se evidencia, primero, que las 15 directrices pueden ser una valiosa herramienta para desarrollos sostenibles en Pymes, que no siempre tienen los recursos para certificarse en normativas internacionales. Segundo, por ser generales se pueden personalizar al contexto productivo. Tercero, para que se generalicen este tipo de desarrollos, debe haber cambios a nivel gubernamental, en la legislación y normas de producción, las empresas y sectores industriales deben incluir la ecología y la equidad social para crecer responsablemente y los consumidores deben exigir productos sostenibles.

2 Componentes teóricos

2.1 La Sostenibilidad

Debido a la producción y consumo descontrolado, la perspectiva de la sostenibilidad se ha orientado a ampliar los criterios de la productividad empresarial, de solo generar beneficios económicos, a incluir la ecología industrial y la equidad social para armonizar esta visión tradicional, entonces las empresas tienen el reto de diseñar productos y servicios basados en el diseño de Ciclos de Vida de Producto CVP cerrados, para satisfacer las necesidades de los consumidores, aumentando los beneficios económicos, pero reduciendo el impacto medioambiental y la desigualdad social (Elkington, 1997; McDounogh & Braungart, 2005; Crul & Diehl, 2006). A pesar de esta percibida importancia de la sostenibilidad, en la literatura no se encuentran métodos comprensibles que permitan especialmente a las Pymes diseñar productos sostenibles.

2.1.1 Crecimiento Económico:

El capital como factor productivo en los términos de la teoría tradicional económica, tiene dos características; primero, como capital físico, entendido como todos los recursos físicos que posea las empresas en forma de maquinaria y finca raíz; segundo, el capital financiero, que está relacionado a los recursos económicos en dinero, que permiten a las organizaciones comprar lo que necesitan, para hacer los productos o para prestar los servicios en un sector dado de la economía (Elkington, 1997). Así, las empresas productivas tienen el compromiso de aumentar beneficios económicos y las riquezas de los accionistas; sin embargo, hoy en día no puede ser a expensas de los capitales naturales y humanos (McDounogh & Braungart, 2005; Elkington, 1997).

2.1.2 Ecología Industrial:

Los productos materiales y sus procesos industriales de manufactura, tienen un impacto sobre el medio ambiente, ya sea a través del uso de los recursos naturales, la liberación de sustancias y el intercambio de gases con el medioambiente, a esto hay que sumarle una sociedad de consumo descontrolada y saturada de productos con cortos ciclos de vida, relegados a ser basura con una rapidez abrumadora, afectando la salud humana y nuestro ecosistema (McDounogh & Braungart, 2005; Brown, 2009). Así, la ecología como uno de los pilares fundamentales de la sostenibilidad presiona a las empresas a desarrollar productos que reduzcan progresivamente el impacto y el uso de recursos, compatibles con la estabilidad del medio ambiente, desarrollando estrategias eficientes y justas que puedan generar una aceptación pública e incentivando un crecimiento económico responsable (Socolow et al. 1997; Elkington, 1997; McDounogh & Braungart, 2005). Entonces es muy importante la noción de ciclo de producto cerrado, donde los materiales bio-compatibles o aquellos de fabricación humana fluyen cíclicamente y de manera prolongada, desde el origen o extracción de insumos hasta el final e inicio del nuevo ciclo de producto (Leonard, 2010), esto permite planear estratégicamente los *metabolismos técnicos*, que regresan al aparato productivo en forma de reciclaje de insumos y de reuso de sustancias, piezas o empaques; y los *metabolismos biológicos*, orientados a la absorción de residuos bio-compatibles por el ecosistema natural (McDonough, & Braungart, 2005; Elkington, 1997; Leonard, 2010).

2.1.3 Equidad Social:

Los problemas medio ambientales discutidos anteriormente han tenido más reconocimiento y respaldo que los asuntos sociales, no obstante la larga historia frente la equidad social y los temas controversiales como la esclavitud, trabajo infantil y las condiciones laborales. Así, para que se de un desarrollo sostenible industrial, es indispensable tener en cuenta perspectivas amplias, frente a asuntos políticos, sociales y éticos (Elkington, 1997). De esta manera se debe considerar el capital humano en términos de la creación de bienes sociales, como la salud de los empleados, el fortalecimiento de las habilidades personales y sociales, el derecho a la educación y la

capacitación, todo ello con el propósito de generar salud social y oportunidades amplias de creación de bienestar para los empleados (Elkington, 1997; Crul & Diehl, 2006).

3 Metodología

Ahora bien, para definir un método para el desarrollo de productos sostenibles, se partió desde la responsabilidad del diseño con el medio ambiente, porque a pesar de que esta práctica solo consume el 15% del costo de manufactura, es responsable de definir los procesos y especificar los productos para la producción, debiendo tener en cuenta todo el Ciclo de Vida de Producto CVP (Knight & Jenkins, 2009).

De esta forma, se plantea una herramienta con una visión sostenible, para la auditoría de todo el CVP, desde la extracción de la materia prima hasta el final del ciclo de vida, apropiada para el desarrollo de productos; así mismo, el instrumento se estructuró a través de la combinación de directrices y las listas de selección, ya que son las prácticas que tienen más aceptación en contextos productivos (Knight & Jenkins, 2009).

Por lo anterior, se define una heurística de 15 directrices, con una visión sostenible de ecología industrial, equidad social y crecimiento económico. Compuesta primero, por la adaptación de las “10 reglas de oro” del Eco-Diseño (Luttropp & Lagerstedt, 2006; CoC DfE, 2004) que son unas directrices para especificar y satisfacer demandas medioambientales a través del CVP; Segundo, se complementa esta heurística con 5 directrices de las categorías de *Crecimiento Económico* y *Equidad Social* (Elkington, 1997; McDounogh & Braungart, 2005; Crul & Diehl, 2006).

4 Resultados

4.1 Ciclo de Vida de Producto CVP con una visión sostenible

Las empresas tradicionalmente desarrollan productos para consumidores individuales o para sectores amplios de mercado, centrándose en los beneficios económicos. Este tipo de negocio es de carácter lineal y de bajo espectro, los dueños de la empresa compran a los proveedores los insumos y materiales, sin importar su procedencia o métodos de extracción; después a través de los empleados, mano de obra y el aparato productivo, se convierten en productos, ignorando el impacto en el medioambiente; por último los vende

a los consumidores, sin conciencia del final de la vida útil de producto. Ver figura 1. (Freeman, 1984; Leonard, 2010).

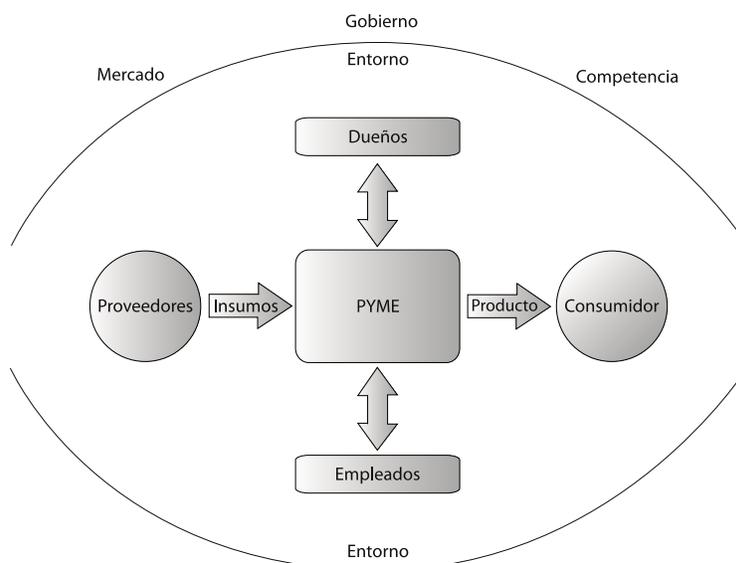


Figura 1. Pymes de ciclos lineales. Figura de elaboración propia, basada en Freeman (1994), McDonough, & Braungart (2005), Elkington (1997), Niemann et al. (2009).

Inicialmente los esfuerzos a estos problemas de la sostenibilidad en torno a los impactos negativos en el medio ambiente, se centraron en tecnologías orientadas a mejoras productivas; como la búsqueda de tecnologías y procesos más limpios dentro del concepto de la eco-eficiencia; posteriormente se empezó a determinar el impacto de los productos en el medio ambiente, tomando conceptos asociados a los análisis de todo el Ciclo de Vida de Producto CVP, el Eco-Diseño y el Diseño para el Medio Ambiente *DfE* por sus siglas en inglés (Crul & Diehl, 2006).

Ahora, los Ciclos de Vida de Producto con una visión sostenible buscan transformar los sistemas lineales, por ciclos de producción cerrados, basados en la responsabilidad extendida del productor, la ecología industrial, la eliminación de los desechos del sistema, la necesidad de proteger las comunidades locales y brindar oportunidades a los trabajadores (Leonard, 2010). Además se debe pasar de solo sacar productos al mercado, a diseñar productos / servicios que además de aumentar la fidelidad con el consumidor, puedan ser una fuente de ganancias, a través de desarrollos en torno al diseño / ingeniería y a la creación de servicios postventa, planeando los eslabones del

inicio y el final del CVP, para definir el ensamble, desensamble, reciclaje, reuso y disposición (Niemann et al., 2009; Aguilar & Trujillo, 2012). Ver Figura 2.

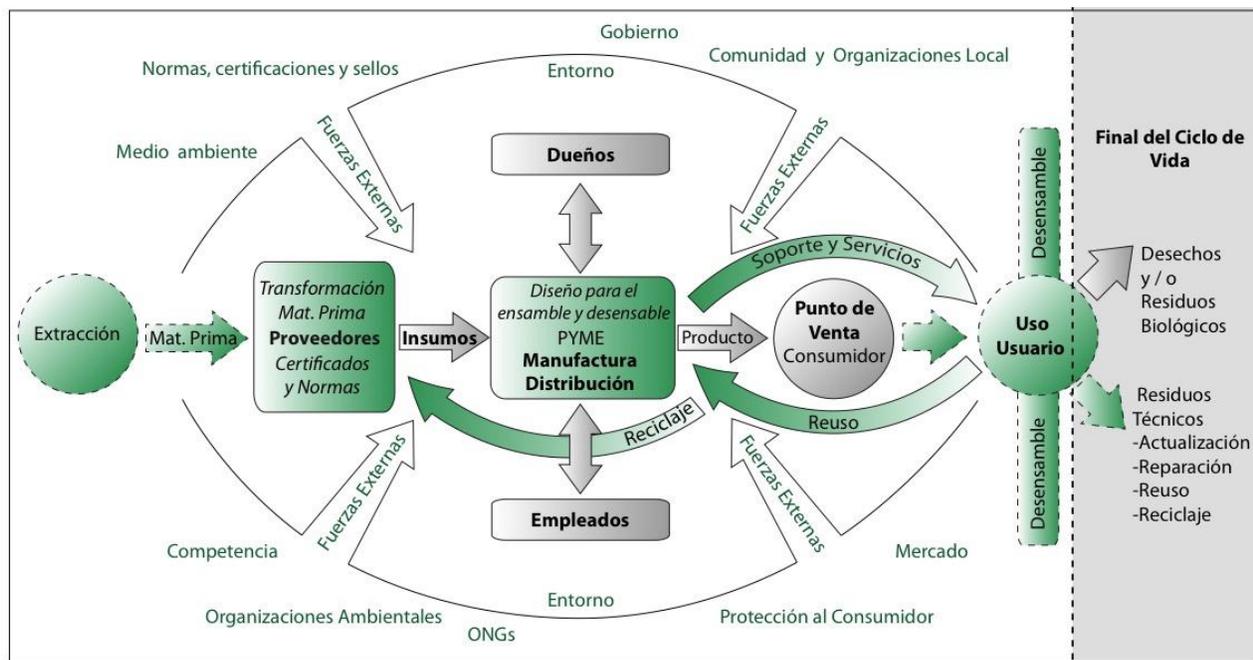


Figura 2. Ciclo de Vida de Producto con una visión sostenible. Figura de elaboración propia, basada en Freeman (1994), McDonough, & Braungart (2005), Elkington (1997), Niemann et al. (2009).

4.3 Heurística para evaluar y diseñar el CVP en pequeñas empresas.

La Heurística de 15 directrices permite impulsar el diseño de todo el Ciclo de Vida de Producto CVP desde los pilares de la sostenibilidad. Por ser un compilado general de directrices, puede ser adaptado, ampliado o simplificado según las necesidades del diseñador / desarrollador / empresa y dependiendo de los productos a desarrollar.

Tabla 1. Herramienta para diseño del Ciclo de Vida de Producto CVP sostenible.

CVP / Heurística-Directrices	Listas de Selección / Anote observaciones
Diseño del Sistema. <i>Sostenible</i> 1. Diseñe todo el CVP desde las consideraciones de	<input type="checkbox"/> Máxima funcionalidad con el mínimo impacto ambiental. <input type="checkbox"/> Simplicidad y reducción de materiales. <input type="checkbox"/> No se determinó que producto se va a hacer, si no

<p>equidad social, ecología y crecimiento económico responsable. Ver Fig. 2.</p>	<p>que funcionalidad va proveer.</p>
<p>Proveedores. <i>Normativas</i></p> <p>2. Incentivar el uso de proveedores que sigan normas y certificaciones de calidad, ambientales y de equidad social.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Cumplen normas de gestión ambiental. (Ej. Norma ISO 14001). <input type="checkbox"/> Cumplen normas de gestión de la calidad (Ej. Norma ISO 9001). <input type="checkbox"/> Cumplen normas de gestión de la equidad (Ej. Norma ISO 26000). <input type="checkbox"/> Se busca en el mercado de proveedores por materiales sustitutos eco-eficientes, para reemplazar aquellos que no dan garantía.
<p>Insumos y materiales. <i>Peligros</i></p> <p>3. No utilice sustancias tóxicas y en caso que sea necesario utilice ciclos cerrados para su manejo.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> No se utilizó sustancias prohibidas y/o restringidas según entidades reguladoras (Gobierno). <input type="checkbox"/> Se trató de encontrar soluciones utilizando materiales no tóxicos sin afectar la funcionalidad, el costo del producto y los materiales. <input type="checkbox"/> Si sustancias peligrosas son usadas, se consideró ciclos cerrados que permitan ser recicladas.
<p><i>Peso</i></p> <p>4. Utilice características estructurales y materiales de alta calidad para minimizar el peso en los productos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Se encontró soluciones óptimas pero ligeras. <input type="checkbox"/> Se minimiza la cantidad de materiales. <input type="checkbox"/> Se utilizó materiales ligeros sin comprometer funcionalidades.
<p>Empleados <i>Equidad Social</i></p> <p>5. Incentivar el progreso del</p>	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Hay igualdad de salarios entre hombres y mujeres. <input type="checkbox"/> Los empleados tienen salarios para vivir

<p>capital humano para evitar que los trabajadores y el conocimiento se fugue.</p>	<p>dignamente.</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Los empleados están expuestos a sustancias tóxicas. <input type="checkbox"/> Se utiliza fuerza laboral menor de edad. <input type="checkbox"/> Hay estabilidad de la planta laboral. <input type="checkbox"/> Están capacitados los trabajadores.
<p>Dueños</p> <p><i>Crecimiento económico responsable</i></p> <p>6. Incentivar el crecimiento económico responsable que genere ventajas sostenidas a través del tiempo.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Los productos o servicios dan beneficios. <input type="checkbox"/> Las márgenes de utilidad son sostenibles. <input type="checkbox"/> La tasa de innovación es competitiva a largo plazo.
<p>Manufactura y distribución.</p> <p><i>Limpieza</i></p> <p>7. Reducir al mínimo el consumo de recursos y energía en fase de producción y de transporte, estrategias de limpieza.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Reuso de partes y componentes, garantizando alta calidad. <input type="checkbox"/> Se planeó la distribución y logística (Ej. Sin camiones llenos a medias, distribución con el más bajo consumo de energía, optimización del empaque). <input type="checkbox"/> Se reduce el mínimo de desperdicios y se clasifican desechos en botes de reciclaje. <input type="checkbox"/> Se favorece una manufactura sin o pocas emisiones medioambientales (Aire, agua y suelo). <input type="checkbox"/> Se protege los residuos del agua, de químicos y se impulsan los ciclos cerrados. <input type="checkbox"/> Empaque: se diseñó para el reuso o reciclaje.

<p>Punto de Venta</p> <p><i>La deseabilidad</i></p> <p>8. Evidenciar los atributos del producto desde el CVP, para incentivar la intención de compra.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Los productos son costo-competitivos. <input type="checkbox"/> Los productos seguirán siendo costo-competitivos. <input type="checkbox"/> La demanda de los productos es sostenible.
<p>Uso / Usuario</p> <p><i>Energía</i></p> <p>9. Reducir al mínimo el consumo de recursos y energía en la fase de uso.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Se usan componentes electrónicos de alta eficiencia para maximizar el tiempo de uso con el mínimo uso de energía. <input type="checkbox"/> Se escogen métodos de distribución que consuman menos energía, se optimizan empaques. <input type="checkbox"/> Se diseñó para el mínimo uso de energía maximizando el tiempo de uso. <input type="checkbox"/> Se diseñó para el uso mínimo de consumibles, maximizando el tiempo de uso.
<p><i>Actualización</i></p> <p>10. Promover la reparación y mejora, especialmente para los productos dependientes del sistema.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Se permite la reparabilidad y la posibilidades de actualización de los productos, siendo económicamente viable. <input type="checkbox"/> Se aseguró que las partes se puedan reparar y actualizar (fácil accesos, identificación, separación, reemplazo y reparación). <input type="checkbox"/> Se diseñó de manera modular para garantizar la actualización. <input type="checkbox"/> Se provee instrucciones del diseño modular para soportar la reparación y actualización.
<p><i>Tiempo de vida</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Se desarrolló diseños clásicos para ampliar la

<p>11. Promover una larga vida útil, para los productos con aspectos ambientales fuera de la fase de uso.</p>	<p>vida del producto.</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Se crean relaciones duraderas del usuario y el producto para reducir la posibilidad de reemplazo antes del final de vida.
<p><i>Proteger</i></p> <p>12. Invertir en materiales fuertes, resistentes y tratamientos superficiales para proteger.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Se aíslan y protegen sustancias tóxicas para evitar goteos y corrosión. <input type="checkbox"/> Se reducen emisiones por desgaste. <input type="checkbox"/> Se escogen materiales resistentes a la corrosión.
<p>Final del Ciclo de Vida</p> <p><i>Información</i></p> <p>13. Predefine la actualización, reparación y reciclaje a través de la fácil accesibilidad, el etiquetado, la modularidad y los manuales.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Se permite la fácil identificación de partes o sustancias tóxicas a reciclar, a través de marcas o etiquetado. <input type="checkbox"/> Se usa la forma y las marcas para facilitar el desensamble. <input type="checkbox"/> Se marcan los polímeros según normas ISO 11469. <input type="checkbox"/> Se incluyen en los manuales e instructivos las descripciones de reciclado.
<p><i>Mezclas</i></p> <p>14. Promover la actualización, reparación y reciclaje mediante el uso de unos pocos, simples, reciclados, sin mezclas de materiales y sin aleaciones.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Se usa el menor número de materiales como sea posible. <input type="checkbox"/> El uso de pintura y tratamientos de superficies son absolutamente necesarios. <input type="checkbox"/> Se mantienen los polímeros limpios, evitando pintura, adhesivos y pegantes. <input type="checkbox"/> Se seleccionan materiales naturales de origen renovable. <input type="checkbox"/> Se utilizó materiales con garantías, frente a los procesos de extracción ecológicas y de

	responsabilidad social.
<p><i>Estructura</i></p> <p>15. Utilice el menor número de elementos de unión como sea posible para facilitar el reciclaje y reparación.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Se reducen los elementos de fijación y los puntos de separación. <input type="checkbox"/> Para el reuso de las partes se usan estructuras que permitan un desensamble no destructivo. <input type="checkbox"/> Se usan tornillos, soldadura, sujetadores de presión y bloqueo geométrico. <input type="checkbox"/> Se evita el pegado.
<p>Grafique Ciclo de Vida de Producto CVP, Ver figura 1.</p>	

Nota. Adaptado de Knight & Jenkins, (2009); Elkington (1997); McDounoguh & Braungart (2005); Crul & Diehl (2006); CoC DfE (2004); Luttropp & Lagerstedt (2006).

5 Discusión de resultados

A pesar de que la herramienta propuesta en este documento para desarrollos de productos sostenibles, no ha sido validada de manera sistematizada, sí ha sido utilizada y desplegada por estudiantes de la Universidad Nacional de Colombia y La Universidad Autónoma de Colombia, permitiendo evidenciar de manera informal la posibilidad de usar y adaptar estas directrices, impulsando adecuadamente el diseño y desarrollo de productos sostenibles en pequeños y medianos contextos productivos. Durante estas experiencias académicas, los estudiantes colaborando con Pymes manufactureras, desarrollaron prototipos de media o alta fidelidad de nuevos productos, mostrando la posibilidad de concebir bienes de mercado dentro de ciclos extendidos y cerrados, desde la noción de diseño para el ensamble, la actualización, con materiales eco-eficientes,

posibilitando el despliegue de servicios postventa, el reciclaje, el reuso, e incluyendo el análisis de las condiciones sociales que podrían mejorar para impulsar la equidad social.

6 Conclusiones

Se evidencia que las 15 directrices pueden ser una herramienta valiosa para impulsar el desarrollo de productos sostenibles en Pymes, desde una visión de responsabilidad económica, ecología industrial y equidad social, ya que no siempre tienen los recursos monetarios, de tiempo y humanos para certificarse en normativas internacionales.

Así mismo, esta herramienta por estar compuesta de directrices generales, permite ser adaptada y personalizada según las características particulares de la Pyme.

Ahora, para que el desarrollo de productos sostenibles sea más generalizado, deben haber cambios en los mercados actuales, los gobiernos deben exigir estándares productivos más responsables; las empresas y sectores industriales deben incluir consideraciones ecológicas y sociales, que amplíen el enfoque tradicional de solo beneficios económicos; a su vez, los consumidores deben exigir productos sostenibles.

7 Agradecimientos

Agradezco la *Fundación Universitaria Autónoma de Colombia FUAC*, por apoyar esta investigación del grupo INGESTA, del departamento de *Diseño Industrial* de la *Facultad de Ingeniería*. Así mismo, quiero agradecer a la *Universidad Nacional de Colombia*, por brindarme una plataforma académica para usar estos resultados de investigación en los procesos de enseñanza y aprendizaje de la *Escuela de Diseño Industrial, sede Bogotá*.

8 Referencias Bibliográficas

1. Freeman E 1984. *Strategic Management: A Stakeholder Approach*. Pitman Publishing Inc. Marshfield, MA, EU.
2. Niemann J, Thichkiewitch S, Westkämper E 2009. *Design of Sustainable Product Life Cycles*. Springer-Verlag. Berlin, Germ.
3. Brown, T 2009. *Change by Design: How Design Transforms Organizations and Inspires Innovation*. HeperCollins. New York, NY, EU.

4. Elkington, J 1997. *Cannibals with forks: The triple bottom line of 21st-century business*. Capstone. Oxford UK.
5. McDonough, W & Braungart M 2005, *Cradle to Cradle. Remaking the Way We Make Things*. North Point Press. New York, NY, EU.
6. Crul, M R M, & Diehl, J C 2006. *Design for Sustainability: A practical approach for developing economies*. UNEP/ Earthprint. Paris FR.
7. Hansen, E. G., Grosse-Dunker, F., & Reichwald, R. 2009. Sustainability innovation cube—a framework to evaluate sustainability-oriented innovations. *International Journal of Innovation Management*, 13(04), 683-713.
8. Chavan, M. (2005). An appraisal of environment management systems: A competitive advantage for small businesses. *Management of Environmental Quality: An International Journal*, 16(5), 444-463.
9. Knight, P & Jenkins, J O 2009. Adopting and applying eco-design techniques: a practitioners perspective. *Journal of Cleaner Production*, 17(5), 549-558.
10. Luttrupp, C & Lagerstedt, J 2006. EcoDesign and The Ten Golden Rules: generic advice for merging environmental aspects into product development. *Journal of Cleaner Production*, 14(15), 1396-1408.
11. CoC DfE 2004. *Design for environment guidelines*: Bombardier Transportation Inc. Fuente: <http://csr.bombardier.com/pdf/Bombardier-Transportation-Design-for-Environment-Guidelines-en.pdf> (Consultado 1-9-15).
12. Socolow, R, Andrew, C, Berkhout, F, Thomas V (Ed.) 1997. *Industrial ecology and global change* (Vol. 5). Cambridge University Press. Cambridge UK.
13. Leonard A. 2010. *La historia de las Cosas: De cómo nuestra obsesión por las cosas está destruyendo el planeta, nuestras comunidades y nuestra salud. Y una visión del cambio*. Fondo de Cultura Económica. Madrid
14. Aguilar J. & Trujillo M. Octubre de 2012. *Integración de modelos de gestión de la innovación y el diseño desde una perspectiva de las capacidades organizacionales*. III Congreso de Gestión Tecnológica COGESTEC 2012. Medellín Col. Fuente:

<http://www.cogestec.info/system/app/pages/search?scope=searchsite&q=agular+y+trujillo>
+ (Consultado 1-9-15).